



CENTRO NACIONAL  
DE EVALUACIÓN PARA  
LA EDUCACIÓN SUPERIOR, A.C.

# formulario

EXAMEN GENERAL PARA EL EGRESO DE LA LICENCIATURA  
EN INGENIERÍA EN ALIMENTOS

Dirección del Área de los EGEL

ENERO • 2017





CENTRO NACIONAL  
DE EVALUACIÓN PARA  
LA EDUCACIÓN SUPERIOR, A.C.

# formulario

EXAMEN GENERAL PARA EL EGRESO DE LA LICENCIATURA  
EN **INGENIERÍA EN ALIMENTOS**

Dirección del Área de los EGEL

ENERO • 2017

Este Formulario es un instrumento de apoyo para quienes sustentarán el Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería en alimentos (EGEL-IALI) y está vigente a partir de enero de 2016.

El Formulario para el sustentante es un documento cuyo contenido está sujeto a revisiones periódicas. Las posibles modificaciones atienden a los aportes y críticas que hagan los miembros de las comunidades académicas de instituciones de educación superior de nuestro país, los usuarios y, fundamentalmente, las orientaciones del Consejo Técnico del examen.

El Ceneval y el Consejo Técnico del EGEL-IALI agradecerán todos los comentarios que puedan enriquecer este material. Sírvese dirigirlos a:

Dirección del Área de los DAEGEL  
Dirección del Programa de Evaluación de Egreso (EGEL) en Diseño, Ingenierías y  
Arquitectura  
Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior, A. C.  
Av. Camino al desierto de los leones No. 37  
Col. San Ángel  
Del. Álvaro Obregón  
C.P. 01000 México, CDMX  
Tel: 01 (55) 5322-9200, ext. 5113  
<http://www.ceneval.edu.mx>  
Email: [josue.flores@ceneval.edu.mx](mailto:josue.flores@ceneval.edu.mx)

D. R. © 2016  
Centro Nacional de Evaluación  
para la Educación Superior, A. C. (Ceneval)

Cuarta edición

## **Directorio**

### **Dirección General**

Dr. en Quím. Rafael López Castañares

### **Dirección del Área de los Exámenes Generales para el Egreso de la Licenciatura (DAEGEL)**

M. en Ed. Luz María Solís Segura

### **Encargado del Despacho de la Dirección del Programa de Evaluación de Egreso (EGEL) en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

Ing. Eduardo Ramírez Díaz

### **Coordinación del Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería en Alimentos (EGEL-IALI)**

Lic. Josué Flores Vargas

### **Representantes de instituciones educativas**

Dra. María Leticia Calderón Fernández  
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Dr. Enrique Sauri Duch  
Instituto Tecnológico de Mérida

M. en C. María Magdalena Ramírez Gómez  
Universidad Autónoma de Aguascalientes

Dra. Rebeca María García García  
Instituto Tecnológico y de Estudios  
Superiores de Monterrey

I. en A. María Alicia De Anda Salazar  
Universidad Autónoma de San Luis Potosí

M. en C. Virginia Pérez Flores  
Universidad autónoma de Yucatán

Dra. Adriana Inés Rodríguez Hernández  
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Dra. María Elena Sosa Morales  
Universidad de Guanajuato

M. en C. Cristina Martínez Cárdenas  
Universidad de Guadalajara

Mtro. Eduardo Pérez Basurto  
Universidad Juárez Autónoma de  
Tabasco

Dra. Ruth Pedroza Islas  
Universidad Iberoamericana

### **Representantes de asociaciones gremiales**

Dra. Lilia Arely Prado Barragán  
Asociación Mexicana de Ciencias de los  
Alimentos (AMECA)

M. en C. Francisco Javier Ramírez  
Castellanos  
Colegio Mexicano de Ingenieros  
Bioquímicos

## Contenido

|                                                                                          |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>TRANSFERENCIA DE MOMENTO .....</b>                                                    | <b>11</b> |
| Densidad relativa .....                                                                  | 11        |
| Viscosidad absoluta.....                                                                 | 11        |
| Viscosidad cinemática .....                                                              | 11        |
| Presión.....                                                                             | 11        |
| Caída de presión y coeficiente de resistencia en accesorios .....                        | 12        |
| Número de Reynolds .....                                                                 | 12        |
| Coeficiente de resistencia en accesorios .....                                           | 12        |
| Tabla de coeficiente de resistencia en accesorios para régimen turbulento ( $K_f$ )..... | 12        |
| Caída de presión y factor de fricción en régimen laminar .....                           | 13        |
| Fanning .....                                                                            | 13        |
| Darcy.....                                                                               | 13        |
| Rugosidad relativa .....                                                                 | 13        |
| Diámetro de tubería en acero inoxidable y sanitaria .....                                | 14        |
| Especificaciones para tubos de acero comercial según norma ANSI .....                    | 15        |
| Factor de fricción en régimen turbulento (Diagrama de Moody) .....                       | 16        |
| Rugosidad relativa .....                                                                 | 17        |
| Ecuación de energía mecánica .....                                                       | 18        |
| Balance de energía mecánica .....                                                        | 18        |
| Medición del flujo .....                                                                 | 19        |
| Tubo Pitot .....                                                                         | 19        |
| Tubo Venturi .....                                                                       | 19        |
| Flujos .....                                                                             | 19        |
| Potencia de una bomba.....                                                               | 19        |
| Agitación y mezclado .....                                                               | 20        |
| Mezclado .....                                                                           | 20        |
| Agitación .....                                                                          | 20        |
| Aumento de escala en agitadores .....                                                    | 20        |
| <b>TRANSFERENCIA DE CALOR .....</b>                                                      | <b>23</b> |
| Intercambiadores de calor y evaporación.....                                             | 23        |
| Coeficiente de ensuciamientos típicos .....                                              | 26        |
| Datos térmicos de algunos productos alimenticios .....                                   | 28        |
| Conductividades térmicas, densidades y viscosidades de alimentos .....                   | 30        |
| Eficiencia térmica.....                                                                  | 32        |
| Transferencia de calor en estado estacionario .....                                      | 32        |
| Conducción .....                                                                         | 32        |
| Pared simple.....                                                                        | 32        |
| Pared compuesta.....                                                                     | 32        |
| En tuberías .....                                                                        | 33        |
| Convección natural .....                                                                 | 33        |
| Coeficiente global de transferencia de calor en un tubo .....                            | 33        |
| Superficies planas y cilindros verticales .....                                          | 34        |
| Cilindros horizontales .....                                                             | 34        |
| Convección forzada .....                                                                 | 35        |

|                                                                                                                                       |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Diferencia moderada de temperaturas y flujo laminar .....                                                                             | 35        |
| Superficies planas .....                                                                                                              | 35        |
| Exterior de tubos .....                                                                                                               | 35        |
| Radiación .....                                                                                                                       | 36        |
| Transferencia de calor en estado no estacionario .....                                                                                | 36        |
| Conducción en estado no estacionario; temperatura en el centro de una esfera, una lámina y un cilindro de dimensiones infinitas ..... | 37        |
| Esterilización .....                                                                                                                  | 38        |
| Pasteurización .....                                                                                                                  | 38        |
| Enfriamiento .....                                                                                                                    | 39        |
| Congelación .....                                                                                                                     | 40        |
| <b>TRANSFERENCIA DE MASA .....</b>                                                                                                    | <b>41</b> |
| Balance general de materia y energía .....                                                                                            | 41        |
| Fraciones molares .....                                                                                                               | 41        |
| Tiempo de secado .....                                                                                                                | 41        |
| Gráfico psicométrico altas temperaturas .....                                                                                         | 42        |
| Cinética de reacción .....                                                                                                            | 43        |
| Orden de reacción .....                                                                                                               | 43        |
| Ecuación de Arrhenius .....                                                                                                           | 43        |
| Liofilización .....                                                                                                                   | 44        |
| Presión osmótica .....                                                                                                                | 46        |
| Cristalización .....                                                                                                                  | 46        |
| Difusividad .....                                                                                                                     | 46        |
| <b>OPERACIONES FÍSICO MECÁNICAS .....</b>                                                                                             | <b>47</b> |
| Filtración (a caída de presión constante) .....                                                                                       | 47        |
| Precipitación y sedimentación .....                                                                                                   | 48        |
| Centrifugación .....                                                                                                                  | 48        |
| Desplazamiento lineal de las partículas en flotación y sedimentación .....                                                            | 50        |
| Reducción de tamaño .....                                                                                                             | 50        |
| <b>CONTROL ESTADÍSTICO DEL PROCESO .....</b>                                                                                          | <b>51</b> |
| Índice Cp .....                                                                                                                       | 51        |
| Índice K .....                                                                                                                        | 51        |
| Índice Z .....                                                                                                                        | 51        |
| Índice de Taguchi .....                                                                                                               | 52        |
| Tabla para control de procesos .....                                                                                                  | 52        |
| Tabla de gráficos por atributos .....                                                                                                 | 53        |
| Tabla de muestreo sencillo por límite del promedio de calidad final (LPCF) 2.0% .....                                                 | 54        |
| Tabla de Dodge-Romig de muestreo único para una tolerancia del porcentaje defectuoso en un lote (LTPD) = 2.5% .....                   | 55        |
| Tabla de Dodge-Romig de muestreo único para una tolerancia del porcentaje defectuoso en un lote (LTPD) = 1.0% .....                   | 56        |
| Tabla de cálculo de los límites de control para las cartas $\bar{X}$ y S con tamaño de muestra variable .....                         | 57        |
| Tabla de la carta de control de la fracción disconforme con tamaño de la muestra variable ..                                          | 58        |
| Tabla de letras de código para el tamaño de la muestra (MIL, STD 105E) .....                                                          | 59        |
| Tabla para la inspección normal - muestreo único (MIL, STD 105E) .....                                                                | 60        |
| Tabla para la inspección reducida - muestreo único (MIL, STD 105E), tabla II-C .....                                                  | 61        |
| Curvas OC de la letra de código para el tamaño de la muestra K, (MIL, STD 105E) .....                                                 | 62        |
| Tabla de inspección de Dodge-Romig – planes de muestreo único para AOQL = 3.0% .....                                                  | 63        |

|                                                                                                                                                      |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Tabla de inspección de Dodge-Romig de muestreo único para una tolerancia del porcentaje defectuoso en un lote (LTPD) = 1.0% .....                    | 64        |
| Tabla de los factores para construir cartas de control para variables.....                                                                           | 65        |
| Tabla de valores de la función de distribución de U P(U < Uo); Uo es el argumento;<br>n <sub>1</sub> < n <sub>2</sub> ; 3 < n <sub>2</sub> < 10..... | 66        |
| <b>ANEXOS .....</b>                                                                                                                                  | <b>72</b> |
| Tablas de equivalencia .....                                                                                                                         | 72        |
| Constante de los gases ideales (R).....                                                                                                              | 73        |
| Aceleración de la gravedad .....                                                                                                                     | 73        |
| Tabla de propiedades del aire y el agua .....                                                                                                        | 74        |
| Propiedades del agua saturada (líquido–vapor): Tabla de presiones.....                                                                               | 77        |
| Propiedades del agua saturada (líquido–vapor): Tabla de temperaturas .....                                                                           | 78        |
| Tabla de relaciones $f_i/U$ : $g$ para valores de $z = 10$ °C .....                                                                                  | 79        |
| Tabla para determinar el NMP de microorganismos.....                                                                                                 | 80        |



**TRANSFERENCIA DE MOMENTO****Densidad relativa**

$$\rho_{rel} = \frac{\rho_{fluido}}{\rho_{agua}}$$

 $\rho_{rel}$  = Densidad relativa $\rho_{fluido}$  = Densidad del fluido $\rho_{agua}$  = Densidad del agua**Viscosidad absoluta**

$$\mu = \frac{\tau}{\dot{\gamma}}$$

 $\mu$  = Viscosidad absoluta $\tau$  = Esfuerzo de corte $\dot{\gamma}$  = Velocidad de corte**Viscosidad cinemática**

$$\mu_c = \frac{\mu}{\rho}$$

 $\mu$  = viscosidad absoluta $\mu_c$  = viscosidad cinemática $\rho$  = densidad del fluido**Presión**

$$P_{abs} = P_{atm} + P_{man}$$

 $P_{abs}$  = Presión absoluta

$$P_{hid} = \rho gh$$

 $P_{atm}$  = Presión atmosférica $P_{man}$  = Presión manométrica

$$P_{vap\ alim} = a_w P_{vap\ agua}$$

 $P_{hid}$  = Presión hidrostática $\rho$  = Densidad del fluido $g$  = Aceleración gravitacional $h$  = Altura del líquido $P_{vap\ alim}$  = Presión de vapor del alimento $a_w$  = actividad de agua $P_{vap\ agua}$  = Presión de vapor del agua pura

a la misma temperatura

 $\Delta P_{permisible}$  = Caída de presión permisible $P_{sistema}$  = Presión según las condiciones del sistema

**Caída de presión y coeficiente de resistencia en accesorios****Número de Reynolds**

$$N_{Re} = \frac{Dv\rho}{\mu}$$

$$N_{Re\ gen} = \frac{D^n v^{2-n} \rho}{k 8^{n-1}} \left( \frac{4n}{3n+1} \right)^n$$

 $N_{Re}$  = Número de Reynolds $\rho$  = Densidad del fluido $\mu$  = Viscosidad absoluta $D$  = Diámetro del tubo $v$  = Velocidad lineal $k$  = Índice de consistencia $n$  = Índice de comportamiento al flujo $N_{Re\ gen}$  = Número de Reynolds generalizado**Coeficiente de resistencia en accesorios**

$$K_f = \left( \frac{L}{D} \right) f_D$$

$$K_f = 4 \left( \frac{L}{D} \right) f_F$$

$$K_f = \frac{\Delta P_{acc} g_c}{v^2 \rho}$$

$$hfs_{acc} = \frac{\Delta P_{acc}}{\rho}$$

 $f_D$  = Factor de fricción de Darcy $f_F$  = Factor de fricción de Fanning $\Delta P_{acc}$  = Caída de presión en accesorios $\frac{L}{D}$  = Longitud equivalente $\rho$  = Densidad $V$  = Velocidad lineal $g_c$  = Factor de conversión gravitacional $K_f$  = Coeficiente de resistencia en accesorios $hfs_{acc}$  = Pérdida por fricción en accesorios**Tabla de coeficiente de resistencia en accesorios para régimen turbulento ( $K_f$ )**

|                                 | Diámetro nominal, pulgadas |      |      |       |      |      |      |      |      |      |       |       |
|---------------------------------|----------------------------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
|                                 | 1/2                        | 3/4  | 1    | 1 1/2 | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 8-10 | 12-16 | 12-24 |
| Válvula de compuerta (abierto)  | 0.22                       | 0.20 | 0.18 | 0.16  | 0.15 | 0.14 | 0.14 | 0.13 | 0.12 | 0.11 | 0.1   | 0.096 |
| Válvula de globo (abierto)      | 9.2                        | 8.5  | 7.8  | 7.1   | 6.5  | 6.1  | 5.8  | 5.4  | 5.1  | 4.8  | 4.4   | 4.1   |
| Codo estándar (atornillado) 90° | 0.80                       | 0.75 | 0.69 | 0.63  | 0.57 | 0.54 | 0.51 | 0.48 | 0.45 | 0.42 | 0.39  | 0.36  |
| Codo estándar (atornillado) 45° | 0.43                       | 0.40 | 0.37 | 0.34  | 0.30 | 0.29 | 0.27 | 0.26 | 0.24 | 0.22 | 0.21  | 0.19  |
| "T" estándar (flujo recto)      | 0.54                       | 0.50 | 0.46 | 0.42  | 0.38 | 0.36 | 0.34 | 0.32 | 0.30 | 0.28 | 0.26  | 0.24  |
| "T" estándar (flujo cruzado)    | 1.62                       | 1.50 | 1.38 | 1.26  | 1.14 | 1.08 | 1.02 | 0.96 | 0.90 | 0.84 | 0.78  | 0.72  |

**Caída de presión y factor de fricción en régimen laminar****Fanning**

$$f_F = \frac{16}{N_{Re}}$$

$$\Delta P_{tr} = \frac{4f_F L v^2 \rho}{2D g_c}$$

$$hfs_{tr} = \frac{\Delta P_{tr}}{\rho}$$

 $\Delta P_{tr}$  = Caída de presión en tramo recto $L$  = Longitud de tubería $\rho$  = Densidad $V$  = Velocidad lineal $N_{Re}$  = Número de Reynolds $f_F$  = Factor de fricción de Fanning $f_D$  = Factor de fricción de Darcy $g_c$  = Factor de conversión gravitacional $hfs_{tr}$  = Pérdida por fricción en tramo recto**Darcy**

$$f_D = \frac{64}{N_{Re}}$$

$$\Delta P_{tr} = \frac{f_D L v^2 \rho}{2D g_c}$$

**Rugosidad relativa**

$$\text{Rugosidad relativa} = \frac{\epsilon}{D}$$

 $\epsilon$  = Rugosidad de la tubería $D$  = Diámetro de tubería

$$\frac{1}{\sqrt{f}} \approx -3.6 \log \left[ \frac{6.9}{N_{Re}} + \left( \frac{\epsilon/D}{3.7} \right)^{1.1} \right]$$

**Diámetro de tubería en acero inoxidable y sanitaria**

| Medida nominal (in) | Tubería de acero inoxidable cédula 40 |                       | Tubería sanitaria     |                       |
|---------------------|---------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|                     | Diámetro interno (in)                 | Diámetro externo (in) | Diámetro interno (in) | Diámetro externo (in) |
| 0.5                 | 0.622                                 | 0.84                  |                       |                       |
| 0.75                | 0.824                                 | 1.050                 |                       |                       |
| 1                   | 1.049                                 | 1.315                 | 0.902                 | 1.000                 |
| 1.5                 | 1.610                                 | 1.900                 | 1.402                 | 1.500                 |
| 2.0                 | 2.067                                 | 2.375                 | 1.870                 | 2.000                 |
| 2.5                 | 2.469                                 | 2.875                 | 2.370                 | 2.500                 |
| 3.0                 | 3.068                                 | 3.500                 | 2.870                 | 3.000                 |
| 4.0                 | 4.026                                 | 4.500                 | 3.834                 | 4.000                 |

Paul Sing R. y Heldman D.R. "Introduction to food engineering" 4<sup>th</sup> edition. Academic Press.

**Especificaciones para tubos de acero comercial según norma ANSI**

| <b>D<sub>Nominal</sub><br/>in</b> | <b>Cédula</b> | <b>D<sub>Interior</sub><br/>in</b> | <b>D<sub>Exterior</sub><br/>in</b> |
|-----------------------------------|---------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 3/4                               | 40            | 0.824                              | 1.05                               |
|                                   | 80            | 0.742                              |                                    |
| 1                                 | 40            | 1.049                              | 1.315                              |
|                                   | 80            | 0.957                              |                                    |
| 1 1/4                             | 40            | 1.38                               | 1.660                              |
|                                   | 80            | 1.278                              |                                    |
| 1 1/2                             | 40            | 1.61                               | 1.900                              |
|                                   | 80            | 1.50                               |                                    |
| 2                                 | 40            | 2.067                              | 2.375                              |
|                                   | 80            | 1.939                              |                                    |
| 2 1/2                             | 40            | 2.469                              | 2.875                              |
|                                   | 80            | 2.323                              |                                    |
| 3                                 | 40            | 3.068                              | 3.5                                |
|                                   | 80            | 2.900                              |                                    |
| 3 1/2                             | 40            | 3.548                              | 4.0                                |
|                                   | 80            | 3.364                              |                                    |
| 4                                 | 40            | 4.026                              | 4.5                                |
|                                   | 80            | 3.826                              |                                    |
| 5                                 | 10 S          | 5.295                              | 5.536                              |
|                                   | 40            | 5.047                              |                                    |
|                                   | 80            | 4.813                              |                                    |
| 6                                 | 10 S          | 6.357                              | 6.625                              |
|                                   | 40            | 6.065                              |                                    |
|                                   | 80            | 5.761                              |                                    |
| 8                                 | 10 S          | 8.329                              | 8.625                              |
|                                   | 30            | 8.071                              |                                    |
|                                   | 80            | 7.625                              |                                    |
| 10                                | 10 S          | 10.420                             | 10.75                              |
|                                   | 30            | 10.192                             |                                    |
|                                   | XX            | 9.750                              |                                    |

## Factor de fricción en régimen turbulento (Diagrama de Moody)

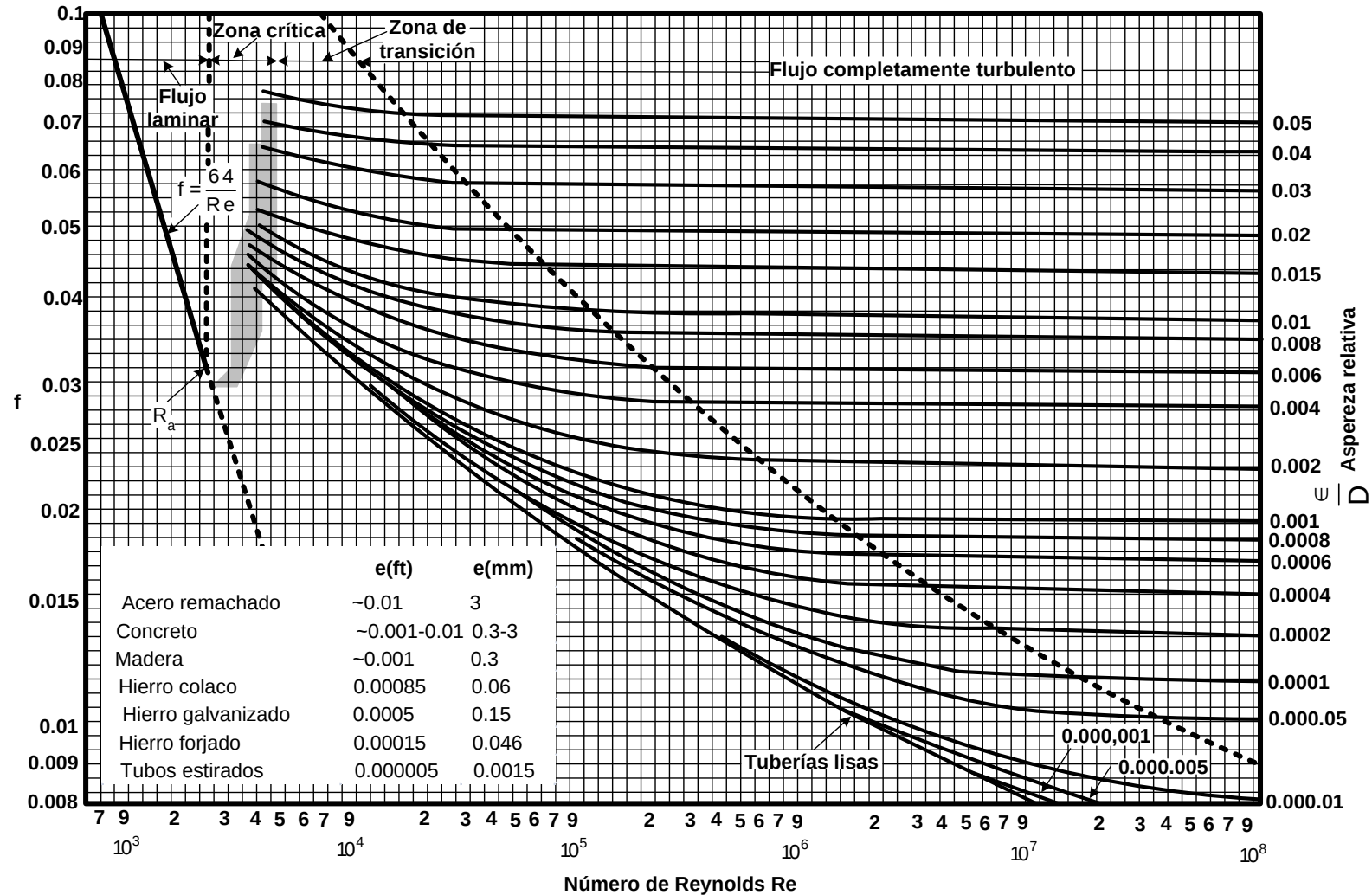
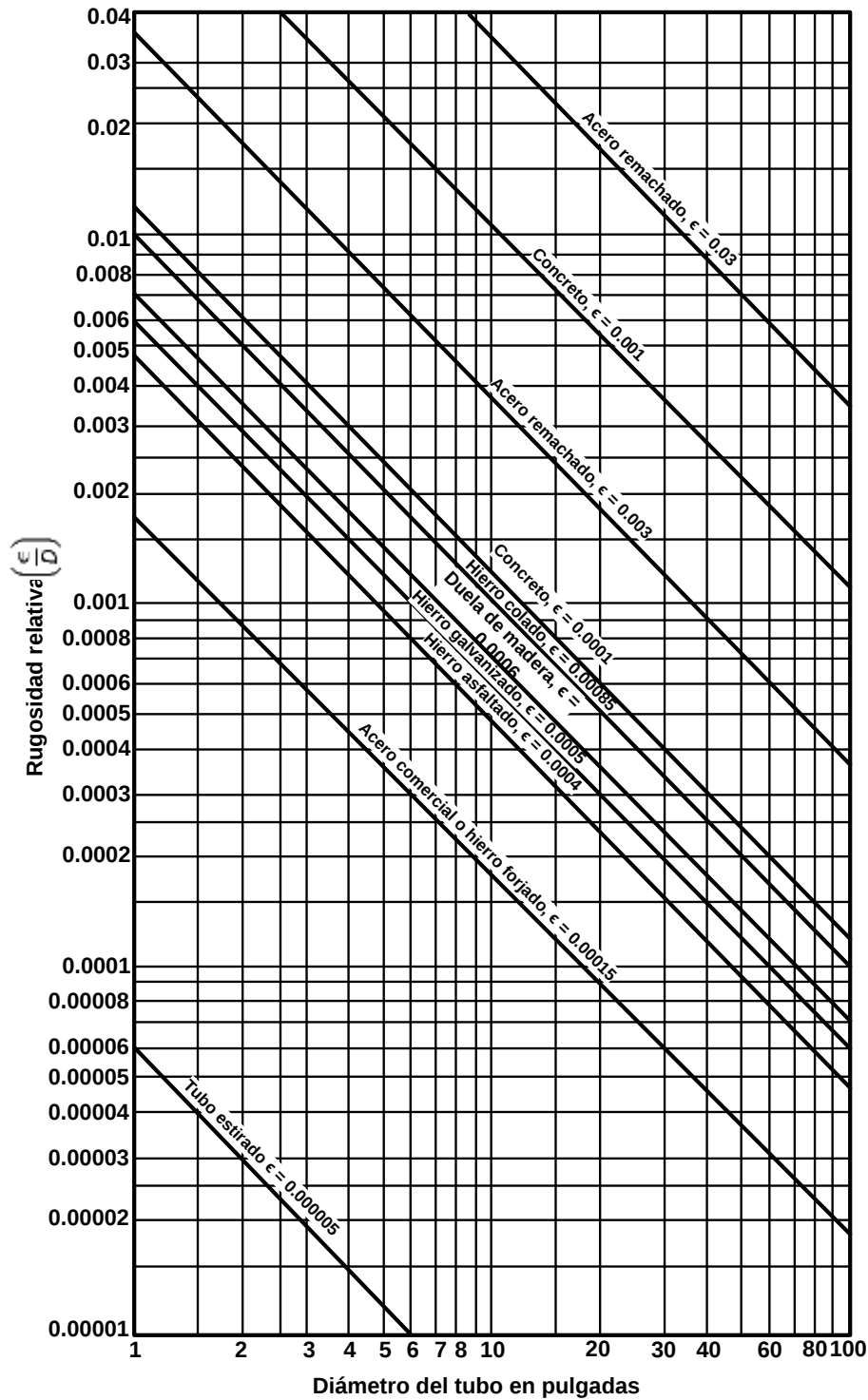


Diagrama de Moody. (De L.F. Moody, Trans. ASME, vol. 66, 1944.)

## Rugosidad relativa



**Ecuación de energía mecánica****Balance de Bernoulli**

$$\left( \frac{P}{\rho} + \frac{v^2}{2\alpha g_c} + \frac{Z \cdot g}{g_c} + W_f \right)_{Entrada} = \left( \frac{P}{\rho} + \frac{v^2}{2\alpha g_c} + \frac{Z \cdot g}{g_c} \right)_{Salida}$$

 $g$  = Aceleración gravitacional $V$  = Velocidad lineal $Z$  = Altura $P$  = Presión del sistema $W_f$  = Trabajo de flecha $g_c$  = Factor de conversión gravitacional $\alpha$  = Factor de corrección de energía cinética (régimen turbulento  $\alpha = 2$ ) $\rho$  = Densidad**Balance de energía mecánica**

$$\left( \frac{P}{\rho} + \frac{v^2}{2\alpha g_c} + \frac{Z \cdot g}{g_c} + W_f \right)_{Entrada} = \left( \frac{P}{\rho} + \frac{v^2}{2\alpha g_c} + \frac{Z \cdot g}{g_c} + \sum hfs \right)_{Salida}$$

 $\sum hfs$  = Pérdidas por fricción en tramo recto, accesorios y equipo $g$  = Aceleración gravitacional $V$  = Velocidad lineal $Z$  = Altura $P$  = Presión del sistema $W_f$  = Trabajo de flecha $g_c$  = Factor de conversión gravitacional $\alpha$  = Factor de corrección de energía cinética (régimen turbulento  $\alpha=2$ ) $\rho$  = Densidad

## Medición del flujo

### Tubo Pitot

$$v = C_p \sqrt{\frac{2(P_2 - P_1)}{\rho}}$$

$v$  = Velocidad lineal

$C_p$  = Constante adimensional cuyo valor va de 0.989 a 1.

$P_2 - P_1$  = Presión en el punto 1 y 2, respectivamente

$\rho$  = Densidad

$v_2$  = Velocidad en el estrechamiento

### Tubo Venturi

$$v_2 = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^4}} \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho}}$$

$D_1$  y  $D_2$  = Diámetro en el punto 1 y 2, respectivamente

### Flujos

$$\dot{V} = A v$$

$\dot{m}$  = Flujo másico

$\rho$  = Densidad del fluido

$$\dot{m} = \rho \dot{V}$$

$\dot{V}$  = Flujo volumétrico

$A$  = Área transversal

$v$  = Velocidad lineal

### Potencia de una bomba

$$P_b = E_m \dot{m}$$

$P_b$  = Potencia de la bomba

$E_m$  = Energía mecánica

$\dot{m}$  = Flujo másico

**Agitación y mezclado****Mezclado**

$$N_p = \frac{P}{N^3 \rho D_a^5}$$

$$N'_{Re} = \frac{D_a^2 N \rho}{\mu}$$

$$N_{Fr} = \frac{N^2 D_a}{g}$$

**Agitación**

Flujo laminar

$$P = K_L N^2 D^3 \mu$$

Flujo turbulento

$$P = K_T N^3 \rho D_a^5$$

**Dispersión de líquidos con agitadores de turbina**

$$\bar{D}_s = 0.224 \left[ \frac{(\sigma g_c)^{0.6}}{(P g_c / \nu)^{0.4} \rho_L^{0.2}} \right] \psi^{1/2} \left( \frac{\mu_d}{\mu_c} \right)^{1/4}$$

**Aumento de escala en agitadores**

$$R = \left( \frac{V_2}{V_1} \right)^{1/3} = \frac{D_{T2}}{D_{T1}}$$

 $N_p$  = Número de potencia $N'_{Re}$  = Número Reynolds del impulsor $N_{Fr}$  = Número de Froude $P$  = Potencia del impulsor $\rho$  = Densidad $N$  = Velocidad de giro $D$  = Diámetro del impulsor $\nu$  = Velocidad lineal $\mu$  = Viscosidad absoluta $K_L, K_T$  = Constante para tanques  
(ver tabla 1) $D_a$  = Diámetro del agitador $g$  = Aceleración gravitacional $\sigma$  = Tensión superficial $\psi$  = Fracción volumétrica de  
líquido o gas en la  
dispersión $\bar{D}_s$  = Diámetro medio de la gota $V$  = Velocidad $g_c$  = Factor de conversión  
gravitacional $\mu_d$  = Viscosidad dinámica $\mu_c$  = Viscosidad cinemática $V_1$  = Volumen del tanque original $V_2$  = Volumen final del tanque  
deseado $R$  = Relación o razón de aumento de  
escala (adimensional) $D_{T1}$  = Altura del líquido en el tanque  
original $D_{T2}$  = Altura final del líquido en el  
tanque

$$N_2 = N_1 \left( \frac{1}{R} \right)^n$$

$$D_{T2} = R D_{T1}$$

$$J_2 = R J_1$$

$$W_2 = R W_1$$

$J_1$  = Grosor de la pared del tanque original

$J_2$  = Grosor de la pared final deseada

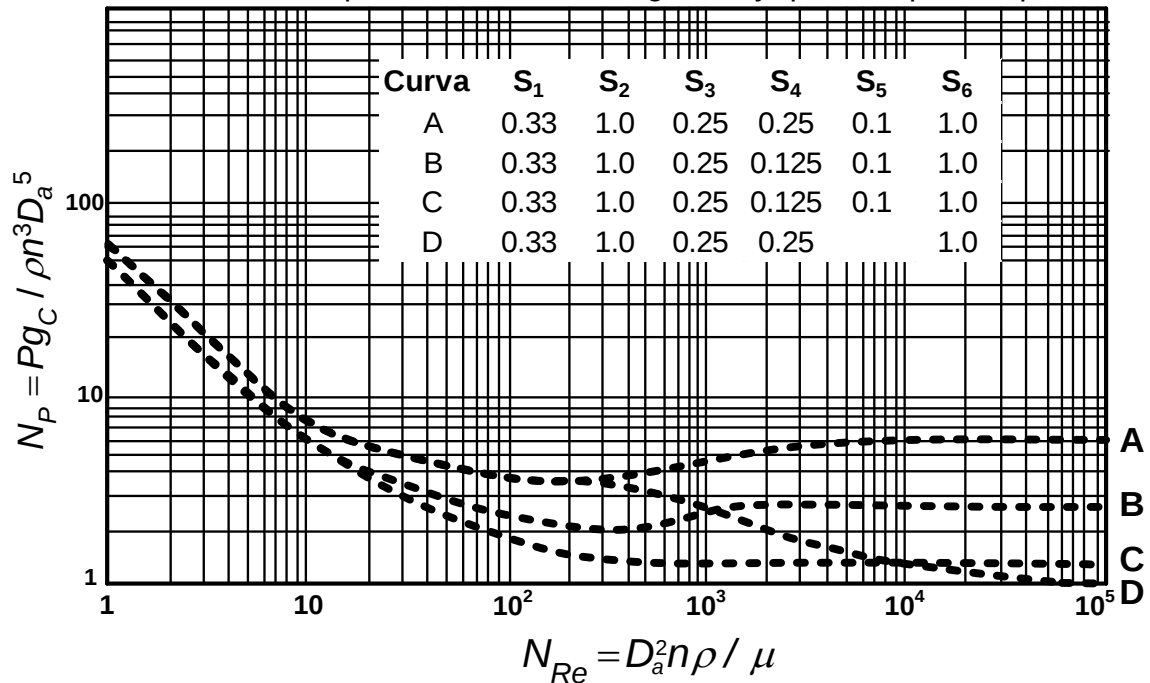
$W_1$  = Altura o anchura del agitador original

$W_2$  = Altura o anchura final del agitador

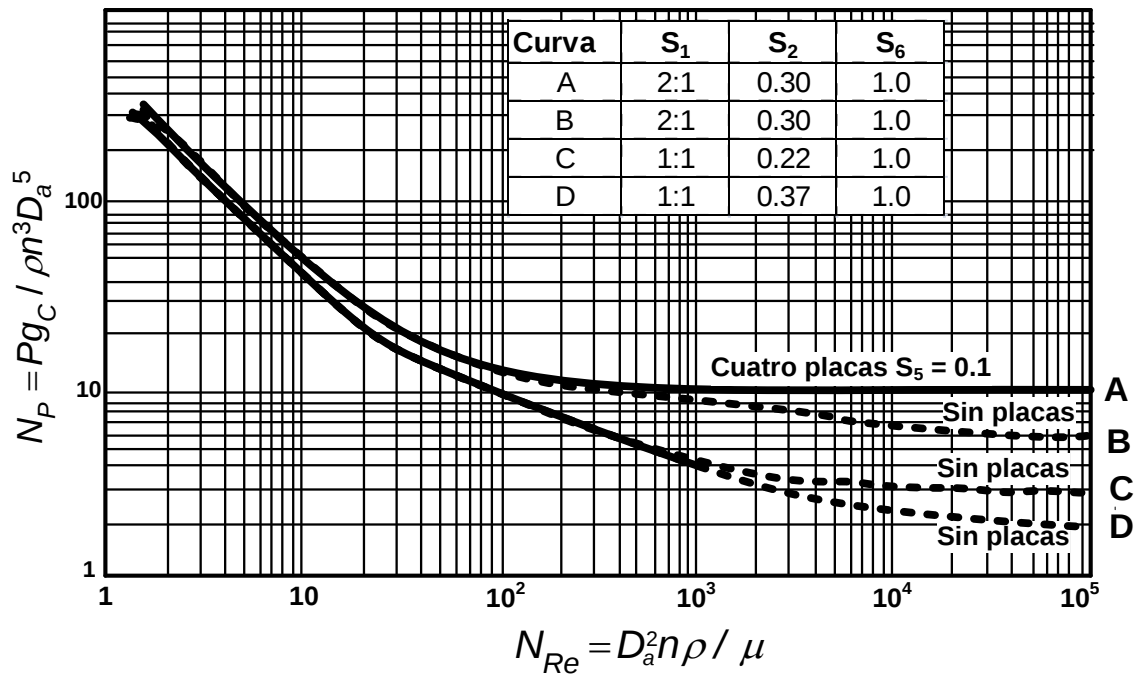
$N_1$  = Velocidad del agitador original

$N_2$  = Velocidad final del agitador

Número de potencia  $N_P$  frente a  $N_{Re}$  para turbinas de seis palas. Para la porción de trazos de la curva D, el valor de  $N_P$  que se obtiene de la figura hay que multiplicarlo por  $N_{Fr}$



Número de potencia  $N_P$  frente a  $N_{Re}$  para rodetes de tres palas. Para las porciones de trazos de las curvas B, C y D, el valor de  $N_P$  que se obtiene de la figura hay que multiplicarlo por  $N_{Fr}$



**Tabla 1.** Valores de las constantes  $K_L$  y  $K_T$  para tanques que tienen cuatro deflectores, con anchura igual al 10% del diámetro del tanque

| Tipo de impulsor                                     | $K_L$ | $K_T$ |
|------------------------------------------------------|-------|-------|
| Impulsor hélice, tres palas                          |       |       |
| Paso 1.0                                             | 41    | 0.32  |
| Paso 1.5                                             | 48    | 0.87  |
| Turbina                                              |       |       |
| Disco de seis palas ( $S_3 = 0.25$ , $S_4 = 0.2$ )   | 65    | 5.75  |
| Seis palas inclinadas ( $45^\circ$ , $S_4 = 0.2$ )   | ---   | 1.63  |
| Cuatro palas inclinadas ( $45^\circ$ , $S_4 = 0.2$ ) | 44.5  | 1.27  |
| Paleta plana, dos palas ( $S_2 = 0.2$ )              | 36.5  | 1.70  |
| Impulsor $HE_3$                                      | 43    | 0.28  |
| Cinta helicoidal                                     | 52    | ---   |
| Ancla                                                | 300   | 0.35  |
| Hélice, paso cuadrado, tres palas                    | 41.0  | 0.32  |
| Paso de 2, tres palas                                | 43.5  | 1.00  |
| Turbina, seis palas planas                           | 71.0  | 6.30  |
| Seis palas curvas                                    | 70.0  | 4.80  |
| Turbina de ventilador, 6 palas                       | 70.0  | 1.65  |
| Palas planas, dos palas                              | 36.5  | 1.70  |
| Turbina cerrada 6 palas curvas                       | 97.2  | 1.08  |
| Con estator, sin deflectores                         | 172.5 | 1.12  |

## TRANSFERENCIA DE CALOR

### Intercambiadores de calor y evaporación

$$\Delta T_{ml} = \frac{(T_{hi} - T_{c0}) - (T_{h0} - T_{ci})}{\ln \left[ \frac{(T_{hi} - T_{c0})}{(T_{h0} - T_{ci})} \right]}$$

$\Delta T_{ml}$  = Media logarítmica de la diferencia de temperatura

$T_{hi}$  = Temperatura de entrada del fluido caliente

$T_{h0}$  = Temperatura de salida del fluido caliente

$T_{ci}$  = Temperatura de entrada del fluido frío

$T_{c0}$  = Temperatura de salida del fluido frío

$Z$  = Relación adimensional para el cálculo del factor corrección

$Y$  = Relación adimensional para el cálculo del factor corrección

$\Delta T_m$  = Diferencia de temperatura corregida

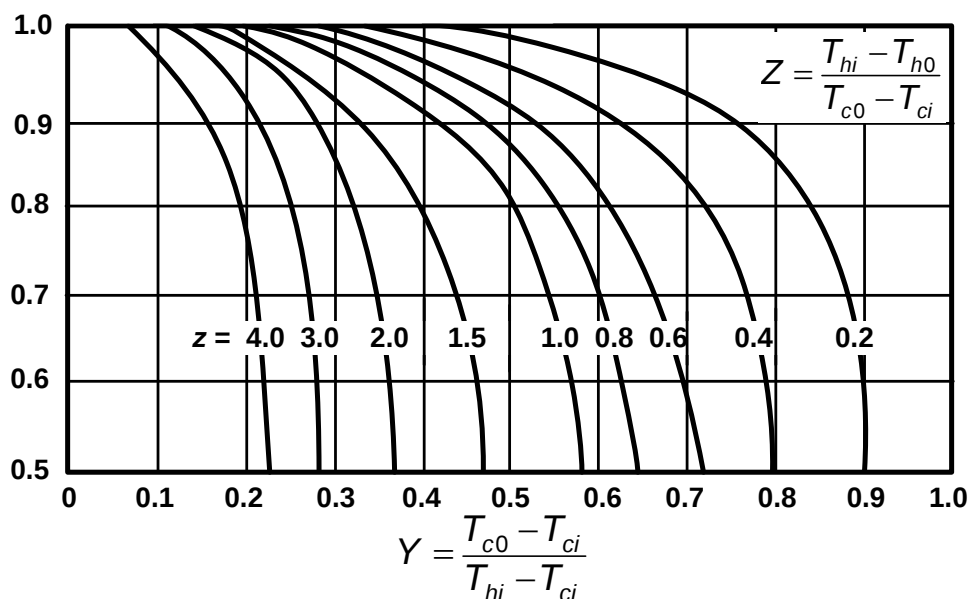
$F_T$  = Factor de corrección

$$Z = \frac{T_{hi} - T_{h0}}{T_{c0} - T_{ci}}$$

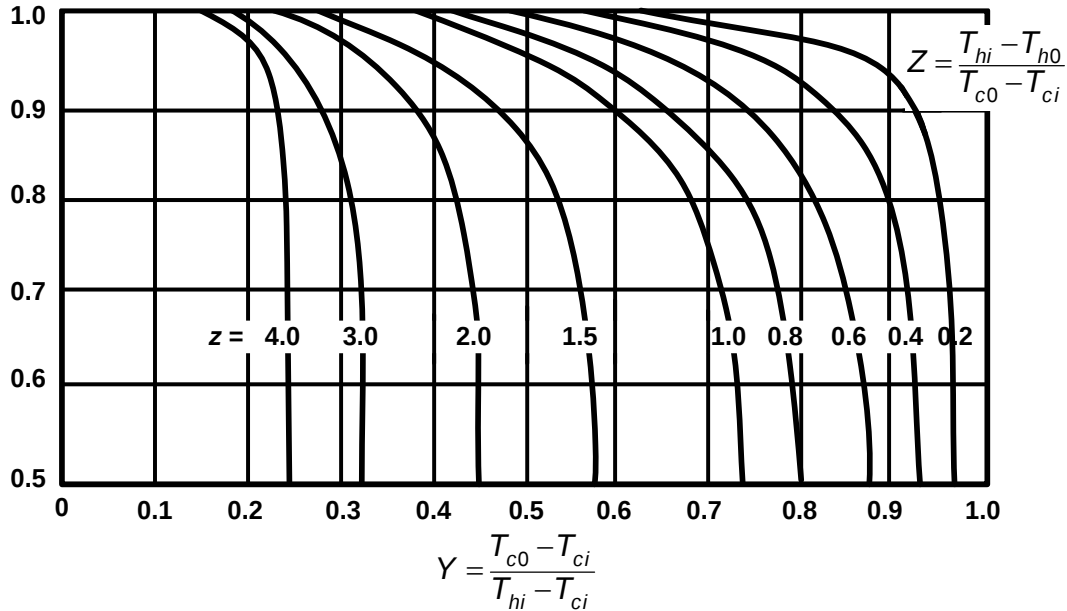
$$Y = \frac{T_{c0} - T_{ci}}{T_{hi} - T_{ci}}$$

$$\Delta T_m = F_T \Delta T_{ml}$$

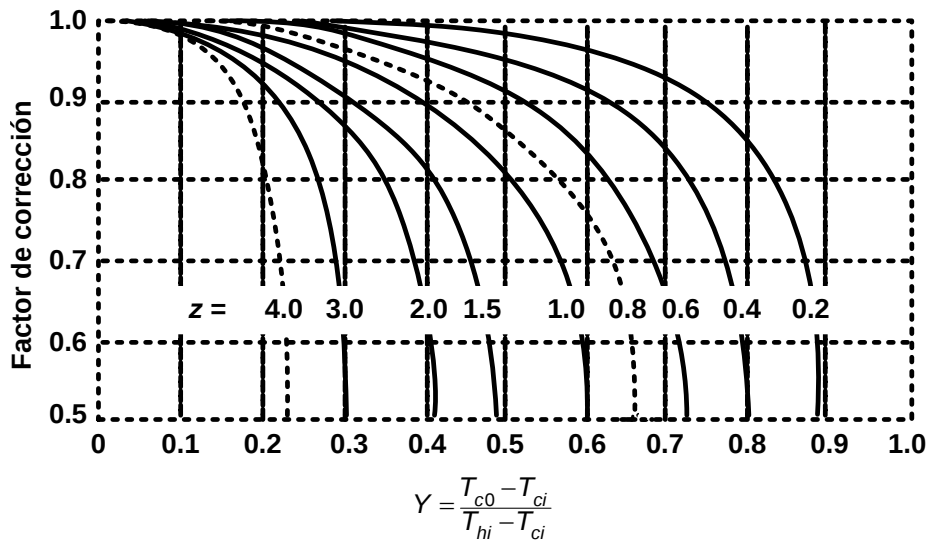
Factor de corrección  $F_T$  para la media logarítmica de las diferencias de temperaturas en intercambiadores de un paso por la coraza y dos pasos por los tubos (intercambiador 1-2)



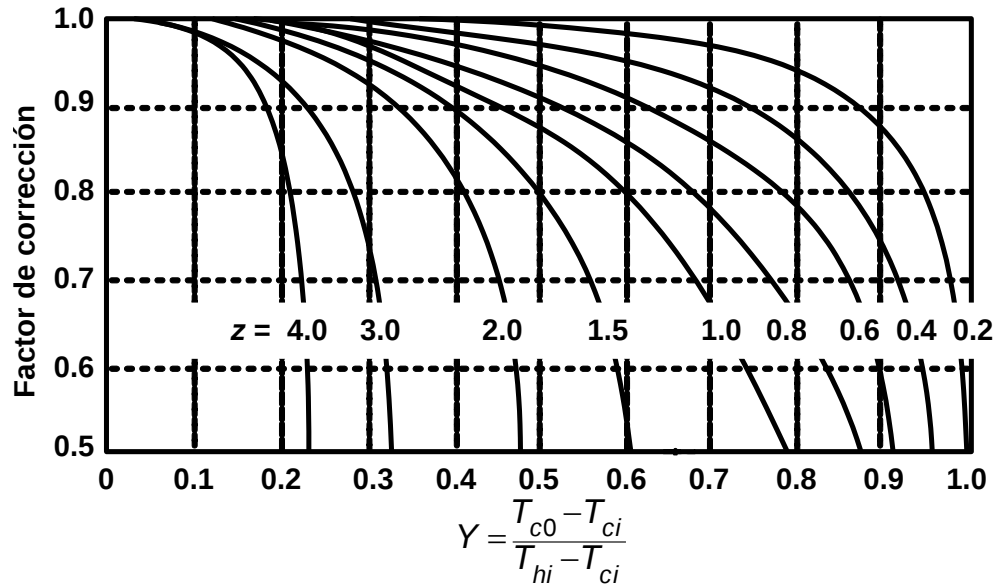
Factor de corrección  $F_T$  para la media logarítmica de las diferencias de temperaturas en intercambiadores de dos pasos por la coraza y cuatro pasos por los tubos (intercambiador 2-4)



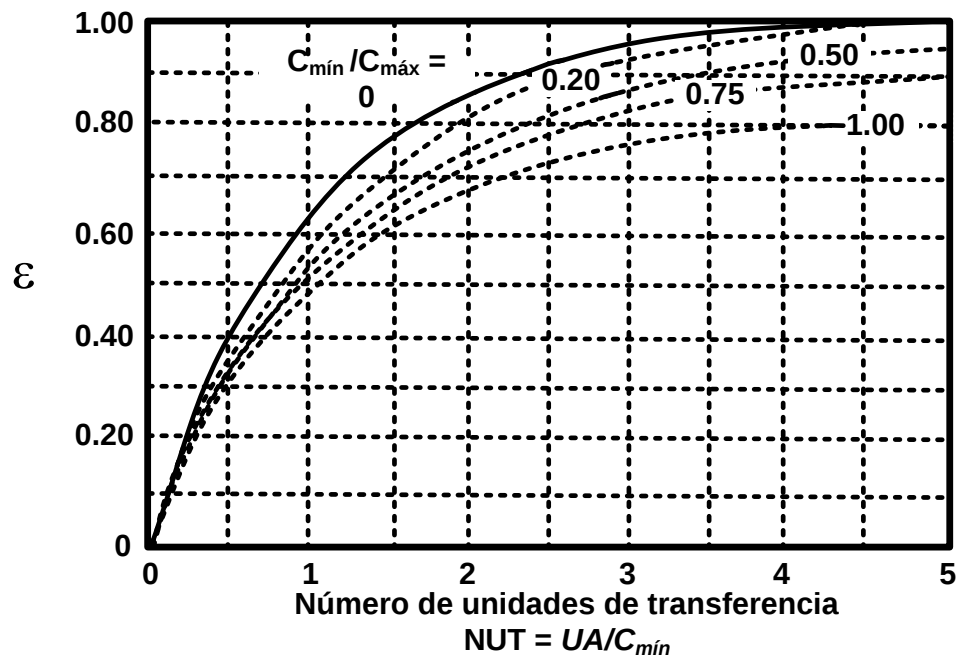
Factor de corrección  $F_T$  para la media logarítmica de las diferencias de temperatura para intercambiadores de flujo transversal [ $Z = (T_{hi} - T_{h0}) / (T_{c0} - T_{ci})$ ]  
Paso sencillo, fluido mezclado en la coraza, otro fluido no mezclado.



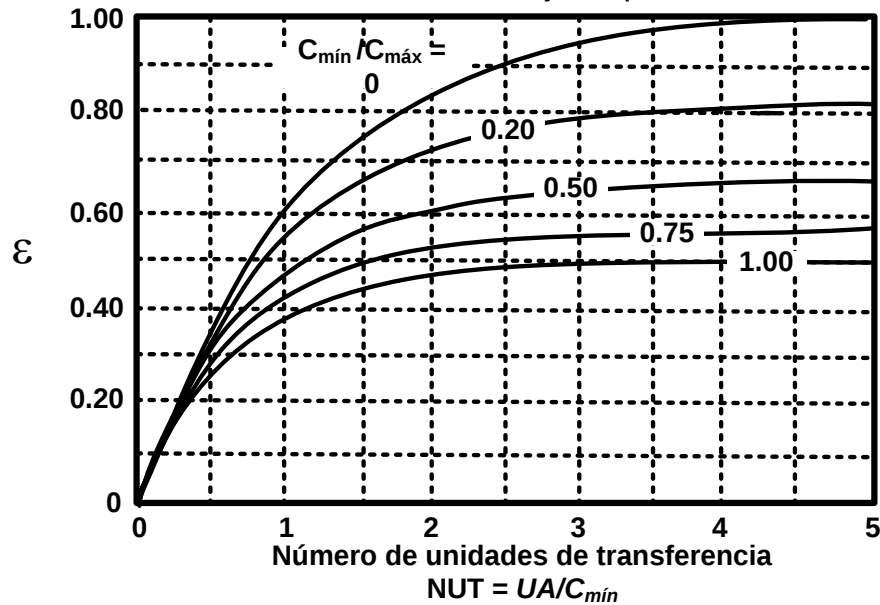
Factor de corrección FT para la media logarítmica de las diferencias de temperatura para intercambiadores de flujo transversal [ $Z = (T_{hi} - T_{ho}) / (T_{co} - T_{ci})$ ]  
 Paso sencillo, ambos fluidos no mezclados.



Eficiencia  $\epsilon$  de un intercambiador de calor a contracorriente



Eficiencia  $\varepsilon$  de un intercambiador de calor de flujo en paralelo



#### Coeficiente de ensuciamientos típicos

|                               | $h_d$ (W/m <sup>2</sup> • K) | $h_d$ (btu/h • ft <sup>2</sup> • °F) |
|-------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|
| Agua destilada y de mar       | 11350                        | 2000                                 |
| Agua municipal                | 5680                         | 1000                                 |
| Agua fangosa                  | 1900-2840                    | 350-500                              |
| Gases                         | 2840                         | 500                                  |
| Líquidos volátiles            | 2840                         | 500                                  |
| Aceites vegetales y minerales | 1990                         | 350                                  |

**Valores típicos de los coeficientes de transferencia de calor globales en los intercambiadores de tubo y coraza**

|                                          | $\frac{U}{(W / m^2 \cdot K)}$ | $\frac{U}{(Btu / h \cdot ft^2 \cdot ^\circ F)}$ |
|------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------|
| De agua a agua                           | 1140-1700                     | 200-300                                         |
| De agua a solución salina                | 570-1140                      | 100-200                                         |
| De agua a líquidos orgánicos             | 570-1140                      | 100-200                                         |
| De agua a vapor de condensación          | 1420-2270                     | 250-400                                         |
| De agua a gasolina                       | 340-570                       | 60-100                                          |
| De agua a gas de petróleo                | 140-340                       | 25-60                                           |
| De agua a aceite vegetal                 | 110-285                       | 20-50                                           |
| De gas de petróleo a gasóleo             | 110-285                       | 20-50                                           |
| De vapor a agua hirviendo                | 1420-2270                     | 250-400                                         |
| De agua a aire (tubo con aletas)         | 110-230                       | 20-40                                           |
| De orgánicos ligeros a orgánicos ligeros | 230-425                       | 40-75                                           |
| De orgánicos pesados a orgánicos pesados | 55-230                        | 10-40                                           |

**Datos térmicos de algunos productos alimenticios**

|               | Punto de congelación |          | % agua | Calor específico<br>kJ/kg °C |                       | Calor latente de fusión |         |
|---------------|----------------------|----------|--------|------------------------------|-----------------------|-------------------------|---------|
|               | °F                   | °C       |        | Encima de congelación        | Debajo de congelación | Btu/lb                  | kJ/kg   |
| Frutas        |                      |          |        |                              |                       |                         |         |
| Manzanas      | 28                   | -2       | 84     | 3.60                         | 1.88                  | 120.4                   | 280     |
| Plátanos      | 28                   | -2       | 75     | 3.35                         | 1.76                  | 109.6                   | 255     |
| Toronjas      | 28                   | -2       | 89     | 3.81                         | 1.93                  | 126                     | 293     |
| Melocotón     | 28                   | -2       | 87     | 3.78                         | 1.93                  | 124                     | 289     |
| Piña tropical | 28                   | -2       | 85     | 3.68                         | 1.88                  | 123                     | 285     |
| Sandías       | 28                   | -2       | 92     | 4.06                         | 2.01                  | 132                     | 306     |
| Legumbres     |                      |          |        |                              |                       |                         |         |
| Espárragos    | 30                   | -1       | 93     | 3.93                         | 2.01                  | 133                     | 310     |
| Judías verdes | 30                   | -1       | 89     | 3.81                         | 1.97                  | 128                     | 297     |
| Col           | 30                   | -1       | 92     | 3.93                         | 1.97                  | 132                     | 306     |
| Zanahoria     | 30                   | -1       | 88     | 3.60                         | 1.88                  | 126                     | 293     |
| Maíz          | 30                   | -1       | 76     | 3.35                         | 1.80                  | 108                     | 251     |
| Guisantes     | 30                   | -1       | 74     | 3.31                         | 1.76                  | 106                     | 247     |
| Tomates       | 30                   | -1       | 95     | 3.98                         | 2.01                  | 133                     | 310     |
| Carne         |                      |          |        |                              |                       |                         |         |
| Tocino        | 28                   | -2       | 20     | 2.09                         | 1.26                  | 30.5                    | 71      |
| Vaca          | 28                   | -2       | 75     | 3.22                         | 1.67                  | 109.6                   | 255     |
| Pescado       | 28                   | -2       | 70     | 3.18                         | 1.67                  | 119                     | 276     |
| Cordero       | 28                   | -2       | 70     | 3.18                         | 1.67                  | 119                     | 276     |
| Cerdo         | 28                   | -2       | 60     | 2.85                         | 1.59                  | 85                      | 197     |
| Ternera       | 28                   | -2       | 63     | 2.97                         | 1.67                  | 90                      | 209     |
| Misceláneos   |                      |          |        |                              |                       |                         |         |
| Cerveza       | 28                   | -2       | 92     | 4.19                         | 2.01                  | 129                     | 301     |
| Pan           | 28                   | -2       | 32-37  | 2.93                         | 1.42                  | 47-52                   | 109-121 |
| Huevo         | 27                   | -3       |        | 3.2                          | 1.67                  | 119                     | 276     |
| Helado        | 27 a -0.4            | -3 a -18 | 58-66  | 3.3                          | 1.88                  | 95                      | 222     |
| Leche         | 30                   | -1       | 87.5   | 3.9                          | 2.05                  | 124                     | 289     |
| Agua          | 32                   | 0        | 100    | 4.19                         | 2.05                  | 144                     | 335     |

**Capacidades caloríficas de alimentos (valores promedio de  $C_p$  a 273-373 K o 0-100 °C)**

| <b>Material</b>           | <b>H<sub>2</sub>O<br/>(% en peso)</b> | <b>C<sub>p</sub><br/>(kJ/kg·K)</b> |
|---------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|
| Manzanas                  | 75-85                                 | 3.73-4.02                          |
| Puré de manzana           |                                       | 4.02*                              |
| Espárragos:               |                                       |                                    |
| Frescos                   | 93                                    | 3.94 <sup>†</sup>                  |
| Congelados                | 93                                    | 2.01 <sup>‡</sup>                  |
| Tocino magro              | 51                                    | 3.43                               |
| Puré de plátano           |                                       | 3.66 <sup>§</sup>                  |
| Carne de res              | 72                                    | 3.43                               |
| Pan blanco                | 44-45                                 | 2.72-2.85                          |
| Mantequilla               | 15                                    | 2.30 <sup>¶</sup>                  |
| Melón                     | 92.7                                  | 3.94 <sup>†</sup>                  |
| Zanahoria                 | 88.2                                  | 3.81-3.94                          |
| Queso suizo               | 55                                    | 2.68 <sup>†</sup>                  |
| Maíz dulce:               |                                       |                                    |
| Fresco                    |                                       | 3.32 <sup>†</sup>                  |
| Congelado                 |                                       | 1.77 <sup>‡</sup>                  |
| Crema con 45-60% de grasa | 57-73                                 | 3.06-3.27                          |
| Pepino                    | 97                                    | 4.10                               |
| Huevos:                   |                                       |                                    |
| Frescos                   |                                       | 3.18 <sup>†</sup>                  |
| Congelados                |                                       | 1.68 <sup>‡</sup>                  |
| Yema de huevo             | 4.00                                  | 2.81                               |
| Bacalao:                  |                                       |                                    |
| Fresco                    | 70                                    | 3.18                               |
| Congelado                 | 70                                    | 1.72 <sup>‡</sup>                  |
| Harina                    | 12-13.5                               | 1.80-1.88                          |
| Hielo                     | 100                                   | 1.958 <sup>  </sup>                |
| Helado:                   |                                       |                                    |
| Fresco                    | 58-66                                 | 3.27 <sup>†</sup>                  |
| Congelado                 | 58-66                                 | 1.88 <sup>‡</sup>                  |
| Cordero                   | 70                                    | 3.18*                              |
| Macarrones                | 12.5-13.5                             | 1.84-1.88                          |
| Leche de vaca:            |                                       |                                    |
| Entera                    | 87.5                                  | 3.85                               |
| Descremada                | 91                                    | 3.98-4.02                          |
| Aceite de oliva           |                                       | 2.01**                             |
| Naranjas:                 |                                       |                                    |
| Frescas                   | 87.2                                  | 3.77 <sup>†</sup>                  |
| Congeladas                | 87.2                                  | 1.93 <sup>‡</sup>                  |
| Guisantes secos           | 14                                    | 1.84                               |
| Guisantes verdes:         |                                       |                                    |

| Material             | H <sub>2</sub> O<br>(% en peso) | C <sub>p</sub><br>(kJ/kg·K) |
|----------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| Frescos              | 74.3                            | 3.31 <sup>†</sup>           |
| Congelados           | 74.3                            | 1.76 <sup>‡</sup>           |
| Sopa de guisantes    |                                 | 4.10                        |
| Ciruelas             | 75-78                           | 3.52                        |
| Cerdo:               |                                 |                             |
| Fresco               | 60                              | 2.85 <sup>†</sup>           |
| Congelado            | 60                              | 1.34 <sup>‡</sup>           |
| Papas                | 75                              | 3.52                        |
| Aves:                |                                 |                             |
| Frescas              | 74                              | 3.31 <sup>†</sup>           |
| Congeladas           | 74                              | 1.55 <sup>‡</sup>           |
| Sardinas             | 57.4                            | 3.01                        |
| Salchichas alemanas: |                                 |                             |
| Frescas              | 60                              | 3.60 <sup>†</sup>           |
| Congeladas           | 60                              | 2.35 <sup>†</sup>           |
| Alubias:             |                                 |                             |
| Frescas              | 88.9                            | 3.81 <sup>†</sup>           |
| Congeladas           | 88.9                            | 1.97 <sup>†</sup>           |
| Tomates              | 95                              | 3.98 <sup>†</sup>           |
| Ternera              | 63                              | 3.22                        |
| Agua                 | 100                             | 4.185 <sup>**</sup>         |

\* 32.8 °C

† 4.4 °C.

† Por encima del punto de congelación.

‡ -20 °C.

‡ Por debajo del punto de congelación

\*\* 20 °C.

§ 24.4 °C

**Conductividades térmicas, densidades y viscosidades de alimentos**

| Material                | H <sub>2</sub> O<br>(%en<br>peso) | Temperatura<br>(K) | k<br>(W/m·K) | P<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | μ<br>[(Pa·s)10 <sup>3</sup> ,<br>o cP ] |
|-------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------|---------------------------|-----------------------------------------|
| Jugo de manzana         | 87.4                              | 293.2              | 0.559        |                           |                                         |
| Puré de manzana         |                                   | 295.7              | 0.692        |                           |                                         |
| Manzana                 | 85.6                              | 275.2-309.2        | 0.393        |                           |                                         |
| Carne de res, magra     | 78.8                              | 308.2              | 0.458        |                           |                                         |
| Carne de res, con grasa |                                   |                    | 0.19         |                           |                                         |
| Mantequilla             | 15                                | 277.6              | 0.197        | 998                       |                                         |
| Melón                   |                                   |                    | 0.571        |                           |                                         |
| Huevo:                  |                                   |                    |              |                           |                                         |
| Clara                   |                                   | 309.2              | 0.577        |                           |                                         |
| Yema                    |                                   | 306.2              | 0.338        |                           |                                         |
| Pescado:                |                                   |                    |              |                           |                                         |
| Fresco                  |                                   | 273.2              | 0.431        |                           |                                         |
| Congelado               |                                   | 263.2              | 1.22         |                           |                                         |

INGENIERIA EN ALIMENTOS FORMULARIO 2019, EXAMEN CENEVAL ACTUALIZADO  
**Formulario para el sustentante del**  
 Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería en Alimentos (EGEL-IALI)  
 Dirección de Diseño, Ingenierías y Arquitectura

| Material               | H <sub>2</sub> O<br>(%en<br>peso) | Temperatura<br>(K) | k<br>(W/m·k) | P<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | $\mu$<br>[(Pa·s)10 <sup>3</sup> ,<br>o cP ] |
|------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------|---------------------------|---------------------------------------------|
| Harina de trigo        | 8.8                               |                    | 0.450        |                           |                                             |
| Miel                   | 12.6                              | 275.4              | 0.50         |                           |                                             |
| Hielo                  | 100                               | 273.2              | 2.25         |                           |                                             |
|                        | 100                               | 253.2              | 2.42         |                           |                                             |
| Cordero                | 71                                | 278.8              | 0.415        |                           |                                             |
| Leche:                 |                                   |                    |              |                           |                                             |
| Entera                 |                                   | 293.2              |              | 1 030                     | 2.12                                        |
| Descremada             |                                   | 274.7              | 0.538        |                           |                                             |
|                        |                                   | 298.2              |              | 1 041                     | 1.4                                         |
| Aceite:                |                                   |                    |              |                           |                                             |
| Hígado de bacalao      |                                   | 298.2              |              | 924                       |                                             |
| Maíz                   |                                   | 288.2              |              | 921                       |                                             |
| Olivo                  |                                   | 293.2              | 0.168        | 919                       | 84                                          |
| Cacahuete              |                                   | 277.1              | 0.168        |                           |                                             |
| Frijol de soya         |                                   | 303.2              |              | 919                       | 40                                          |
| Naranjas               | 61.2                              | 303.5              | 0.431        |                           |                                             |
| Peras                  |                                   | 281.9              | 0.595        |                           |                                             |
| Carne de puerco magra: |                                   |                    |              |                           |                                             |
| Fresca                 | 74                                | 275.4              | 0.460        |                           |                                             |
| Congelada              |                                   | 258.2              | 1.109        |                           |                                             |
| Papas:                 |                                   |                    |              |                           |                                             |
| Crudas                 |                                   |                    | 0.554        |                           |                                             |
| Congeladas             |                                   | 260.4              | 1.09         | 977                       |                                             |
| Salmón:                |                                   |                    |              |                           |                                             |
| Fresco                 | 67                                | 277.1              | 0.50         |                           |                                             |
| Congelado              | 67                                | 248.2              | 1.30         |                           |                                             |
| Solución sacarosa      | 80                                | 294.3              |              | 1 073                     | 1.92                                        |
| Pavo:                  |                                   |                    |              |                           |                                             |
| Fresco                 | 74                                | 276.0              | 0.502        |                           |                                             |
| Congelado              |                                   | 248.2              | 1.675        |                           |                                             |
| Ternera:               |                                   |                    |              |                           |                                             |
| Fresca                 | 75                                | 335.4              | 0.485        |                           |                                             |
| Congelada              | 75                                | 263.6              | 1.30         |                           |                                             |
| Agua                   | 100                               | 293.2              | 0.602        |                           |                                             |
|                        | 100                               | 273.2              | 0.569        |                           |                                             |

$$Q = m C_p \Delta T$$

$Q$  = Cantidad de calor

$m$  = Masa de producto

$C_p$  = Calor específico

$\Delta T$  = Diferencia de temperatura

$$Q = \lambda m_v$$

$Q$  = Cantidad de calor

$\lambda$  = Calor latente

$m_v$  = Masa de vapor

$$C_p = 4.19 (Y) + 0.84 (X) \text{ (J/kg}^\circ\text{C)}$$

$C_p$  = Calor específico

$Y$  = Fracción masa de agua

$X$  = Fracción masa de sólidos

#### Eficiencia térmica

$$\varepsilon = \frac{\text{Energía teórica}}{\text{Energía real consumida}} \times 100$$

$$P = \frac{Q}{t}$$

$P$  = Potencia

$Q$  = Cantidad de calor

$t$  = Tiempo (s)

#### Transferencia de calor en estado estacionario

##### Conducción

##### Pared simple

$$Q = \frac{k}{x} A \Delta T$$

$Q$  = Cantidad de calor

$k$  = Conductividad térmica

$x$  = Espesor de la pared

$A$  = Área de transferencia de calor

$\Delta T$  = Diferencia de temperatura

##### Pared compuesta

$$Q = A \Delta T (\sum R)$$

$Q$  = Cantidad de calor

$\sum R$  = Sumatoria de las resistencias de paredes

$A$  = Área de transferencia de calor

$\Delta T$  = Diferencia de temperatura

$$\sum R = \frac{1}{\frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \dots + \frac{x_n}{k_n}}$$

$k$  = Conductividad térmica  
 $x$  = Espesor

**En tuberías**

$$Q = 2\pi kL \frac{\Delta T}{\ln(r_o / r_i)}$$

$Q$  = Cantidad de calor  
 $k$  = Conductividad térmica  
 $r_o$  = Radio externo del tubo  
 $r_i$  = Radio interno del tubo  
 $L$  = Longitud del tubo  
 $\Delta T$  = Diferencia de temperatura

### Convección Natural

**Coeficiente global de transferencia de calor en un tubo**

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{(r_o - r_i)}{k_A} \left( \frac{A_i}{A_{alm}} \right) + \frac{A_i}{A_o h_o}}$$

$U$  = Coeficiente global de transferencia de calor  
 $h_i$  = Coeficiente de película interno  
 $h_o$  = Coeficiente de película externo  
 $A_i$  = Área interna  
 $A_o$  = Área externa  
 $A_{alm}$  = Área media logarítmica  
 $r_o$  = Radio externo  
 $r_i$  = Radio interno

**Superficies planas y cilindros verticales**

$$Nu = 0.53 (Pr \times Gr)^{0.25} \text{ para } 10^4 < (Pr \times Gr) < 10^9$$

$$Nu = 0.12 (Pr \times Gr)^{0.33} \text{ para } 10^9 < (Pr \times Gr) < 10^{12}$$

$$Nu = \frac{h_c D}{k}$$

$$Pr = \frac{C_p}{k} \mu$$

$$Gr = \frac{D^3 \rho^2 g \beta \Delta T}{\mu^2}$$

**Si el fluido es aire:**

Para flujo laminar

$$h_c = 1.42 (\Delta T / L)^{0.25} \text{ para } 10^4 < (Pr \times Gr) < 10^9$$

Para flujo turbulento

$$h_c = 1.31 (\Delta T)^{0.33} \text{ para } 10^9 < (Pr \times Gr) < 10^{12}$$

 $Nu$  = Número de Nusselt $Pr$  = Número de Prandtl $Gr$  = Número de Grashof $h_c$  = Coeficiente de transferencia de calor por convección $L$  = Longitud $\Delta T$  = Diferencia de temperatura $D$  = Diámetro o Longitud en algunos casos (m) $k$  = Conductividad térmica $C_p$  = Calor específico $\mu$  = Viscosidad absoluta $\rho$  = Densidad $g$  = Aceleración gravitacional $\beta$  = Coeficiente de expansión térmica ( $1/T_{abs}$ )**Cilindros horizontales**

$$Nu = 0.54 (Pr \times Gr)^{0.25} \text{ para } 10^3 < (Pr \times Gr) < 10^9$$

Si el fluido es aire:

Para flujo laminar

$$h_c = 1.32 (\Delta T / d)^{0.25} \text{ para } 10^4 < (Pr \times Gr) < 10^9$$

Para flujo turbulento

$$h_c = 1.24 (\Delta T)^{0.33} \text{ para } 10^9 < (Pr \times Gr) < 10^{12}$$

## Convección Forzada

### Diferencia moderada de temperaturas y flujo laminar

$$Nu = 4$$

Flujo turbulento

$$Nu = 0.023 Re^{0.8} Pr^n$$

para  $Re > 2100$  y  $Pr > 0.5$

$$Nu = 0.027 \left( \mu / \mu_s \right)^{0.14} Re^{0.8} Pr^n$$

para  $Re > 1000$

Para gases

$$Nu = 0.02 Re^{0.8}$$

### Superficies planas

$$Nu = 0.036 Re^{0.8} Pr^{0.33}$$

para  $Re > 2 \times 10^4$

Para aire

$$h_c = 5.7 + 3.9v; \text{ para } v < 5 \text{ m/s}$$

$$h_c = 7.4v^{0.8}; \text{ para } 5 < v < 30 \text{ m/s}$$

### Exterior de tubos

$$Nu = 0.26 Re^{0.6} Pr^{0.3}$$

para  $Re > 200$

$$Nu = 0.86 Re^{0.43} Pr^{0.3}$$

para  $1 < Re < 200$

$Nu$  = Número de Nusselt

$Re$  = Número de Reynolds

$Pr$  = Número de Prandtl

$\mu$  = Viscosidad del fluido

$\mu_s$  = Viscosidad superficial

$n = 0.3$  enfriamiento

$n = 0.4$  calentamiento

$Nu$  = Número de Nusselt

$Re$  = Número de Reynolds

$Pr$  = Número de Prandtl

$h_c$  = Coeficiente de transferencia de calor por convección

$v$  = Velocidad del aire

$Nu$  = Número de Nusselt

$Re$  = Número de Reynolds

$Pr$  = Número de Prandtl

**Radiación**

$$q = A\varepsilon\sigma(T_1^4 - T_2^4)$$

$$\sigma = 5.73 \times 10^{-8} \frac{J}{m^2 s K^4}$$

$q$  = velocidad de transmisión de calor

$A$  = Área de transmisión de calor

$\varepsilon$  = Emisividad

$\sigma$  = Constante Stefan-Boltzman

$T_1$  = Temperatura absoluta del emisor

$T_2$  = Temperatura absoluta del receptor

**Transferencia de calor en estado no estacionario**

$$Bi = \frac{h_c d}{k}$$

$Bi$  = Número de Biot

$h_c$  = Coeficiente de transferencia de calor por convección

$d$  = Dimensión media característica

$k$  = Conductividad térmica del producto

Cuando  $Bi < 0.2$

$$\theta = \frac{mC_p}{h_c A} \ln \left( \frac{T_0 - T_1}{T_0 - T_2} \right)$$

$\theta$  = Tiempo

$m$  = Masa del producto

$C_p$  = Calor específico del producto

$h_c$  = Coeficiente de transferencia de calor por convección

$A$  = Área

$$Y = \frac{T_0 - T_2}{T_0 - T_1}$$

$Y$  = Relación adimensional de temperaturas

$T_0$  = Temperatura del fluido que calienta o enfría

$T_1$  = Temperatura inicial del producto

$T_2$  = Temperatura final del producto

$d$  = Dimensión media característica

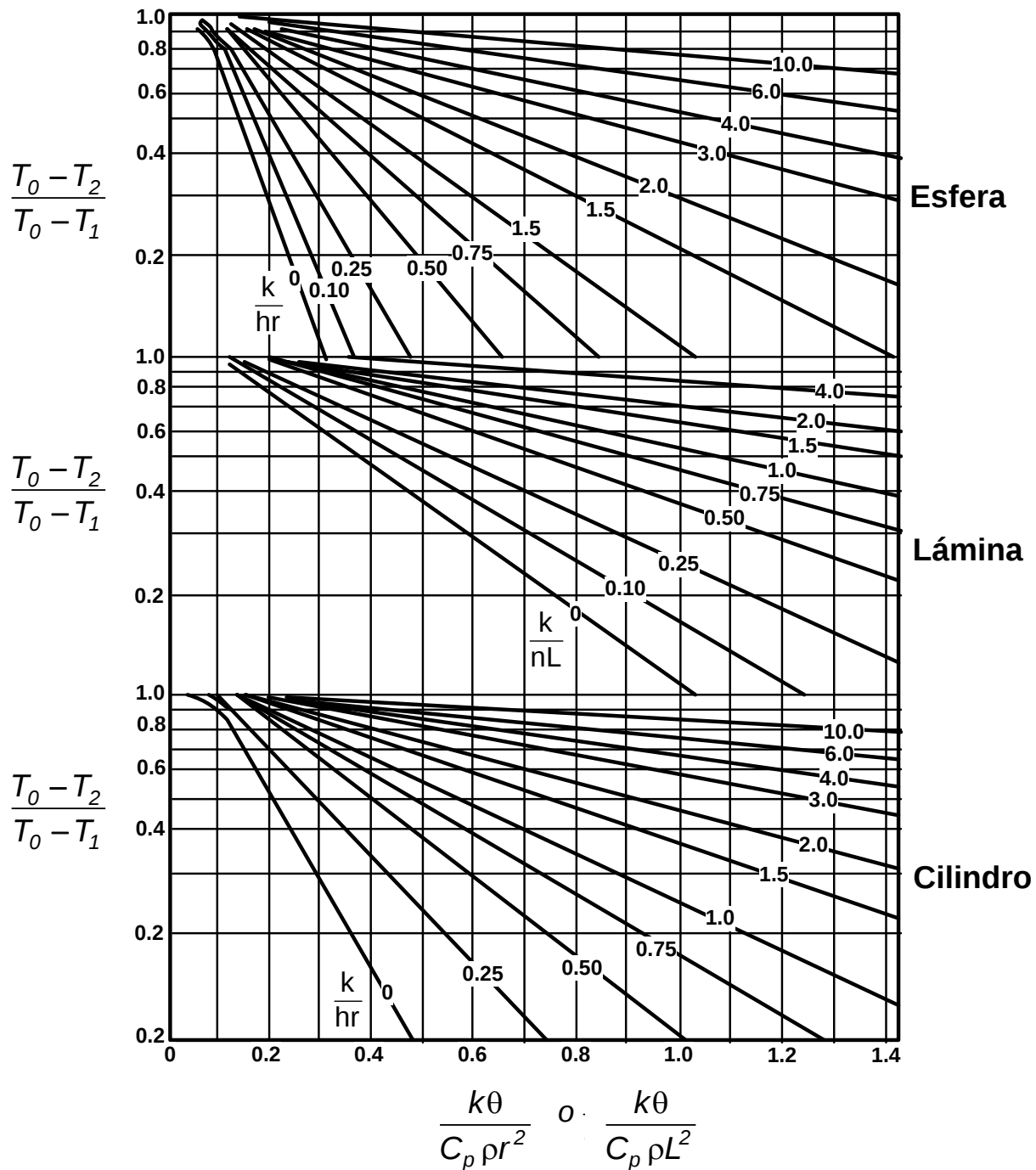
$$F_o = \frac{k\theta}{C_p \rho d^2}$$

$F_o$  = Número de Fourier

$k$  = Conductividad térmica del producto

$\rho$  = Densidad

**Conducción en estado no estacionario; temperatura en el centro de una esfera, una lámina y un cilindro de dimensiones infinitas.**



**Esterilización**

$$t = 12 \frac{2.303}{k} = 12D$$

$$k = Ae^{-\frac{E}{RT}}$$

$$F_0 = t_1 \bullet 10^{\frac{T_1 - 121.1}{z}} + t_2 \bullet 10^{\frac{T_2 - 121.1}{z}} + \dots t_n \bullet 10^{\frac{T_n - 121.1}{z}}$$

$D$  = Tiempo para reducir un logaritmo base 10 la población inicial de *Clostridium botulinum*

$t$  = Tiempo de muerte térmica

$k$  = Velocidad de reacción

$A$  = Factor de Arrhenius

$R$  = Constante de los gases

$T$  = Temperatura absoluta

$E$  = Energía de activación

$t_1, t_2, \dots t_n$  = Tiempo de cada periodo de calentamiento, retención o enfriamiento.

$T_1, T_2, \dots T_n$  = Temperatura de cada periodo de calentamiento

$F_0$  = Tiempo en minutos a 121.1 °C

$z$  = Cambio de temperatura para reducir 10 veces el valor de  $D$

**Pasteurización**

$$F_{T_1}^z = D_{T_1} \log_{10} \frac{N_0}{N}$$

$$F_{T_1}^z = t \bullet 10^{(T - T_1)/z}$$

$F_{T_1}^z$  = Tiempo de proceso

$T_1$  = Temperatura estándar a 62.8°C

$T$  = Temperatura del proceso real

$t$  = Tiempo de muerte térmica

$z$  = Cambio de temperatura para reducir 10 veces el valor de  $D$

$N_0$  = Número original de organismos viables

$N$  = Número de organismos viables en un tiempo dado

$D_{T_1}$  = Tiempo de reducción decimal a la  $T_1$

### Enfriamiento

$$q = h_c A (T_s - T_1)$$

(alimentos cuasihomogéneos)

$$k = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{\phi_i}{k_i}}$$

(las capas siguen la misma trayectoria que el flujo de calor)

$$k = \sum_{i=1}^n k_i \phi_i$$

$$q = m \lambda$$

$$\alpha = \frac{k}{\rho C_p}$$

$$\frac{1}{Bi} = \frac{k}{h_c x_1}$$

$q$  = velocidad de transmisión de calor

$A$  = Área

$T_s$  = Temperatura en la superficie del material que se va a enfriar

$T_1$  = Temperatura del medio ambiente

$C_p$  = Capacidad calorífica

$\rho$  = densidad

$h_c$  = Coeficiente de transferencia de calor por convección

$x$  = Dimensión del material a enfriar

$x_1 = x/2$

$m$  = flujo másico

$\lambda$  = Constante de calor latente

$k_i$  = Conductividad térmica de cada componente

$k$  = Conductividad térmica

$\phi_i$  = Fracción volumétrica de cada componente

$\alpha$  = Difusividad térmica

$\frac{1}{Bi}$  = Inverso del número de Biot

**Congelación**

$$Q = \frac{kA}{x}(T_f - T_s)$$

$$t = \frac{\lambda \rho}{T_f - T_1} \left( \frac{a}{2h_c} + \frac{a^2}{8k} \right)$$

(para otras formas geométricas)

$$t = \frac{\lambda \rho}{T_f - T_1} \left( \frac{Pa}{h_c} + \frac{Ra^2}{k} \right)$$

$$Y = \frac{T_c - T_0}{T_1 - T_0}$$

$$F_0 = \frac{\alpha_{1\Delta t}}{\Delta X^2}$$

$$m = \frac{1}{Bi} = \frac{k_1}{hx_1}$$

Q = Cantidad de calor

A = Área superficial

t = Tiempo de congelación

 $\rho$  = Densidad del material que se está congelando $\lambda$  = Calor latente $T_s$  = Temperatura en la superficie del material que se va a congelar $T_f$  = Temperatura de congelación $T_1$  = Temperatura del medio ambiente $P = \frac{1}{2}$  para una placa infinita,  $\frac{1}{6}$  para una esfera,  $\frac{1}{4}$  para un cilindro infinito $R = \frac{1}{8}$  para una placa infinita,  $\frac{1}{24}$  para una esfera,  $\frac{1}{16}$  para un cilindro infinito

a = Espesor de placa a congelar

x = Espesor de capa congelada

k = Conductividad térmica del material congelado

 $h_c$  = Coeficiente de transferencia de calor por convección $F_0$  = Número de Fourier $\alpha$  = Difusividad térmica $\Delta t$  = Gradiente de tiempo $\Delta X$  = Gradiente de espesor

Bi = Número de Biot

**TRANSFERENCIA DE MASA****Balance general de materia y energía**

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Entrada por las} \\ \text{fronteras del sistema} \end{array} \right\} - \left\{ \begin{array}{l} \text{Salida por las} \\ \text{fronteras del sistema} \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{l} \text{Generación dentro} \\ \text{del sistema} \end{array} \right\} - \left\{ \begin{array}{l} \text{Consumo dentro} \\ \text{del sistema} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \text{Acumulación dentro} \\ \text{del sistema} \end{array} \right\}$$

**Fracciones molares**

$$\text{fracción molar de } A = \frac{(\text{moles de } A)}{(\text{moles totales})}$$

$$\text{fracción en masa de } A = \frac{(\text{masa de } A)}{(\text{masas totales})}$$

**Tiempo de secado**

Tiempo de secado por aspersión en partículas esféricas

$$t = \frac{\lambda D^2 \rho}{12 k_d \Delta T} \Delta H$$

Tiempo de secado a periodo de velocidad constante

$$t_{cte} = \frac{V_{cte}}{H_{inicial} - H_{crítica}}$$

$$v_{cte} = \frac{h_c A}{\lambda} (T_a - T_s)$$

$t$  = Tiempo de secado

$\lambda$  = Calor latente de vaporización

$D$  = Diámetro de partícula

$\rho$  = Densidad

$K_d$  = Conductividad térmica del aire alrededor de la gota

$\Delta T$  = Diferencia de temperatura

$\Delta H$  = Diferencia de humedad

$t_{cte}$  = Tiempo de secado a periodo de velocidad constante

$V_{cte}$  = velocidad de secado

$H_{inicial}$  = Humedad inicial del producto

$H_{crítica}$  = Humedad crítica del producto

$h_c$  = Coeficiente de transferencia de calor por convección

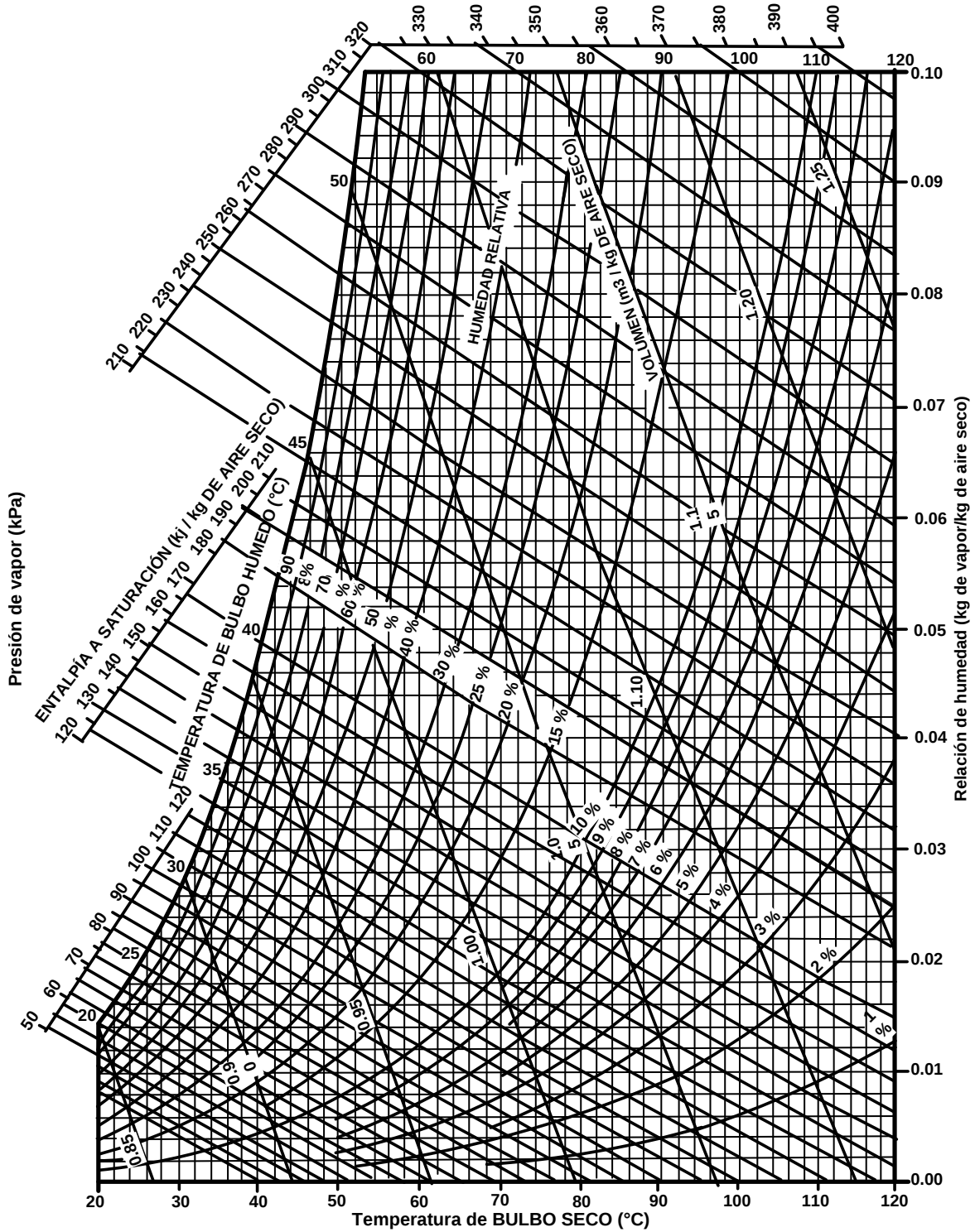
$A$  = Área superficial

$T_a$  = Temperatura de bulbo seco del aire

$T_s$  = Temperatura de bulbo húmedo del aire

**Gráfico Psicrométrico Altas temperaturas**

Presión atmosférica 1 atm



**Cinética de reacción****Orden de reacción**

Primer orden

$$kt = -\ln(1 - x_A) = -\ln \frac{C_A}{C_{A0}}$$

 $k$  = constante de velocidad $t$  = tiempo de reacción $x_A$  = fracción molar del compuesto A  
al tiempo  $t$  $C_A$  = concentración del compuesto A  
al tiempo  $t$  $C_{A0}$  = concentración inicial del  
compuesto A

Segundo orden

 $A + B \rightarrow \text{Productos}$ 

$$kt(C_{B0} - C_{A0}) = \ln \frac{1 - x_B}{1 - x_A} = \ln \frac{M - x_A}{M(1 - x_A)} =$$

$$\ln \left( \frac{C_B C_{A0}}{C_{B0} C_A} \right) = \ln \frac{C_B}{M C_A} = C_{A0} (M - 1) kt$$

 $C_B$  = concentración del compuesto B  
al tiempo  $t$  $C_{B0}$  = concentración inicial del  
compuesto B $x_B$  = fracción molar del compuesto B  
al tiempo  $t$  $M = C_{B0}/C_{A0}$  $2a \rightarrow \text{Productos}$ 

$$kt = \frac{1}{C_A} - \frac{1}{C_{A0}} = \frac{1}{C_{A0}} \frac{x_A}{1 - x_A}$$

**Ecuación de Arrhenius**

$$k = Ae^{-\frac{E}{RT}}$$

 $A$  = Factor pre-exponencial $E$  = Energía de activación $R$  = Constante de los gases ideales $T$  = Temperatura $K$  = Constante cinética de reacción  
una temperatura  $T$

**Lixiviación**

Balance de Flujo

$$L_0 + Q_2 = L_1 + Q_1 = M$$

Balance de composición

$$L_0 y_{AO} + Q_2 x_{A2} = L_1 y_{A1} + Q_1 x_{A1} = M x_{AM}$$

$$B = N_0 L_0 + 0 = N_1 L_1 + 0 = N_M M$$

$L_0$  = Flujo másico de sólido a la entrada

$Q_2$  = Flujo másico de solvente utilizado en la extracción a la entrada

$L_1$  = Flujo másico de sólido a la salida

$Q_1$  = Flujo másico del extracto

$M$  = Velocidad de flujo total de la mezcla

$y_{AO}$  = Composición del soluto en la entrada

$x_{A2}$  = Fracción del solvente a la entrada

$y_{A1}$  = Composición del soluto en la entrada

$x_{A1}$  = Fracción del solvente a la salida

$x_{AM}$  = Fracción del soluto en la salida

$B$  = Flujo del sólido inerte

$N_0$  = Relación de pesos de sustancias solubles e insolubles a la entrada

$N_1$  = Relación de pesos de sustancias solubles e insolubles a la salida

$N_M$  = Relación de pesos de sustancias solubles e insolubles en la mezcla

**Liofilización**

$$q = h_c (T_e - T_s) = \frac{k}{\Delta} (T_s - T_f) = \frac{1}{\frac{1}{h_c} + \frac{\Delta L}{k}} (T_e - T_f)$$

$q$  = Flujo específico de calor

$h_c$  = Coeficiente externo de transferencia de calor

$T_e$  = Temperatura externa del gas

$T_s$  = Temperatura de la superficie del sólido seco

$$q_A = \frac{1}{\frac{1}{kg} + \frac{v_s T \Delta L}{D'}} (P_{fw} - P_{ew})$$

$$t = \left( \frac{L^2}{4kV_s} \right) \left( \frac{\Delta H_s}{M_A} \right) \left( \frac{1}{T_e - T_f} \right) \left( x_1 - x_2 - \frac{x_1^2}{2} + \frac{x_2^2}{2} \right)$$

$T_f$  = Temperatura del plano de sublimación o capa congelada

$k$  = Conductividad térmica del sólido seco

$\Delta L$  = Espesor de la capa seca

$q_A$  = Flujo específico del vapor de agua

$kg$  = Coeficiente externo de transferencia de masa

$T$  = temperatura promedio en la capa seca

$D'$  = Difusividad promedio efectiva en la capa seca

$P_{ew}$  = Presión parcial de agua en la fase vapor

$P_{fw}$  = Presión parcial del vapor de agua en equilibrio con el plano congelado de sublimación

$v_s$  = Velocidad de secado

$t$  = Tiempo de secado entre los límites de  $t = 0$  cuando  $x_1 = 1.0$ , y  $t = t$  cuando  $x_2 = x_2$

$L$  = Espesor de la muestra

$M_A$  = Peso molecular del agua

$V_s$  = Volumen del material sólido ocupado inicialmente por una unidad de kg de agua

$\Delta H_s / M_A$  = Calor de sublimación

$\Delta H_s$  = Calor latente de sublimación del hielo

$x_1$  = Humedad en tiempo inicial

$x_2$  = Humedad en tiempo final

**Presión Osmótica**

$$\Pi = \frac{cRT}{M} = \frac{RT \ln X_A}{V_m}$$

 $\Pi$  = Presión osmótica $c$  = Concentración molar $T$  = Temperatura $R$  = Constante universal de los gases $M$  = Peso molecular $V_m$  = Volumen molar del líquido puro $X_A$  = Fracción molar del líquido puro**Cristalización**

$$\frac{\bar{N}_A}{A_1} = k_y (y_A - y'_A) = K_y (y'_A - y_{Ae})$$

$$= k (y_A - y_{Ae})$$

 $K$  = coeficiente total de transferencia $k_y$  = coeficiente normal de transferencia de masa $y_A$  = fracción mol de A de sobresaturación $y'_A$  = fracción mol de A en la superficie $y_{Ae}$  = fracción mol de A de saturación $\bar{N}_A$  = velocidad en kg mol de A/s $A_1$  = área de la superficie del cristal $G$  = velocidad de crecimiento $D_2 - D_1$  = dimensión lineal con respecto al tiempo $t_2 - t_1$  = tiempo**Difusividad****Ley de Fick**

$$J'_{Az} = -D_{AB} \frac{dC_A}{dz}$$

 $J'_{Az}$  = Flujo molar del componente A en la dirección z $D_{AB}$  = difusividad másica de la molécula A en B $C_A$  = Concentración de A $z$  = distancia de difusión

**OPERACIONES FÍSICO MECÁNICAS****Filtración (a caída de presión constante)**

$$\frac{t}{V} = \frac{K_p V}{2} + B$$

$$B = \frac{\mu R_m}{A(\Delta P)}$$

$$K_p = \frac{\mu \alpha C_s}{A^2 (\Delta P)}$$

$A$  = Área de filtración

$V$  = Volumen total de filtrado

$t$  = Tiempo

$K_p$  = Pendiente de la recta

$R_m$  = Resistencia del medio filtrante

$\mu$  = Viscosidad del líquido

$C_s$  = Concentración de sólidos

$\alpha$  = Resistencia específica de la torta

$B$  = Constante de filtración

$\Delta P$  = Cambio o caída de presión

**Precipitación y sedimentación**

$$v_t = \sqrt{\frac{4(\rho_p - \rho)gD_p}{3C_D\rho}}$$

$$C_D = \frac{24}{Re}$$

$v_t$  = Velocidad de precipitación libre

$g$  = Aceleración de la gravedad

$D_p$  = Diámetro de partícula

$\rho_p$  = Densidad de la partícula sólida

$\rho$  = Densidad del líquido

$C_D$  = coeficiente de resistencia al flujo

$Re$  = Número de Reynolds

**Centrifugación**

$$\frac{F_c}{F_g} = 0.001118rN^2$$

$F_c$  = Fuerza centrífuga

$F_g$  = Fuerza de gravedad

$r$  = Radio

$$\omega = \frac{2\pi N}{60}$$

$N$  = Revoluciones por minuto

$\omega$  = Velocidad angular

$$V = \pi b(r_2^2 - r_1^2)$$

$V$  = Volumen del tazón de la centrífuga

$b$  = Altura del tazón de la centrífuga

$r_2^2$  = Radio 2 de la centrífuga

$r_1^2$  = Radio 1 de la centrífuga

$$q_c = \frac{\omega(\rho_p - \rho)D_{pc}}{18\mu \ln \left[ \frac{2r_2}{r_1 + r_2} \right]} \left[ \pi b(r_2^2 - r_1^2) \right]$$

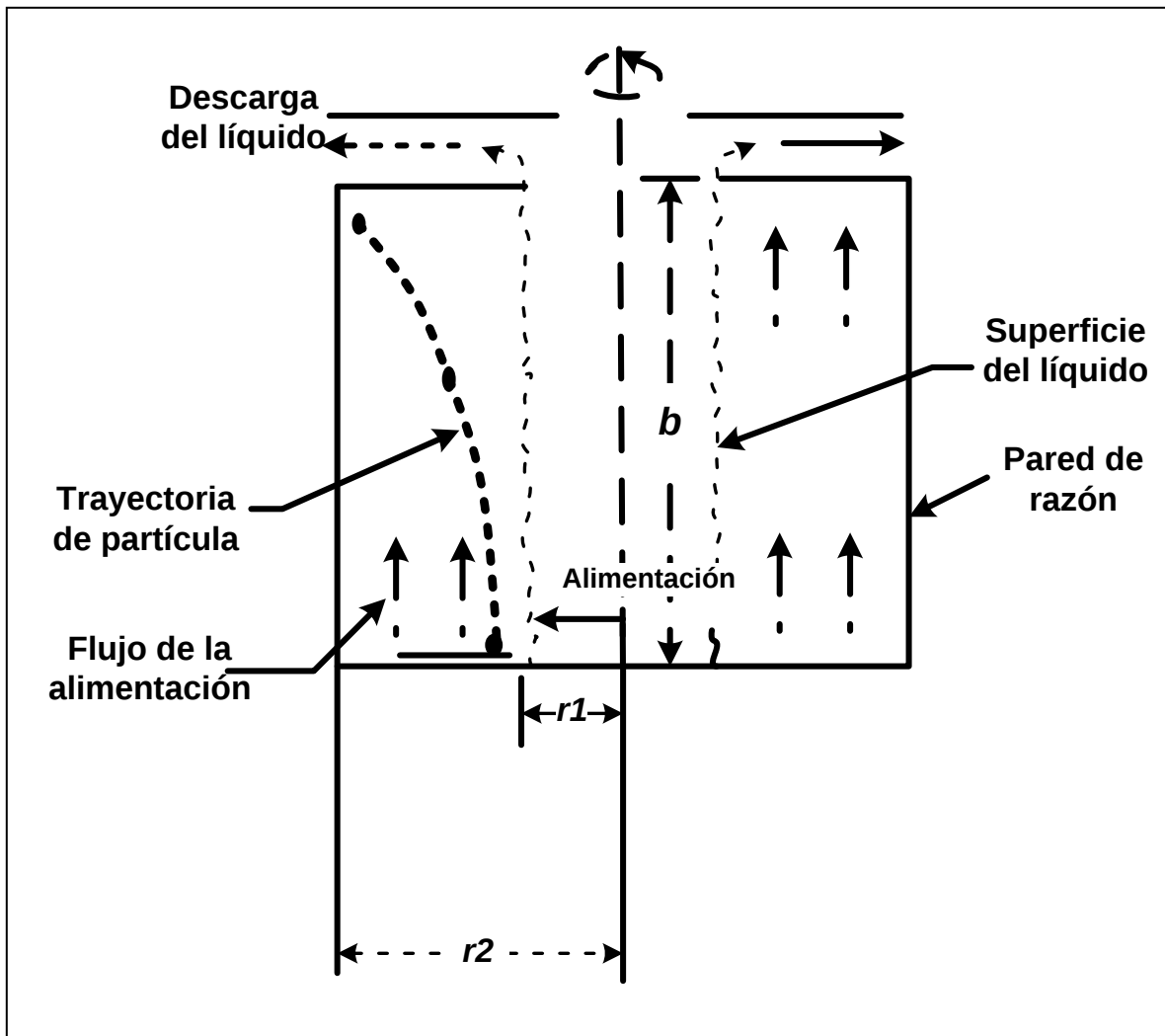
$q_c$  = Velocidad de flujo

$\rho_p$  = Densidad de la partícula sólida

$\rho$  = Densidad del líquido

$\mu$  = Viscosidad del líquido

$D_{pc}$  = Diámetro de la partícula crítica



- Representación esquemática del proceso de centrifugación

**Desplazamiento lineal de las partículas en flotación y sedimentación**

$$v = \frac{D_p^2 (\rho_L - \rho_p) g}{18\mu}$$

$$v = \frac{D_p^2 (\rho_p - \rho_L) g}{18\mu}$$

$v$  = Velocidad de desplazamientos

$D_p$  = Diámetro de la partícula

$\mu$  = Viscosidad del líquido

$\rho_L$  = Densidad del líquido

$\rho_p$  = Densidad de la partícula

$g$  = Aceleración de la gravedad

**Reducción de tamaño**

$$i = \frac{D_{p1}}{D_{p2}}$$

$$\varepsilon = \frac{P}{P_m} \times 100$$

$i$  = Grado de reducción de tamaño

$P$  = Potencia teórica

$P_m$  = Potencia de motor real

$T$  = Alimentación

$D_{p1}$  = Diámetro promedio de partículas de alimentación

$D_{p2}$  = Diámetro promedio de partículas de producto

$E_i$  = Índice de trabajo

$K_R$  = Constante de Rittinger

$K_K$  = Constante de Kick

**Ley de Rittinger**

$$\frac{P}{T} = 1.46 E_i \left[ \frac{1}{\sqrt{D_{p2}}} - \frac{1}{\sqrt{D_{p1}}} \right]$$

**Ley de Bond**

$$\frac{P}{T} = K_R \left[ \frac{1}{D_{p2}} - \frac{1}{D_{p1}} \right]$$

**Ley de Kick**

$$\frac{P}{T} = K_K \ln \frac{D_{p1}}{D_{p2}}$$

**CONTROL ESTADÍSTICO DEL PROCESO****Índice Cp**

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

$$C_p = \frac{ES - EI}{6\sigma}$$

$$C_r = \frac{6\sigma}{ES - EI}$$

$$C_{pi} = \frac{\mu - EI}{3\sigma}$$

$$C_{ps} = \frac{ES - \mu}{3\sigma}$$

**Índice K**

$$K = \frac{\mu - N}{\frac{1}{2}(ES - EI)} \times 100$$

**Índice Z**

$$Z_s = \frac{ES - \mu}{\sigma}$$

$$Z_i = \frac{\mu - EI}{\sigma}$$

**Índice de Taguchi**

$$C_{pm} = \frac{ES - EI}{6\tau}$$

$$\tau = \sqrt{\sigma^2 + (\mu - N)^2}$$

**Tabla para control de procesos**

| <b>Límites para el control de procesos</b> |                                              |                                       |                                       |                                                       |                                              |                                              |
|--------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|
|                                            | Con valores específicos y $\sigma$ conocidos |                                       |                                       | Sin valores específicos $\mu$ y $\sigma$ desconocidos |                                              |                                              |
| <b>Tipo</b>                                | <b>LCC</b>                                   | <b>LSC</b>                            | <b>LIC</b>                            | <b>LCC</b>                                            | <b>LSC</b>                                   | <b>LIC</b>                                   |
| $\bar{X}$ y R<br>Subgrupos reducidos       | Para medias: $\mu$                           | $\mu + A \sigma$                      | $\mu - A \sigma$                      | $\bar{\bar{X}}$                                       | $\bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$                | $\bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$                |
|                                            | Para rangos: $D2 \sigma$                     | $D2 \sigma$                           | $D1 \sigma$                           | $\bar{R}$                                             | $D4 \bar{R}$                                 | $D3 \bar{R}$                                 |
| $\bar{X}$ y S<br>Subgrupos reducidos       | Para medias: $\mu$                           | $\mu + A \sigma$                      | $\mu - A \sigma$                      | $\bar{\bar{X}}$                                       | $\bar{\bar{X}} + A_3 \bar{S}$                | $\bar{\bar{X}} - A_3 \bar{S}$                |
|                                            | Para desv. estándar: $c3 \sigma$             | $B_6 \sigma$                          | $B_5 \sigma$                          | $\bar{S}$                                             | $B_4 \bar{S}$                                | $B_3 \bar{S}$                                |
| $\bar{X}$ y S<br>Subgrupos grandes         | Para medias: $\mu$                           | $\mu + 3 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$     | $\mu - 3 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$     | $\bar{\bar{X}}$                                       | $\bar{\bar{X}} + 3 \frac{\bar{S}}{\sqrt{n}}$ | $\bar{\bar{X}} - 3 \frac{\bar{S}}{\sqrt{n}}$ |
|                                            | Para desv. estándar: $\sigma$                | $\sigma + 3 \frac{\sigma}{\sqrt{2n}}$ | $\sigma - 3 \frac{\sigma}{\sqrt{2n}}$ | $\bar{S}$                                             | $\bar{S} + 3 \frac{\bar{S}}{\sqrt{2n}}$      | $\bar{S} - 3 \frac{\bar{S}}{\sqrt{2n}}$      |

LSC: Límite superior de control

LIC: Límite inferior de control

LCC: Límite central de control

## Tabla de gráficos por atributos

## Gráficos por atributos

| Tipo                                   | LCC                 | LSC                                                                           | LIC                                                                           |
|----------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Proporción defectuosa</b>           |                     |                                                                               |                                                                               |
| 1. Con una especificación dada         | $P'$                | $P' + 3\sqrt{\frac{p'(1-p')}{n}}$                                             | $P' - 3\sqrt{\frac{p'(1-p')}{n}}$                                             |
| 2. Sin especificación                  | $\bar{P}$           | $\bar{P} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$                              | $\bar{P} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$                              |
| <b>Número de elementos defectuosos</b> |                     |                                                                               |                                                                               |
| 3. Con una especificación dada         | $n P'$              | $n P' + 3\sqrt{n p' (1-p')}$                                                  | $n P' - 3\sqrt{n p' (1-p')}$                                                  |
| 4. Sin especificación                  | $n \bar{P}$         | $n \bar{P} + 3\sqrt{n \bar{p} (1-\bar{p})}$                                   | $n \bar{P} - 3\sqrt{n \bar{p} (1-\bar{p})}$                                   |
| <b>Número de defectos</b>              |                     |                                                                               |                                                                               |
| 5. Con una especificación dada         | $C'$                | $C' + 3\sqrt{C'}$                                                             | $C' - 3\sqrt{C'}$                                                             |
| 6. Sin especificación                  | $\bar{C}$           | $\bar{C} + 3\sqrt{\bar{C}}$                                                   | $\bar{C} - 3\sqrt{\bar{C}}$                                                   |
| <b>Número de defectos por unidad</b>   |                     |                                                                               |                                                                               |
| 7. Con una especificación dada         | $\frac{C'}{n}$      | $\frac{C'}{n} + \left(\frac{3}{\sqrt{n}}\right)\sqrt{C'}$                     | $\frac{C'}{n} - \left(\frac{3}{\sqrt{n}}\right)\sqrt{C'}$                     |
| 8. Sin especificación                  | $\frac{\bar{C}}{n}$ | $\frac{\bar{C}}{n} + \left(\frac{3}{\sqrt{n}}\right)\sqrt{\bar{C}}$           | $\frac{\bar{C}}{n} - \left(\frac{3}{\sqrt{n}}\right)\sqrt{\bar{C}}$           |
| <b>Gráfico de deméritos</b>            | $\bar{D}$           | $\bar{D} + 3\sqrt{W_1^2 \bar{C}_1 + W_2^2 \bar{C}_2 + \dots W_k^2 \bar{C}_k}$ | $\bar{D} - 3\sqrt{W_1^2 \bar{C}_1 + W_2^2 \bar{C}_2 + \dots W_k^2 \bar{C}_k}$ |

**Tabla de muestreo sencillo por límite del promedio de calidad final (LPCF) 2.0%**

| TABLA DE MUESTREO SENCILLO POR LÍMITE DEL PROMEDIO DE CALIDAD FINAL (LPCF) = 2.0% |                      |   |                  |                      |   |                  |                      |   |                  |                      |   |                  |                      |    |                  |                      |    |                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---|------------------|----------------------|---|------------------|----------------------|---|------------------|----------------------|---|------------------|----------------------|----|------------------|----------------------|----|------------------|
| Tamaño de lote                                                                    | Promedio del proceso |   |                  | Promedio del proceso |   |                  | Promedio del proceso |   |                  | Promedio del proceso |   |                  | Promedio del proceso |    |                  | Promedio del proceso |    |                  |
|                                                                                   | 0 a 0.04%            |   |                  | 0.05 a 0.40%         |   |                  | 0.41 a 0.80%         |   |                  | 0.81 a 1.20%         |   |                  | 1.21 a 1.60%         |    |                  | 1.61 a 2.00%         |    |                  |
|                                                                                   | n                    | c | P <sub>t</sub> % | n                    | c | P <sub>t</sub> % | n                    | c | P <sub>t</sub> % | n                    | c | P <sub>t</sub> % | n                    | c  | P <sub>t</sub> % | n                    | c  | P <sub>t</sub> % |
| 1-15                                                                              | Todas                | 0 | ...              | Todas                | 0 | ...              | Todas                | 0 | ...              | Todas                | 0 | ...              | Todas                | 0  | ...              | Todas                | 0  | ...              |
| 16-50                                                                             | 14                   | 0 | 13.6             | 14                   | 0 | 13.6             | 14                   | 0 | 13.6             | 14                   | 0 | 13.6             | 14                   | 0  | 13.6             | 14                   | 0  | 13.6             |
| 51-100                                                                            | 16                   | 0 | 12.4             | 16                   | 0 | 12.4             | 16                   | 0 | 12.4             | 16                   | 0 | 12.4             | 16                   | 0  | 12.4             | 16                   | 0  | 12.4             |
| 101-200                                                                           | 17                   | 0 | 12.2             | 17                   | 0 | 12.2             | 17                   | 0 | 12.2             | 17                   | 0 | 12.2             | 35                   | 1  | 10.5             | 35                   | 1  | 10.5             |
|                                                                                   |                      |   |                  |                      |   |                  |                      |   |                  |                      |   |                  |                      |    |                  |                      |    |                  |
| 201-300                                                                           | 17                   | 0 | 12.3             | 17                   | 0 | 12.3             | 17                   | 0 | 12.3             | 37                   | 1 | 10.2             | 37                   | 1  | 10.2             | 37                   | 1  | 10.2             |
| 301-400                                                                           | 18                   | 0 | 11.8             | 18                   | 0 | 11.8             | 38                   | 1 | 10.0             | 38                   | 1 | 10.0             | 38                   | 1  | 10.0             | 60                   | 2  | 8.5              |
| 401-500                                                                           | 18                   | 0 | 11.9             | 18                   | 0 | 11.9             | 39                   | 1 | 9.8              | 39                   | 1 | 9.8              | 60                   | 2  | 8.6              | 60                   | 2  | 8.6              |
|                                                                                   |                      |   |                  |                      |   |                  |                      |   |                  |                      |   |                  |                      |    |                  |                      |    |                  |
| 501-600                                                                           | 18                   | 0 | 11.9             | 18                   | 0 | 11.9             | 39                   | 1 | 9.8              | 39                   | 1 | 9.8              | 60                   | 2  | 8.6              | 60                   | 2  | 8.6              |
| 601-800                                                                           | 18                   | 0 | 11.9             | 40                   | 1 | 9.6              | 40                   | 1 | 9.6              | 65                   | 2 | 8.0              | 65                   | 2  | 8.0              | 85                   | 3  | 7.5              |
| 801-1000                                                                          | 18                   | 0 | 12.0             | 40                   | 1 | 9.6              | 40                   | 1 | 9.6              | 65                   | 2 | 8.1              | 65                   | 2  | 8.1              | 90                   | 3  | 7.4              |
|                                                                                   |                      |   |                  |                      |   |                  |                      |   |                  |                      |   |                  |                      |    |                  |                      |    |                  |
| 1001-2000                                                                         | 18                   | 0 | 12.0             | 41                   | 1 | 9.4              | 65                   | 2 | 8.2              | 65                   | 2 | 8.2              | 95                   | 3  | 7.0              | 120                  | 4  | 6.5              |
| 2001-3000                                                                         | 18                   | 0 | 12.0             | 41                   | 1 | 9.4              | 65                   | 2 | 8.2              | 95                   | 3 | 7.0              | 120                  | 4  | 6.5              | 180                  | 6  | 5.8              |
| 3001-4000                                                                         | 18                   | 0 | 12.0             | 42                   | 1 | 9.3              | 65                   | 2 | 8.2              | 95                   | 3 | 7.0              | 155                  | 5  | 6.0              | 210                  | 7  | 5.5              |
|                                                                                   |                      |   |                  |                      |   |                  |                      |   |                  |                      |   |                  |                      |    |                  |                      |    |                  |
| 4001-5000                                                                         | 18                   | 0 | 12.0             | 42                   | 1 | 9.3              | 70                   | 2 | 7.5              | 125                  | 4 | 6.4              | 155                  | 5  | 6.0              | 245                  | 8  | 5.3              |
| 5001-7000                                                                         | 18                   | 0 | 12.0             | 42                   | 1 | 9.3              | 95                   | 3 | 7.0              | 125                  | 4 | 6.4              | 185                  | 6  | 5.6              | 280                  | 9  | 5.1              |
| 7001-10 000                                                                       | 42                   | 1 | 9.3              | 70                   | 2 | 7.5              | 95                   | 3 | 7.0              | 155                  | 5 | 6.0              | 220                  | 7  | 5.4              | 350                  | 11 | 4.8              |
|                                                                                   |                      |   |                  |                      |   |                  |                      |   |                  |                      |   |                  |                      |    |                  |                      |    |                  |
| 10 001-20 000                                                                     | 42                   | 1 | 9.3              | 70                   | 2 | 7.6              | 95                   | 3 | 7.0              | 190                  | 6 | 5.6              | 290                  | 9  | 4.9              | 460                  | 14 | 4.4              |
| 20 001-50 000                                                                     | 42                   | 1 | 9.3              | 70                   | 2 | 7.6              | 125                  | 4 | 6.4              | 220                  | 7 | 5.4              | 395                  | 12 | 4.5              | 720                  | 21 | 3.9              |
| 50 001-100 000                                                                    | 42                   | 1 | 9.3              | 95                   | 3 | 7.0              | 160                  | 5 | 5.9              | 290                  | 9 | 4.9              | 505                  | 15 | 4.2              | 955                  | 27 | 3.7              |

**Tabla de Dodge-Romig de muestreo único para una tolerancia del porcentaje defectuoso en un lote (LTPD) = 2.5%**

| Tamaño de lote | Promedio del proceso |   |                  | Promedio del proceso |   |                  | Promedio del proceso |   |                  | Promedio del proceso |   |                  | Promedio del proceso |    |                  | Promedio del proceso |    |                  |
|----------------|----------------------|---|------------------|----------------------|---|------------------|----------------------|---|------------------|----------------------|---|------------------|----------------------|----|------------------|----------------------|----|------------------|
|                | 0 a 0.05%            |   |                  | 0.06 a 0.50%         |   |                  | 0.51 a 1.00%         |   |                  | 1.01 a 1.50%         |   |                  | 1.51 a 2.00%         |    |                  | 2.01 a 2.50%         |    |                  |
|                | n                    | c | P <sub>r</sub> % | n                    | c | P <sub>r</sub> % | n                    | c | P <sub>r</sub> % | n                    | c | P <sub>r</sub> % | n                    | c  | P <sub>r</sub> % | n                    | c  | P <sub>r</sub> % |
| 1-10           | Todas                |   | ...              | Todas                | 0 | ...              | Todas                | 0 | ...              | Todas                | 0 | ...              | Todas                | 0  | ...              | Todas                | 0  | ...              |
| 11-50          | 11                   | 0 | 17.6             | 11                   | 0 | 17.6             | 11                   | 0 | 17.6             | 11                   | 0 | 17.6             | 11                   | 0  | 17.6             | 11                   | 0  | 17.6             |
| 51-100         | 13                   | 0 | 15.3             | 13                   | 0 | 15.6             | 13                   | 0 | 15.3             | 13                   | 0 | 15.3             | 13                   | 0  | 15.3             | 13                   | 0  | 15.3             |
| 101-200        | 14                   | 0 | 14.7             | 14                   | 0 | 14.7             | 14                   | 0 | 14.7             | 29                   | 1 | 12.9             | 29                   | 1  | 12.9             | 29                   | 1  | 12.9             |
| 201-300        | 14                   | 0 | 14.9             | 14                   | 0 | 14.9             | 30                   | 1 | 12.7             | 30                   | 1 | 12.7             | 30                   | 1  | 12.7             | 30                   | 1  | 12.7             |
| 301-400        | 14                   | 0 | 15.0             | 14                   | 0 | 15.0             | 31                   | 1 | 12.3             | 31                   | 1 | 12.3             | 31                   | 1  | 12.3             | 48                   | 2  | 10.7             |
| 401-500        | 14                   | 0 | 15.0             | 14                   | 0 | 15.0             | 32                   | 1 | 12.0             | 32                   | 1 | 12.0             | 49                   | 2  | 10.6             | 49                   | 2  | 10.6             |
| 501-600        | 14                   | 0 | 15.1             | 32                   | 1 | 12.0             | 32                   | 1 | 12.0             | 50                   | 2 | 10.4             | 50                   | 2  | 10.4             | 70                   | 3  | 9.3              |
| 601-800        | 14                   | 0 | 15.1             | 32                   | 1 | 12.0             | 32                   | 1 | 12.0             | 50                   | 2 | 10.5             | 50                   | 2  | 10.5             | 70                   | 3  | 9.4              |
| 801-1000       | 15                   | 0 | 14.2             | 33                   | 1 | 11.7             | 33                   | 1 | 11.7             | 50                   | 2 | 10.6             | 70                   | 3  | 9.4              | 90                   | 4  | 8.5              |
| 1001-2000      | 15                   | 0 | 14.2             | 33                   | 1 | 11.7             | 55                   | 2 | 9.3              | 75                   | 3 | 8.8              | 95                   | 4  | 8.0              | 120                  | 5  | 7.6              |
| 2001-3000      | 15                   | 0 | 14.2             | 33                   | 1 | 11.8             | 55                   | 2 | 9.4              | 75                   | 3 | 8.8              | 120                  | 5  | 7.6              | 145                  | 6  | 7.2              |
| 3001-4000      | 15                   | 0 | 14.3             | 33                   | 1 | 11.8             | 55                   | 2 | 9.5              | 100                  | 4 | 7.9              | 125                  | 5  | 7.4              | 195                  | 8  | 6.6              |
| 4001-5000      | 15                   | 0 | 14.3             | 33                   | 1 | 11.8             | 75                   | 3 | 8.9              | 100                  | 4 | 7.9              | 150                  | 6  | 7.0              | 225                  | 9  | 6.3              |
| 5001-7000      | 33                   | 1 | 11.8             | 55                   | 2 | 9.7              | 75                   | 3 | 8.9              | 125                  | 5 | 7.4              | 175                  | 7  | 6.7              | 250                  | 10 | 6.1              |
| 7001-10 000    | 34                   | 1 | 11.4             | 55                   | 2 | 9.7              | 75                   | 3 | 8.9              | 125                  | 5 | 7.4              | 200                  | 8  | 6.4              | 310                  | 12 | 5.8              |
| 10 001-20 000  | 34                   | 1 | 11.4             | 55                   | 2 | 9.7              | 100                  | 4 | 8.0              | 150                  | 6 | 7.0              | 260                  | 10 | 6.0              | 425                  | 16 | 5.3              |
| 20 001-50 000  | 34                   | 1 | 11.4             | 55                   | 2 | 9.7              | 100                  | 4 | 8.0              | 180                  | 7 | 6.7              | 345                  | 13 | 5.5              | 640                  | 23 | 4.8              |
| 50 001-100 000 | 34                   | 1 | 11.4             | 80                   | 3 | 8.4              | 125                  | 5 | 7.4              | 235                  | 9 | 6.1              | 435                  | 16 | 5.2              | 800                  | 28 | 4.5              |

n = tamaño de muestra; c = número de aceptación.

Todos = indica que todas las piezas del lote se deben de inspeccionar.

P<sub>r</sub> = porcentaje de defectuosos tolerable en el lote con un riesgo del consumidor (P<sub>c</sub>) de 0.10

**Tabla de Dodge-Romig de muestreo único para una tolerancia del porcentaje defectuoso en un lote  
(LTPD) = 1.0%**

| Tamaño de lote | Promedio del proceso |   |                  | Promedio del proceso |   |                  | Promedio del proceso |   |                  | Promedio del proceso |   |                  | Promedio del proceso |    |                  | Promedio del proceso |    |                  |
|----------------|----------------------|---|------------------|----------------------|---|------------------|----------------------|---|------------------|----------------------|---|------------------|----------------------|----|------------------|----------------------|----|------------------|
|                | 0 a 0.05%            |   |                  | 0.06 a 0.50%         |   |                  | 0.51 a 1.00%         |   |                  | 1.01 a 1.50%         |   |                  | 1.51 a 2.00%         |    |                  | 2.01 a 2.50%         |    |                  |
|                | n                    | c | P <sub>r</sub> % | n                    | c | P <sub>r</sub> % | n                    | c | P <sub>r</sub> % | n                    | c | P <sub>r</sub> % | n                    | c  | P <sub>r</sub> % | n                    | c  | P <sub>r</sub> % |
| 1-10           | Todas                |   | ...              | Todas                | 0 | ...              | Todas                | 0 | ...              | Todas                | 0 | ...              | Todas                | 0  | ...              | Todas                | 0  | ...              |
| 11-50          | 11                   | 0 | 17.6             | 11                   | 0 | 17.6             | 11                   | 0 | 17.6             | 11                   | 0 | 17.6             | 11                   | 0  | 17.6             | 11                   | 0  | 17.6             |
| 51-100         | 13                   | 0 | 15.3             | 13                   | 0 | 15.6             | 13                   | 0 | 15.3             | 13                   | 0 | 15.3             | 13                   | 0  | 15.3             | 13                   | 0  | 15.3             |
| 101-200        | 14                   | 0 | 14.7             | 14                   | 0 | 14.7             | 14                   | 0 | 14.7             | 29                   | 1 | 12.9             | 29                   | 1  | 12.9             | 29                   | 1  | 12.9             |
| 201-300        | 14                   | 0 | 14.9             | 14                   | 0 | 14.9             | 30                   | 1 | 12.7             | 30                   | 1 | 12.7             | 30                   | 1  | 12.7             | 30                   | 1  | 12.7             |
| 301-400        | 14                   | 0 | 15.0             | 14                   | 0 | 15.0             | 31                   | 1 | 12.3             | 31                   | 1 | 12.3             | 31                   | 1  | 12.3             | 48                   | 2  | 10.7             |
| 401-500        | 14                   | 0 | 15.0             | 14                   | 0 | 15.0             | 32                   | 1 | 12.0             | 32                   | 1 | 12.0             | 49                   | 2  | 10.6             | 49                   | 2  | 10.6             |
| 501-600        | 14                   | 0 | 15.1             | 32                   | 1 | 12.0             | 32                   | 1 | 12.0             | 50                   | 2 | 10.4             | 50                   | 2  | 10.4             | 70                   | 3  | 9.3              |
| 601-800        | 14                   | 0 | 15.1             | 32                   | 1 | 12.0             | 32                   | 1 | 12.0             | 50                   | 2 | 10.5             | 50                   | 2  | 10.5             | 70                   | 3  | 9.4              |
| 801-1000       | 15                   | 0 | 14.2             | 33                   | 1 | 11.7             | 33                   | 1 | 11.7             | 50                   | 2 | 10.6             | 70                   | 3  | 9.4              | 90                   | 4  | 8.5              |
| 1001-2000      | 15                   | 0 | 14.2             | 33                   | 1 | 11.7             | 55                   | 2 | 9.3              | 75                   | 3 | 8.8              | 95                   | 4  | 8.0              | 120                  | 5  | 7.6              |
| 2001-3000      | 15                   | 0 | 14.2             | 33                   | 1 | 11.8             | 55                   | 2 | 9.4              | 75                   | 3 | 8.8              | 120                  | 5  | 7.6              | 145                  | 6  | 7.2              |
| 3001-4000      | 15                   | 0 | 14.3             | 33                   | 1 | 11.8             | 55                   | 2 | 9.5              | 100                  | 4 | 7.9              | 125                  | 5  | 7.4              | 195                  | 8  | 6.6              |
| 4001-5000      | 15                   | 0 | 14.3             | 33                   | 1 | 11.8             | 75                   | 3 | 8.9              | 100                  | 4 | 7.9              | 150                  | 6  | 7.0              | 225                  | 9  | 6.3              |
| 5001-7000      | 33                   | 1 | 11.8             | 55                   | 2 | 9.7              | 75                   | 3 | 8.9              | 125                  | 5 | 7.4              | 175                  | 7  | 6.7              | 250                  | 10 | 6.1              |
| 7001-10 000    | 34                   | 1 | 11.4             | 55                   | 2 | 9.7              | 75                   | 3 | 8.9              | 125                  | 5 | 7.4              | 200                  | 8  | 6.4              | 310                  | 12 | 5.8              |
| 10 001- 20 000 | 34                   | 1 | 11.4             | 55                   | 2 | 9.7              | 100                  | 4 | 8.0              | 150                  | 6 | 7.0              | 260                  | 10 | 6.0              | 425                  | 16 | 5.3              |
| 20 001-50 000  | 34                   | 1 | 11.4             | 55                   | 2 | 9.7              | 100                  | 4 | 8.0              | 180                  | 7 | 6.7              | 345                  | 13 | 5.5              | 640                  | 23 | 4.8              |
| 50 001-100 000 | 34                   | 1 | 11.4             | 80                   | 3 | 8.4              | 125                  | 5 | 7.4              | 235                  | 9 | 6.1              | 435                  | 16 | 5.2              | 800                  | 28 | 4.5              |

n = tamaño de muestra; c = número de aceptación.

Todos = indica que todas las piezas del lote se deben de inspeccionar.

P<sub>r</sub>= porcentaje de defectuosos tolerable en el lote con un riesgo del consumidor (P<sub>c</sub>) de 0.10

Tabla de cálculo de los límites de control para las cartas  $\bar{X}$  y S con tamaño de muestra variable

| Muestra | n | $\bar{x}$ | S      | A <sub>3</sub> | Carta $\bar{x}$ |        | B <sub>3</sub> | B <sub>4</sub> | Carta S |       |
|---------|---|-----------|--------|----------------|-----------------|--------|----------------|----------------|---------|-------|
|         |   |           |        |                | LCL             | UCL    |                |                | LCL     | UCL   |
| 1       | 5 | 74.010    | 0.0148 | 1.427          | 73.987          | 74.015 | 0              | 2.089          | 0       | 0.020 |
| 2       | 3 | 73.996    | 0.0046 | 1.954          | 73.982          | 74.020 | 0              | 2.568          | 0       | 0.025 |
| 3       | 5 | 74.008    | 0.0147 | 1.427          | 73.987          | 74.015 | 0              | 2.089          | 0       | 0.020 |
| 4       | 5 | 74.003    | 0.0091 | 1.427          | 73.987          | 74.015 | 0              | 2.089          | 0       | 0.020 |
| 5       | 5 | 74.003    | 0.0122 | 1.427          | 73.987          | 74.015 | 0              | 2.089          | 0       | 0.020 |
| 6       | 4 | 73.996    | 0.0099 | 1.628          | 73.985          | 74.017 | 0              | 2.266          | 0       | 0.022 |
| 7       | 4 | 73.999    | 0.0055 | 1.628          | 73.985          | 74.017 | 0              | 2.266          | 0       | 0.022 |
| 8       | 5 | 73.997    | 0.0123 | 1.427          | 73.987          | 74.015 | 0              | 2.089          | 0       | 0.020 |
| 9       | 4 | 74.004    | 0.0064 | 1.628          | 73.985          | 74.017 | 0              | 2.266          | 0       | 0.022 |
| 10      | 5 | 73.998    | 0.0063 | 1.427          | 73.987          | 74.015 | 0              | 2.089          | 0       | 0.020 |
| 11      | 5 | 73.994    | 0.0029 | 1.427          | 73.987          | 74.015 | 0              | 2.089          | 0       | 0.020 |
| 12      | 5 | 74.001    | 0.0042 | 0.427          | 73.987          | 74.015 | 0              | 2.089          | 0       | 0.020 |
| 13      | 3 | 73.994    | 0.0100 | 0.954          | 73.982          | 74.020 | 0              | 2.568          | 0       | 0.025 |
| 14      | 5 | 73.990    | 0.0153 | 0.427          | 73.987          | 74.015 | 0              | 2.089          | 0       | 0.020 |
| 15      | s | 74.008    | 0.0087 | 1.954          | 73.982          | 74.020 | 0              | 2.568          | 0       | 0.025 |
| 16      | 5 | 73.997    | 0.0078 | 1.427          | 73.987          | 74.105 | 0              | 2.089          | 0       | 0.020 |
| 17      | 4 | 73.999    | 0.0115 | 0.628          | 73.985          | 74.017 | 0              | 2.226          | 0       | 0.022 |
| 18      | 5 | 74.007    | 0.0070 | 1.427          | 73.987          | 74.015 | 0              | 2.089          | 0       | 0.020 |
| 19      | 5 | 73.998    | 0.0085 | 1.427          | 73.987          | 74.015 | 0              | 2.089          | 0       | 0.020 |
| 20      | 3 | 74.008    | 0.0068 | 0.954          | 73.982          | 74.020 | 0              | 2.568          | 0       | 0.025 |
| 21      | 5 | 74.000    | 0.0122 | 1.427          | 73.987          | 74.015 | 0              | 2.089          | 0       | 0.020 |
| 22      | 5 | 74.002    | 0.0074 | 1.427          | 73.987          | 74.015 | 0              | 2.089          | 0       | 0.020 |
| 23      | 3 | 74.002    | 0.0119 | 1.427          | 73.987          | 74.015 | 0              | 2.089          | 0       | 0.020 |
| 24      | 5 | 74.005    | 0.0087 | 1.427          | 73.987          | 74.015 | 0              | 2.089          | 0       | 0.020 |
| 25      | 5 | 73.998    | 0.0162 | 1.427          | 73.987          | 74.015 | 0              | 2.089          | 0       | 0.020 |

**Tabla de la carta de control de la fracción disconforme con tamaño de la muestra variable**

| Número de muestra<br>$i$ | Tamaño de la muestra<br>$n_i$ | Número de unidades disconformes<br>$D_i$ | Fracción disconforme muestra<br>$\hat{p} = D_i/n_i$ | Desviación estándar<br>$\hat{\sigma}_{\hat{p}} = \sqrt{\frac{(0.096)(0.904)}{n_i}}$ | Límites de control<br>LCL      UCL |       |
|--------------------------|-------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-------|
| 1                        | 100                           | 12                                       | 0.120                                               | 0.029                                                                               | 0.009                              | 0.183 |
| 2                        | 80                            | 8                                        | 0.100                                               | 0.033                                                                               | 0.000                              | 0.195 |
| 3                        | 80                            | 6                                        | 0.075                                               | 0.033                                                                               | 0.000                              | 0.195 |
| 4                        | 100                           | 9                                        | 0.090                                               | 0.029                                                                               | 0.009                              | 0.183 |
| 5                        | 110                           | 10                                       | 0.091                                               | 0.028                                                                               | 0.012                              | 0.180 |
| 6                        | 110                           | 12                                       | 0.109                                               | 0.028                                                                               | 0.012                              | 0.180 |
| 7                        | 100                           | 11                                       | 0.110                                               | 0.029                                                                               | 0.009                              | 0.183 |
| 8                        | 100                           | 16                                       | 0.160                                               | 0.029                                                                               | 0.009                              | 0.183 |
| 9                        | 90                            | 10                                       | 0.110                                               | 0.031                                                                               | 0.003                              | 0.189 |
| 10                       | 90                            | 6                                        | 0.067                                               | 0.031                                                                               | 0.003                              | 0.189 |
| 11                       | 110                           | 20                                       | 0.182                                               | 0.028                                                                               | 0.012                              | 0.180 |
| 12                       | 120                           | 15                                       | 0.125                                               | 0.027                                                                               | 0.015                              | 0.177 |
| 13                       | 120                           | 9                                        | 0.075                                               | 0.027                                                                               | 0.015                              | 0.177 |
| 14                       | 120                           | 8                                        | 0.067                                               | 0.027                                                                               | 0.015                              | 0.177 |
| 15                       | 110                           | 6                                        | 0.055                                               | 0.028                                                                               | 0.012                              | 0.180 |
| 16                       | 80                            | 8                                        | 0.100                                               | 0.033                                                                               | 0.000                              | 0.195 |
| 17                       | 80                            | 10                                       | 0.125                                               | 0.033                                                                               | 0.000                              | 0.195 |
| 18                       | 80                            | 7                                        | 0.088                                               | 0.033                                                                               | 0.000                              | 0.195 |
| 19                       | 90                            | 5                                        | 0.056                                               | 0.031                                                                               | 0.003                              | 0.189 |
| 20                       | 100                           | 8                                        | 0.080                                               | 0.029                                                                               | 0.009                              | 0.183 |
| 21                       | 100                           | 5                                        | 0.050                                               | 0.029                                                                               | 0.009                              | 0.183 |
| 22                       | 100                           | 8                                        | 0.080                                               | 0.029                                                                               | 0.009                              | 0.183 |
| 23                       | 100                           | 10                                       | 0.100                                               | 0.029                                                                               | 0.009                              | 0.183 |
| 24                       | 90                            | 6                                        | 0.067                                               | 0.031                                                                               | 0.003                              | 0.189 |
| 25                       | 90                            | 9                                        | 0.100                                               | 0.031                                                                               | 0.003                              | 0.189 |
|                          | 2450                          | 234                                      | 0.096                                               |                                                                                     |                                    |       |

**Tabla de letras de código para el tamaño de la muestra (MIL, STD 105E)**

| Tamaño del lote<br>o carga | Niveles de inspección especiales |     |     |     | Niveles de inspección |    |     |
|----------------------------|----------------------------------|-----|-----|-----|-----------------------|----|-----|
|                            | S-I                              | S-2 | S-3 | S-4 | I                     | II | III |
| 2 a 8                      | A                                | A   | A   | A   | A                     | A  | B   |
| 9 a 15                     | A                                | A   | A   | A   | A                     | B  | C   |
| 16 a 25                    | A                                | A   | B   | B   | B                     | C  | D   |
| 26 a 50                    | A                                | B   | B   | C   | C                     | D  | E   |
| 51 a 90                    | B                                | B   | C   | C   | C                     | E  | F   |
| 91 a 150                   | B                                | B   | C   | D   | D                     | F  | O   |
| 151 a 280                  | B                                | C   | D   | E   | E                     | G  | H   |
| 281 a 500                  | B                                | C   | D   | E   | F                     | H  | J   |
| 501 a 1 200                | C                                | C   | E   | F   | G                     | J  | K   |
| 1 201 a 3 200              | C                                | D   | B   | G   | H                     | K  | L   |
| 3201 a 10000               | C                                | D   | F   | G   | J                     | L  | M   |
| 10001 a 35000              | C                                | D   | F   | H   | K                     | M  | N   |
| 35001 a 150 000            | D                                | E   | G   | J   | L                     | N  | P   |
| 150 001 a 500 000          | D                                | E   | G   | J   | M                     | P  | Q   |
| 500 00 1 en adelante       | D                                | E   | H   | K   | N                     | Q  | R   |

### Tabla para la inspección normal - muestreo único (MIL, STD 105E)

| Letra del código para el tamaño de la muestra | Tamaño de la muestra | Niveles de calidad aceptables (inspección normal) |    |       |    |       |    |       |    |       |    |       |    |       |    |       |    |       |    |       |    |       |     |       |     |       |    |       |    |       |    |         |     |         |     |         |       |       |  |       |  |       |  |
|-----------------------------------------------|----------------------|---------------------------------------------------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|-----|-------|-----|-------|----|-------|----|-------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-------|-------|--|-------|--|-------|--|
|                                               |                      | 0.010                                             |    | 0.015 |    | 0.025 |    | 0.040 |    | 0.065 |    | 0.010 |    | 0.015 |    | 0.025 |    | 0.040 |    | 0.065 |    | 1.0   | 1.5 | 2.5   | 4.0 | 6.5   | 10 | 15    | 25 | 40    | 65 | 100     | 150 | 250     | 400 | 650     | 1 000 |       |  |       |  |       |  |
|                                               |                      | Ac                                                | Re | Ac    | Re | Ac    | Re | Ac    | Re | Ac    | Re | Ac    | Re | Ac    | Re | Ac    | Re | Ac    | Re | Ac    | Re | Ac    | Re  | Ac    | Re  | Ac    | Re | Ac    | Re | Ac    | Re | Ac      | Re  | Ac      | Re  | Ac      | Re    |       |  |       |  |       |  |
| A                                             | 2                    | ↓                                                 |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓     |    | 0 1   |    | ↓     |    | 1 2   |     | 2 3   |     | 3 4   |    | 5 6   |    | 7 8   |    | 10 11   |     | 14 15   |     | 21 22   |       | 30 31 |  |       |  |       |  |
| B                                             | 3                    | ↓                                                 |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓     |    | 0 1   |    | ⇅     |    | ↓     |     | 1 2   |     | 2 3   |    | 3 4   |    | 5 6   |    | 7 8     |     | 10 11   |     | 14 15   |       | 21 22 |  | 30 31 |  | 44 45 |  |
| C                                             | 5                    | ↓                                                 |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓     |    | 0 1   |    | ⇅     |    | ⇅     |    | 1 2   |     | 2 3   |     | 3 4   |    | 5 6   |    | 7 8   |    | 10 11   |     | 14 15   |     | 21 22   |       | 30 31 |  | 44 45 |  |       |  |
| D                                             | 8                    | ↓                                                 |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓     |    | 0 1   |    | ⇅     |    | ⇅     |    | 1 2   |     | 2 3   |     | 3 4   |    | 5 6   |    | 7 8   |    | 10 11   |     | 14 15   |     | 21 22   |       | 30 31 |  | 44 45 |  | ↑     |  |
| E                                             | 13                   | ↓                                                 |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓     |    | 0 1   |    | ⇅     |    | ⇅     |    | 1 2   |    | 2 3   |     | 3 4   |     | 5 6   |    | 7 8   |    | 10 11 |    | 14 15   |     | 21 22   |     | 30 31   |       | 44 45 |  |       |  |       |  |
| F                                             | 20                   | ↓                                                 |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓     |    | 0 1   |    | ⇅     |    | ⇅     |    | 1 2   |    | 2 3   |     | 3 4   |     | 5 6   |    | 7 8   |    | 10 11 |    | 14 15   |     | 21 22   |     | 30 31   |       | 44 45 |  |       |  |       |  |
| G                                             | 32                   | ↓                                                 |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓     |    | 0 1   |    | ⇅     |    | ⇅     |    | ⇅     |    | 1 2   |    | 2 3   |     | 3 4   |     | 5 6   |    | 7 8   |    | 10 11 |    | 14 15   |     | 21 22   |     | 30 31   |       | 44 45 |  |       |  |       |  |
| H                                             | 50                   | ↓                                                 |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓     |    | 0 1   |    | ⇅     |    | ⇅     |    | ⇅     |    | 1 2   |    | 2 3   |     | 3 4   |     | 5 6   |    | 7 8   |    | 10 11 |    | 14 15   |     | 21 22   |     | 30 31   |       | 44 45 |  |       |  |       |  |
| J                                             | 80                   | ↓                                                 |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓     |    | 0 1   |    | ⇅     |    | ⇅     |    | ⇅     |    | 1 2   |    | 2 3   |     | 3 4   |     | 5 6   |    | 7 8   |    | 10 11 |    | 14 15   |     | 21 22   |     | 30 31   |       | 44 45 |  |       |  |       |  |
| K                                             | 125                  | ↓                                                 |    | ↓     |    | ↓     |    | 0 1   |    | ⇅     |    | ⇅     |    | 1 2   |    | 2 3   |    | 3 4   |    | 5 6   |    | 7 8   |     | 10 11 |     | 14 15 |    | 21 22 |    | 30 31 |    | 44 45   |     | 50 51   |     | 65 66   |       | 80 81 |  |       |  |       |  |
| L                                             | 200                  | ↓                                                 |    | ↓     |    | 0 1   |    | ⇅     |    | ⇅     |    | 1 2   |    | 2 3   |    | 3 4   |    | 5 6   |    | 7 8   |    | 10 11 |     | 14 15 |     | 21 22 |    | 30 31 |    | 44 45 |    | 50 51   |     | 65 66   |     | 80 81   |       |       |  |       |  |       |  |
| M                                             | 315                  | ↓                                                 |    | 0 1   |    | ⇅     |    | ⇅     |    | 1 2   |    | 2 3   |    | 3 4   |    | 5 6   |    | 7 8   |    | 10 11 |    | 14 15 |     | 21 22 |     | 30 31 |    | 44 45 |    | 50 51 |    | 65 66   |     | 80 81   |     | 100 101 |       |       |  |       |  |       |  |
| N                                             | 500                  | ↓                                                 |    | 0 1   |    | ⇅     |    | 1 2   |    | 2 3   |    | 3 4   |    | 5 6   |    | 7 8   |    | 10 11 |    | 14 15 |    | 21 22 |     | 30 31 |     | 44 45 |    | 50 51 |    | 65 66 |    | 80 81   |     | 100 101 |     | 125 126 |       |       |  |       |  |       |  |
| P                                             | 800                  | 0 1                                               |    | ⇅     |    | 1 2   |    | 2 3   |    | 3 4   |    | 5 6   |    | 7 8   |    | 10 11 |    | 14 15 |    | 21 22 |    | 30 31 |     | 44 45 |     | 50 51 |    | 65 66 |    | 80 81 |    | 100 101 |     | 125 126 |     | 150 151 |       |       |  |       |  |       |  |
| Q                                             | 1 250                | 0 1                                               |    | ⇅     |    | 1 2   |    | 2 3   |    | 3 4   |    | 5 6   |    | 7 8   |    | 10 11 |    | 14 15 |    | 21 22 |    | 30 31 |     | 44 45 |     | 50 51 |    | 65 66 |    | 80 81 |    | 100 101 |     | 125 126 |     | 150 151 |       |       |  |       |  |       |  |
| R                                             | 2 000                | ↑                                                 |    | ↑     |    | 1 2   |    | 2 3   |    | 1 4   |    | 5 6   |    | 7 8   |    | 10 11 |    | 14 15 |    | 21 22 |    | 30 31 |     | 44 45 |     | 50 51 |    | 65 66 |    | 80 81 |    | 100 101 |     | 125 126 |     | 150 151 |       |       |  |       |  |       |  |



= Usar el primer plan debajo de la flecha

**= Usar el primer plan arriba de la flecha**

AC = Número de aceptación

**Re** = Número de rechazo

Tabla para la inspección reducida - muestreo único (MIL, STD 105E), tabla II-C

| Letra del código para el tamaño de la muestra | Tamaño de la muestra | Niveles de calidad aceptables (inspección reducida) |    |       |    |       |    |       |    |       |    |      |    |       |    |       |    |       |    |       |    |       |     |       |     |     |    |      |    |       |    |       |     |       |     |       |       |       |  |       |  |       |  |
|-----------------------------------------------|----------------------|-----------------------------------------------------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|-----|-------|-----|-----|----|------|----|-------|----|-------|-----|-------|-----|-------|-------|-------|--|-------|--|-------|--|
|                                               |                      | 0.010                                               |    | 0.015 |    | 0.025 |    | 0.040 |    | 0.065 |    | 0.10 |    | 0.015 |    | 0.025 |    | 0.040 |    | 0.065 |    | 1.0   | 1.5 | 2.5   | 4.0 | 6.5 | 10 | 15   | 25 | 40    | 65 | 100   | 150 | 250   | 400 | 650   | 1 000 |       |  |       |  |       |  |
|                                               |                      | Ac                                                  | Re | Ac    | Re | Ac    | Re | Ac    | Re | Ac    | Re | Ac   | Re | Ac    | Re | Ac    | Re | Ac    | Re | Ac    | Re | Ac    | Re  | Ac    | Re  | Ac  | Re | Ac   | Re | Ac    | Re | Ac    | Re  | Ac    | Re  | Ac    | Re    |       |  |       |  |       |  |
| A                                             | 2                    | ↓                                                   |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓    |    | ↓     |    | ↓     |    | 0 1   |    | ↓     |    | ↓     |     | 1 2   |     | 2 3 |    | 3 4  |    | 5 6   |    | 7 8   |     | 10 11 |     | 14 15 |       | 21 22 |  | 30 31 |  |       |  |
| B                                             | 2                    | ↓                                                   |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓    |    | ↓     |    | ↓     |    | 0 1   |    | ⇅     |    | ↓     |     | 0 2   |     | 1 3 |    | 2 4  |    | 3 5   |    | 5 6   |     | 7 8   |     | 10 11 |       | 14 15 |  | 21 22 |  | 30 31 |  |
| C                                             | 2                    | ↓                                                   |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓    |    | ↓     |    | 0 1   |    | ⇅     |    | ⇅     |    | 0 2   |     | 1 3   |     | 1 4 |    | 2 5  |    | 3 6   |    | 5 8   |     | 7 10  |     | 10 13 |       | 14 17 |  | 21 24 |  |       |  |
| D                                             | 3                    | ↓                                                   |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓    |    | ↓     |    | 0 1   |    | ⇅     |    | ⇅     |    | 0 2   |     | 1 3   |     | 1 4 |    | 2 5  |    | 3 6   |    | 5 8   |     | 7 10  |     | 10 13 |       | 14 17 |  | 21 24 |  |       |  |
| E                                             | 5                    | ↓                                                   |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓    |    | 0 1   |    | ⇅     |    | ⇅     |    | ⇅     |    | 0 2   |     | 1 3   |     | 1 4 |    | 2 5  |    | 3 6   |    | 5 8   |     | 7 10  |     | 10 13 |       | 14 17 |  | 21 24 |  |       |  |
| F                                             | 8                    | ↓                                                   |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓    |    | 0 1   |    | ⇅     |    | ⇅     |    | 0 2   |    | 1 3   |     | 1 4   |     | 2 5 |    | 3 6  |    | 5 8   |    | 7 10  |     | 10 13 |     | ↑     |       | ↑     |  |       |  |       |  |
| G                                             | 13                   | ↓                                                   |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓     |    | 0 1  |    | ⇅     |    | ⇅     |    | ⇅     |    | 0 2   |    | 1 3   |     | 1 4   |     | 2 5 |    | 3 6  |    | 5 8   |    | 7 10  |     | 10 13 |     | ↑     |       | ↑     |  |       |  |       |  |
| H                                             | 20                   | ↓                                                   |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓     |    | 0 1  |    | ⇅     |    | ⇅     |    | ⇅     |    | 0 2   |    | 1 3   |     | 1 4   |     | 2 5 |    | 3 6  |    | 5 8   |    | 7 10  |     | 10 13 |     | ↑     |       | ↑     |  |       |  |       |  |
| J                                             | 32                   | ↓                                                   |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓     |    | 0 1  |    | ⇅     |    | ⇅     |    | ⇅     |    | 0 2   |    | 1 3   |     | 1 4   |     | 2 5 |    | 3 6  |    | 5 8   |    | 7 10  |     | 10 13 |     | ↑     |       | ↑     |  |       |  |       |  |
| K                                             | 50                   | ↓                                                   |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓     |    | ↓     |    | 0 1  |    | ⇅     |    | ⇅     |    | ⇅     |    | 0 2   |    | 1 3   |     | 1 4   |     | 2 5 |    | 3 6  |    | 5 8   |    | 7 10  |     | 10 13 |     | ↑     |       | ↑     |  |       |  |       |  |
| L                                             | 80                   | ↓                                                   |    | ↓     |    | ↓     |    | 0 1   |    | ⇅     |    | ⇅    |    | ⇅     |    | ⇅     |    | 0 2   |    | 1 3   |    | 1 4   |     | 2 5   |     | 3 6 |    | 5 8  |    | 7 10  |    | 10 13 |     | ↑     |     | ↑     |       |       |  |       |  |       |  |
| M                                             | 125                  | ↓                                                   |    | ↓     |    | 0 1   |    | ⇅     |    | ⇅     |    | ⇅    |    | ⇅     |    | 0 2   |    | 1 3   |    | 1 4   |    | 2 5   |     | 3 6   |     | 5 8 |    | 7 10 |    | 10 13 |    | ↑     |     | ↑     |     | ↑     |       |       |  |       |  |       |  |
| N                                             | 200                  | ↓                                                   |    | 0 1   |    | ⇅     |    | ⇅     |    | 0 2   |    | 1 3  |    | 1 4   |    | 2 5   |    | 3 6   |    | 5 8   |    | 7 10  |     | 10 13 |     | ↑   |    | ↑    |    | ↑     |    | ↑     |     | ↑     |     | ↑     |       |       |  |       |  |       |  |
| P                                             | 315                  | 0 1                                                 |    | ⇅     |    | ⇅     |    | 0 2   |    | 1 3   |    | 1 4  |    | 2 5   |    | 3 6   |    | 5 8   |    | 7 10  |    | 10 13 |     | ↑     |     | ↑   |    | ↑    |    | ↑     |    | ↑     |     | ↑     |     | ↑     |       |       |  |       |  |       |  |
| Q                                             | 500                  | 0 1                                                 |    | ⇅     |    | 0 2   |    | 1 3   |    | 1 4   |    | 2 5  |    | 3 6   |    | 5 8   |    | 7 10  |    | 10 13 |    | ↑     |     | ↑     |     | ↑   |    | ↑    |    | ↑     |    | ↑     |     | ↑     |     | ↑     |       |       |  |       |  |       |  |
| R                                             | 800                  | ↑                                                   |    | ↑     |    | 0 2   |    | 1 3   |    | 1 4   |    | 2 5  |    | 3 6   |    | 5 8   |    | 7 10  |    | 10 13 |    | ↑     |     | ↑     |     | ↑   |    | ↑    |    | ↑     |    | ↑     |     | ↑     |     | ↑     |       |       |  |       |  |       |  |

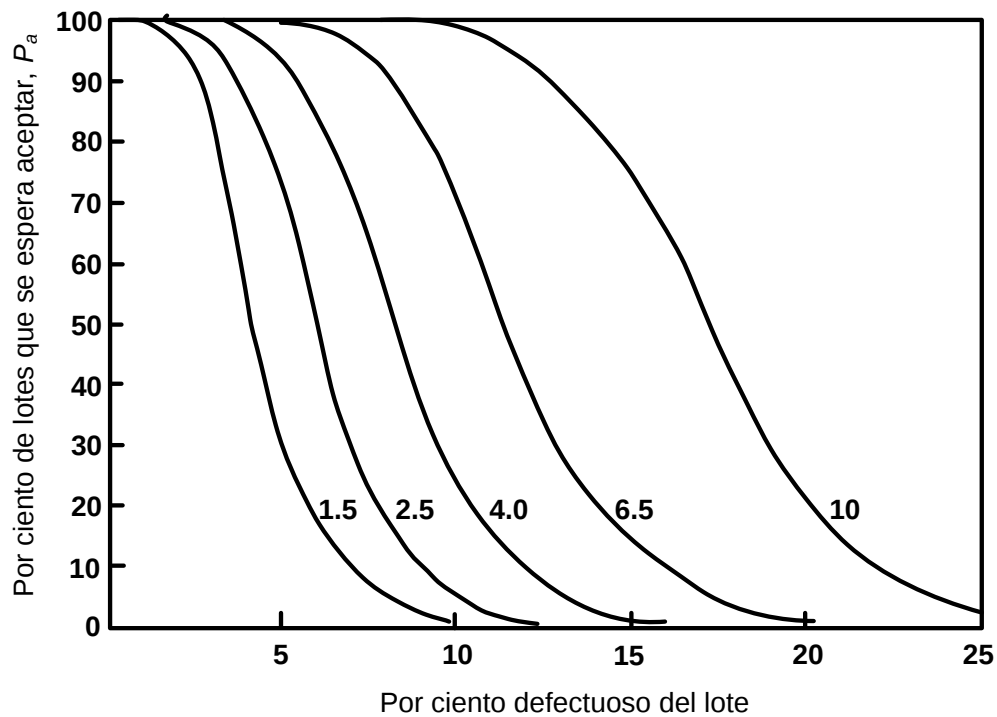
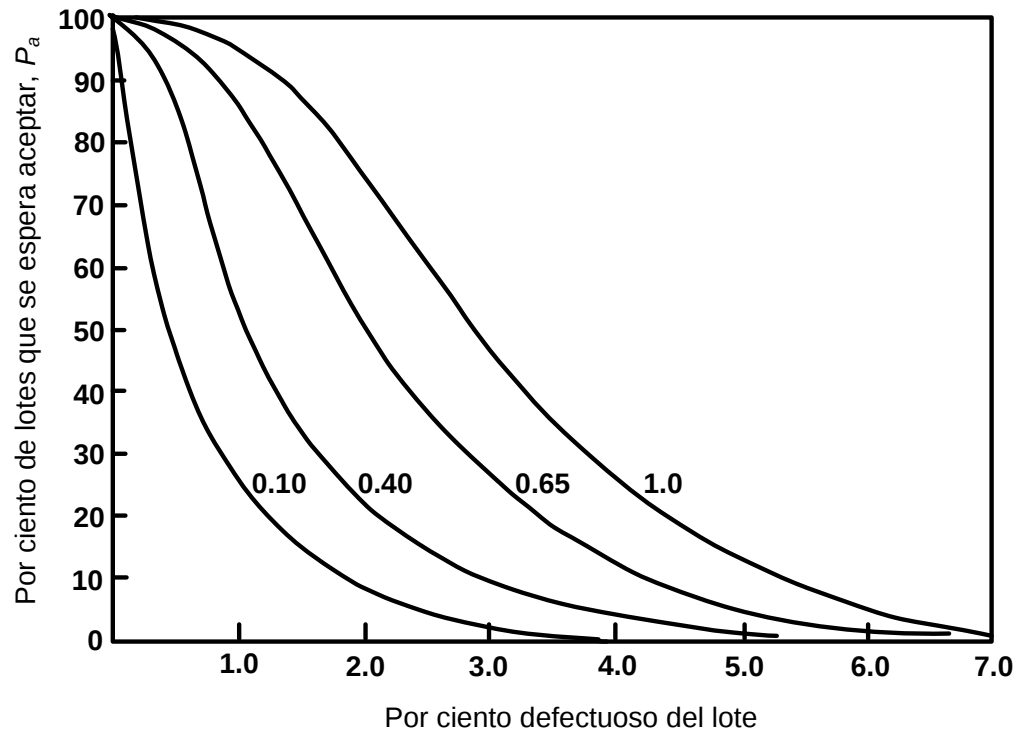
↑ = Usar el primer plan debajo de la flecha. Si el tamaño de la muestra es igual, o excede el tamaño de lote o de la carga, hacer una inspección al 100%

↓ = Usar el primer plan arriba de la flecha

AC = Número de aceptación

Re = Número de rechazo

**Curvas OC de la letra de código para el tamaño de la muestra K, (MIL, STD 105E)**



**Tabla de inspección de Dodge-Romig – planes de muestreo único para AOQL = 3.0%**

Promedio del proceso

|                 | 0 — 0.06% |   |      | 0.07 — 0.60% |   |      | 0.61 — 1.20% |   |      | 01.21— 1.80% |    |      | 1.81 — 2.40% |    |      | 2.41 — 3.00% |    |      |
|-----------------|-----------|---|------|--------------|---|------|--------------|---|------|--------------|----|------|--------------|----|------|--------------|----|------|
|                 | LTPD      |   |      | LTPD         |   |      | LTPD         |   |      | LTPD         |    |      | LTPD         |    |      | LTPD         |    |      |
| Tamaño del lote | n         | c | %    | n            | c | %    | n            | c | %    | n            | c  | %    | n            | c  | %    | n            | c  | %    |
| 1-10            | Todos     | 0 | —    | Todos        | 0 | —    | Todos        | 0 | —    | Todos        | 0  | —    | Todos        | 0  | —    | Todos        | 0  | —    |
| 11-50           | 10        | 0 | 19.0 | 10           | 0 | 19.0 | 10           | 0 | 19.0 | 10           | 0  | 19.0 | 10           | 0  | 19.0 | 10           | 0  | 19.0 |
| 51-100          | 11        | 0 | 18.0 | 11           | 0 | 18.0 | 11           | 0 | 18.0 | 11           | 0  | 18.0 | 11           | 0  | 18.0 | 22           | 1  | 16.4 |
| 101-200         | 12        | 0 | 17.0 | 12           | 0 | 17.0 | 12           | 0 | 17.0 | 25           | 1  | 15.1 | 25           | 1  | 15.1 | 25           | 1  | 15.1 |
| 201-300         | 12        | 0 | 17.0 | 12           | 0 | 17.0 | 26           | 1 | 14.6 | 26           | 1  | 14.6 | 26           | 1  | 14.6 | 40           | 2  | 12.8 |
| 301 -400        | 12        | 0 | 17.1 | 12           | 0 | 17.1 | 26           | 1 | 14.7 | 26           | 1  | 14.7 | 41           | 2  | 12.7 | 41           | 2  | 12.7 |
| 401-500         | 12        | 0 | 17.2 | 27           | 1 | 14.1 | 27           | 1 | 14.1 | 42           | 2  | 12.4 | 42           | 2  | 12.4 | 42           | 2  | 12.4 |
| 501-600         | 12        | 0 | 17.3 | 27           | 1 | 14.2 | 27           | 1 | 14.2 | 42           | 2  | 12.4 | 42           | 2  | 12.4 | 60           | 3  | 10.8 |
| 601-800         | 12        | 0 | 17.3 | 27           | 1 | 14.2 | 27           | 1 | 14.2 | 43           | 2  | 12.1 | 60           | 3  | 10.9 | 60           | 3  | 10.9 |
| 801-1000        | 12        | 0 | 17.4 | 27           | 1 | 14.2 | 44           | 2 | 11.8 | 44           | 2  | 11.8 | 60           | 3  | 11.0 | 80           | 4  | 9.8  |
| 1001-2000       | 12        | 0 | 17.5 | 28           | 1 | 13.8 | 45           | 2 | 11.7 | 65           | 3  | 10.2 | 80           | 4  | 9.8  | 100          | 5  | 9.1  |
| 2001-3000       | 12        | 0 | 17.5 | 28           | 1 | 13.8 | 45           | 2 | 11.7 | 65           | 3  | 10.2 | 100          | 5  | 9.1  | 140          | 7  | 8.2  |
| 3001-4000       | 12        | 0 | 17.5 | 28           | 1 | 13.8 | 65           | 3 | 10.3 | 85           | 4  | 9.5  | 125          | 6  | 8.4  | 165          | 8  | 7.8  |
| 4001-5000       | 28        | 1 | 13.8 | 28           | 1 | 13.8 | 65           | 3 | 10.3 | 85           | 4  | 5.5  | 125          | 6  | 8.4  | 210          | 10 | 7.4  |
| 5001-7000       | 28        | 1 | 13.8 | 45           | 2 | 11.8 | 65           | 3 | 10.3 | 105          | 5  | 8.8  | 145          | 7  | 8.1  | 235          | 11 | 7.1  |
| 7001-10000      | 28        | 1 | 13.9 | 46           | 2 | 11.6 | 65           | 3 | 10.3 | 105          | 5  | 8.8  | 170          | 8  | 7.6  | 280          | 13 | 6.8  |
| 10001-20000     | 28        | 1 | 13.9 | 46           | 2 | 11.7 | 85           | 4 | 9.5  | 125          | 6  | 8.4  | 215          | 10 | 7.2  | 380          | 17 | 6.2  |
| 20001-50000     | 28        | 1 | 13.9 | 65           | 2 | 10.3 | 105          | 5 | 8.8  | 170          | 8  | 7.6  | 310          | 14 | 6.5  | 560          | 24 | 5.7  |
| 50 001-100 000  | 28        | 1 | 13.9 | 65           | 2 | 10.3 | 125          | 6 | 8.4  | 215          | 10 | 7.2  | 385          | 17 | 6.2  | 690          | 29 | 5.4  |

**Tabla de inspección de Dodge-Romig de muestreo único para una tolerancia del porcentaje defectuoso en un lote (LTPD) = 1.0%**

|                 |       | Promedio del proceso |      |               |   |              |       |            |      |              |   |              |       |      |       |      |      |
|-----------------|-------|----------------------|------|---------------|---|--------------|-------|------------|------|--------------|---|--------------|-------|------|-------|------|------|
|                 |       | 0 — 0.01%            |      | 0.011 — 0.10% |   | 0.11 — 0.20% |       | 0.21— .30% |      | 0.31 — 0.40% |   | 0.41 — 0.50% |       |      |       |      |      |
| tamaño del lote |       | AOQL                 |      | AOQL          |   | AOQL         |       | AOQL       |      | AOQL         |   | AOQL         |       | AOQL |       |      |      |
| 1-120           | Todos | 0                    | 0    | Todos         | 0 | 0            | 0     | Todos      | 0    | 0            | 0 | Todos        | 0     | 0    | Todos | 0    |      |
| 121-150         | 120   | 0                    | 0.06 | 120           | 0 | 0.06         | 120   | 0          | 0.06 | 120          | 0 | 0.06         | 120   | 0    | 0.06  | 120  | 0.06 |
| 151-200         | 140   | 0                    | 0.08 | 140           | 0 | 0.08         | 140   | 0          | 0.08 | 140          | 0 | 0.08         | 140   | 0    | 0.08  | 140  | 0.08 |
| 201-300         | 165   | 0                    | 0.1  | 165           | 0 | 0.1          | 165   | 0          | 0.1  | 165          | 0 | 0.1          | 165   | 0    | 0.1   | 165  | 0.10 |
| 301-400         | 175   | 0                    | 0.12 | 175           | 0 | 0.12         | 175   | 0          | 0.12 | 175          | 0 | 0.12         | 175   | 0    | 0.12  | 175  | 0.12 |
| 401-500         | 180   | 0                    | 0.13 | 180           | 0 | 0.13         | 180   | 0          | 0.13 | 180          | 0 | 0.13         | 180   | 0    | 0.13  | 180  | 0.13 |
| 501-600         | 190   | 0                    | 0.13 | 190           | 0 | 0.13         | 190   | 0          | 0.13 | 190          | 0 | 0.13         | 190   | 0    | 0.13  | 305  | 0.14 |
| 601-800         | 200   | 0                    | 0.14 | 200           | 0 | 0.14         | 200   | 0          | 0.14 | 330          | 1 | 0.15         | 330   | 1    | 0.15  | 330  | 0.15 |
| 801-1000        | 205   | 0                    | 0.14 | 205           | 0 | 0.14         | 205   | 0          | 0.14 | 335          | 1 | 0.17         | 335   | 1    | 0.17  | 335  | 0.17 |
| 1001-2000       | 220   | 0                    | 0.15 | 220           | 0 | 0.15         | 360   | 1          | 0.19 | 490          | 2 | 0.21         | 490   | 2    | 0.21  | 610  | 0.22 |
| 2001-3000       | 220   | 0                    | 0.15 | 375           | 1 | 0.2          | 505   | 2          | 0.23 | 630          | 3 | 0.24         | 745   | 4    | 0.26  | 870  | 0.26 |
| 3001-4000       | 225   | 0                    | 0.15 | 380           | 1 | 0.2          | 510   | 2          | 0.23 | 645          | 3 | 0.25         | 880   | 5    | 0.28  | 1000 | 0.29 |
| 4001-5000       | 225   | 0                    | 0.16 | 380           | 1 | 0.2          | 520   | 2          | 0.24 | 770          | 4 | 0.28         | 895   | 5    | 0.29  | 1120 | 0.31 |
| 5001-7000       | 230   | 0                    | 0.16 | 385           | 1 | 0.21         | 655   | 3          | 0.27 | 780          | 4 | 0.29         | 1020  | 6    | 0.32  | 1260 | 0.34 |
| 7001-10000      | 230   | 0                    | 0.16 | 520           | 2 | 0.25         | 660   | 3          | 0.28 | 910          | 5 | 0.32         | 1 150 | 7    | 0.34  | 1500 | 0.37 |
| 10001-20000     | 390   | 1                    | 0.21 | 525           | 2 | 0.26         | 785   | 4          | 0.31 | 1 040        | 6 | 0.35         | 1 400 | 9    | 0.39  | 1980 | 0.43 |
| 20001-50000     | 390   | 1                    | 0.21 | 530           | 2 | 0.26         | 920   | 5          | 0.34 | 1 300        | g | 0.39         | 1 890 | 13   | 0.44  | 2570 | 0.48 |
| 50001-100000    | 390   | 1                    | 0.21 | 670           | 3 | 0.29         | 1 040 | 6          | 0.36 | 1 420        | 9 | 0.41         | 2 120 | 15   | 0.47  | 3150 | 0.50 |

**Tabla de los factores para construir cartas de control para variables**

| Tabla de los factores para construir cartas de control para variables |                                         |       |       |                                   |        |                                         |       |       |       |                                   |        |       |                                         |       |       |       |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------|-------|-----------------------------------|--------|-----------------------------------------|-------|-------|-------|-----------------------------------|--------|-------|-----------------------------------------|-------|-------|-------|
| Observaciones<br>en la muestra                                        | Carta de promedios                      |       |       |                                   |        | Carta para desviaciones estándar        |       |       |       |                                   |        |       | Carta para rangos                       |       |       |       |
|                                                                       | Factores para los límites<br>de control |       |       | Factores para la línea<br>central |        | Factores para los límites<br>de control |       |       |       | Factores para la línea<br>central |        |       | Factores para los límites<br>de control |       |       |       |
|                                                                       | A                                       | A2    | A3    | C4                                | 1/C4   | B3                                      | B4    | B5    | B6    | d2                                | 1/d2   | d3    | D1                                      | D2    | D3    | D4    |
| n                                                                     |                                         |       |       |                                   |        |                                         |       |       |       |                                   |        |       |                                         |       |       |       |
| 2                                                                     | 2.121                                   | 1.880 | 2.659 | 0.7979                            | 1.2533 | 0.000                                   | 3.267 | 0.000 | 2.606 | 1.128                             | 0.8865 | 0.853 | 0.000                                   | 3.686 | 0.000 | 3.267 |
| 3                                                                     | 1.732                                   | 1.023 | 1.954 | 0.8862                            | 1.1284 | 0.000                                   | 2.568 | 0.000 | 2.276 | 1.693                             | 0.5907 | 0.888 | 0.000                                   | 4.358 | 0.000 | 2.575 |
| 4                                                                     | 1.500                                   | 0.729 | 1.628 | 0.9213                            | 1.0854 | 0.000                                   | 2.266 | 0.000 | 2.088 | 2.059                             | 0.4857 | 0.880 | 0.000                                   | 4.698 | 0.000 | 2.282 |
| 5                                                                     | 1.342                                   | 0.577 | 1.427 | 0.9400                            | 1.0638 | 0.000                                   | 2.089 | 0.000 | 1.964 | 2.326                             | 0.4299 | 0.864 | 0.000                                   | 4.918 | 0.000 | 2.115 |
| 6                                                                     | 1.225                                   | 0.483 | 1.287 | 0.9515                            | 1.0510 | 0.030                                   | 1.970 | 0.029 | 1.874 | 2.534                             | 0.3946 | 0.848 | 0.000                                   | 5.078 | 0.000 | 2.004 |
| 7                                                                     | 1.134                                   | 0.419 | 1.182 | 0.9594                            | 1.0423 | 0.118                                   | 1.882 | 0.113 | 1.806 | 2.704                             | 0.3698 | 0.833 | 0.204                                   | 5.204 | 0.076 | 1.924 |
| 8                                                                     | 1.061                                   | 0.373 | 1.099 | 0.9650                            | 1.0363 | 0.185                                   | 1.815 | 0.179 | 1.751 | 2.847                             | 0.3512 | 0.820 | 0.388                                   | 5.306 | 0.136 | 1.864 |
| 9                                                                     | 1.000                                   | 0.337 | 1.032 | 0.9693                            | 1.0317 | 0.239                                   | 1.761 | 0.232 | 1.707 | 2.970                             | 0.3367 | 0.808 | 0.547                                   | 5.393 | 0.184 | 1.816 |
| 10                                                                    | 0.949                                   | 0.308 | 0.975 | 0.9727                            | 1.0281 | 0.284                                   | 1.716 | 0.276 | 1.669 | 3.078                             | 0.3249 | 0.797 | 0.687                                   | 5.469 | 0.223 | 1.777 |
| 11                                                                    | 0.905                                   | 0.285 | 0.927 | 0.9754                            | 1.0252 | 0.321                                   | 1.679 | 0.313 | 1.637 | 3.173                             | 0.3152 | 0.787 | 0.811                                   | 5.535 | 0.256 | 1.744 |
| 12                                                                    | 0.866                                   | 0.266 | 0.886 | 0.9776                            | 1.0229 | 0.354                                   | 1.646 | 0.346 | 1.610 | 3.258                             | 0.3069 | 0.778 | 0.922                                   | 5.594 | 0.283 | 1.717 |
| 13                                                                    | 0.832                                   | 0.249 | 0.850 | 0.9794                            | 1.0210 | 0.382                                   | 1.618 | 0.374 | 1.585 | 3.336                             | 0.2998 | 0.770 | 1.025                                   | 5.647 | 0.307 | 1.693 |
| 14                                                                    | 0.802                                   | 0.235 | 0.817 | 0.9810                            | 1.0194 | 0.406                                   | 1.594 | 0.399 | 1.563 | 3.407                             | 0.2935 | 0.763 | 1.118                                   | 5.696 | 0.328 | 1.672 |
| 15                                                                    | 0.775                                   | 0.223 | 0.789 | 0.9823                            | 1.0180 | 0.428                                   | 1.572 | 0.421 | 1.544 | 3.472                             | 0.2880 | 0.756 | 1.203                                   | 5.741 | 0.347 | 1.653 |
| 16                                                                    | 0.750                                   | 0.213 | 0.763 | 0.9835                            | 1.0168 | 0.448                                   | 1.552 | 0.440 | 1.526 | 3.532                             | 0.2831 | 0.750 | 1.282                                   | 5.782 | 0.363 | 1.637 |
| 17                                                                    | 0.728                                   | 0.203 | 0.739 | 0.9845                            | 1.0157 | 0.466                                   | 1.534 | 0.458 | 1.511 | 3.588                             | 0.2787 | 0.744 | 1.356                                   | 5.820 | 0.378 | 1.622 |
| 18                                                                    | 0.707                                   | 0.194 | 0.718 | 0.9854                            | 1.0148 | 0.482                                   | 1.518 | 0.475 | 1.496 | 3.640                             | 0.2747 | 0.739 | 1.424                                   | 5.856 | 0.391 | 1.628 |
| 19                                                                    | 0.688                                   | 0.187 | 0.698 | 0.9862                            | 1.0140 | 0.497                                   | 1.503 | 0.490 | 1.483 | 3.689                             | 0.2711 | 0.734 | 1.487                                   | 5.891 | 0.403 | 1.597 |
| 20                                                                    | 0.671                                   | 0.180 | 0.680 | 0.9869                            | 1.0133 | 0.510                                   | 1.490 | 0.504 | 1.470 | 3.735                             | 0.2677 | 0.729 | 1.549                                   | 5.921 | 0.415 | 1.585 |
| 21                                                                    | 0.655                                   | 0.173 | 0.663 | 0.9876                            | 1.0126 | 0.523                                   | 1.477 | 0.516 | 1.459 | 3.778                             | 0.2647 | 0.724 | 1.605                                   | 5.951 | 0.425 | 1.575 |
| 22                                                                    | 0.640                                   | 0.167 | 0.647 | 0.9882                            | 1.0119 | 0.534                                   | 1.466 | 0.528 | 1.448 | 3.819                             | 0.2618 | 0.720 | 1.659                                   | 5.979 | 0.434 | 1.566 |
| 23                                                                    | 0.626                                   | 0.162 | 0.633 | 0.9887                            | 1.0114 | 0.545                                   | 1.455 | 0.539 | 1.438 | 3.858                             | 0.2592 | 0.716 | 1.710                                   | 6.006 | 0.443 | 1.557 |
| 24                                                                    | 0.612                                   | 0.157 | 0.619 | 0.9892                            | 1.0109 | 0.555                                   | 1.445 | 0.549 | 1.429 | 3.895                             | 0.2567 | 0.712 | 1.759                                   | 6.031 | 0.451 | 1.548 |
| 25                                                                    | 0.600                                   | 0.153 | 0.606 | 0.9896                            | 1.0105 | 0.565                                   | 1.435 | 0.559 | 1.420 | 3.931                             | 0.2544 | 0.708 | 1.806                                   | 6.056 | 0.459 | 1.541 |

para n&gt;25

$$A = \frac{3}{\sqrt{n}}$$

$$A_3 = \frac{3}{c_4 \sqrt{n}}$$

$$c_4 = \frac{4(n-1)}{4n-3}$$

$$B_3 = 1 - \frac{3}{c_4 \sqrt{2(n-1)}}$$

$$B_4 = 1 - \frac{3}{c_4 \sqrt{2(n-1)}}$$

$$B_5 = c_4 - \frac{3}{\sqrt{2(n-1)}}$$

$$B_6 = c_4 + \frac{3}{\sqrt{2(n-1)}}$$

**Tabla de valores de la función de distribución de U  $P(U < U_0)$ ;  $U_0$  es el argumento;  
 $n_1 < n_2$ ;  $3 < n_2 < 10$ .**

| $n_2 = 3$ |       |      |      |
|-----------|-------|------|------|
| $U_0$     | $n_1$ |      |      |
|           | 1     | 2    | 3    |
| 0         | 0.25  | 0.10 | 0.05 |
| 1         | 0.50  | 0.20 | 0.10 |
| 2         |       | 0.40 | 0.20 |
| 3         |       | 0.60 | 0.35 |
| 4         |       |      | 0.50 |

| $n_2 = 4$ |        |        |        |        |
|-----------|--------|--------|--------|--------|
| $U_0$     | $n_1$  |        |        |        |
|           | 1      | 2      | 3      | 4      |
| 0         | 0.2000 | 0.0667 | 0.0286 | 0.0143 |
| 1         | 0.4000 | 0.1333 | 0.0571 | 0.0286 |
| 2         | 0.6000 | 0.2667 | 0.1143 | 0.0571 |
| 3         |        | 0.4000 | 0.2000 | 0.1000 |
| 4         |        | 0.6000 | 0.3143 | 0.1714 |
| 5         |        |        | 0.4286 | 0.2429 |
| 6         |        |        | 0.5714 | 0.3429 |
| 7         |        |        |        | 0.4429 |
| 8         |        |        |        | 0.5571 |

| $n_2 = 5$ |        |        |        |        |        |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $U_0$     | $n_1$  |        |        |        |        |
|           | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      |
| 0         | 0.1667 | 0.0476 | 0.0179 | 0.0079 | 0.0040 |
| 1         | 0.3333 | 0.0952 | 0.0357 | 0.0159 | 0.0079 |
| 2         | 0.5000 | 0.1905 | 0.0714 | 0.0317 | 0.0159 |
| 3         |        | 0.2857 | 0.1250 | 0.0556 | 0.0278 |
| 4         |        | 0.4286 | 0.1964 | 0.0952 | 0.0476 |
| 5         |        | 0.5714 | 0.2857 | 0.1429 | 0.0754 |
| 6         |        |        | 0.3929 | 0.2063 | 0.1111 |
| 7         |        |        | 0.5000 | 0.2778 | 0.1548 |
| 8         |        |        |        | 0.3651 | 0.2103 |
| 9         |        |        |        | 0.4524 | 0.2738 |
| 10        |        |        |        | 0.5476 | 0.3452 |
| 11        |        |        |        |        | 0.4206 |
| 12        |        |        |        |        | 0.5000 |

**Tabla de valores de la función de distribución de U  $P(U < U_0)$ ;  $U_0$  es el argumento;  $n_1 < n_2$ ;  $3 < n_2 < 10$ . Continuación 1**

| $n_2 = 6$ |        |        |        |        |        |        |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $U_0$     | $n_1$  |        |        |        |        |        |
|           | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      |
| 0         | 0.1429 | 0.0357 | 0.0119 | 0.0048 | 0.0022 | 0.0011 |
| 1         | 0.2857 | 0.0714 | 0.0238 | 0.0095 | 0.0043 | 0.0022 |
| 2         | 0.4286 | 0.1429 | 0.0476 | 0.0190 | 0.0087 | 0.0043 |
| 3         | 0.5714 | 0.2143 | 0.0833 | 0.0333 | 0.0152 | 0.0076 |
| 4         |        | 0.3214 | 0.1310 | 0.0571 | 0.0260 | 0.0130 |
| 5         |        | 0.4286 | 0.1905 | 0.0857 | 0.0411 | 0.0206 |
| 6         |        | 0.5714 | 0.2738 | 0.1286 | 0.0628 | 0.0325 |
| 7         |        |        | 0.3571 | 0.1762 | 0.0887 | 0.0465 |
| 8         |        |        | 0.4524 | 0.2381 | 0.1234 | 0.0660 |
| 9         |        |        | 0.5476 | 0.3048 | 0.1645 | 0.0898 |
| 10        |        |        |        | 0.3810 | 0.2143 | 0.1201 |
| 11        |        |        |        | 0.4571 | 0.2684 | 0.1548 |
| 12        |        |        |        | 0.5429 | 0.3312 | 0.1970 |
| 13        |        |        |        |        | 0.3961 | 0.2424 |
| 14        |        |        |        |        | 0.4654 | 0.2944 |
| 15        |        |        |        |        | 0.5346 | 0.3496 |
| 16        |        |        |        |        |        | 0.4091 |
| 17        |        |        |        |        |        | 0.4686 |
| 18        |        |        |        |        |        | 0.5314 |

**Tabla de valores de la función de distribución de U P ( $U < U_0$ );  $U_0$  es el argumento;  $n_1 < n_2$ ;  $3 < n_2 < 10$ . Continuación 2**

| $n_2 = 7$ |        |        |        |        |        |        |        |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $U_0$     | $n_1$  |        |        |        |        |        |        |
|           | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      |
| 0         | 0.1250 | 0.0278 | 0.0083 | 0.0030 | 0.0013 | 0.0006 | 0.0003 |
| 1         | 0.2500 | 0.0556 | 0.0167 | 0.0061 | 0.0025 | 0.0012 | 0.0006 |
| 2         | 0.3750 | 0.1111 | 0.0333 | 0.0121 | 0.0051 | 0.0023 | 0.0012 |
| 3         | 0.5000 | 0.1667 | 0.0583 | 0.0212 | 0.0088 | 0.0041 | 0.0020 |
| 4         |        | 0.2500 | 0.0917 | 0.0364 | 0.0152 | 0.0070 | 0.0035 |
| 5         |        | 0.3333 | 0.1333 | 0.0545 | 0.0240 | 0.0111 | 0.0055 |
| 6         |        | 0.4444 | 0.1917 | 0.0818 | 0.0366 | 0.0175 | 0.0087 |
| 7         |        | 0.5556 | 0.2583 | 0.1152 | 0.0530 | 0.0256 | 0.0131 |
| 8         |        |        | 0.3333 | 0.1576 | 0.0745 | 0.0367 | 0.0189 |
| 9         |        |        | 0.4167 | 0.2061 | 0.1010 | 0.0507 | 0.0265 |
| 10        |        |        | 0.5000 | 0.2636 | 0.1338 | 0.0688 | 0.0364 |
| 11        |        |        |        | 0.3242 | 0.1717 | 0.0903 | 0.0487 |
| 12        |        |        |        | 0.3939 | 0.2159 | 0.1171 | 0.0641 |
| 13        |        |        |        | 0.4636 | 0.2652 | 0.1474 | 0.0825 |
| 14        |        |        |        | 0.5364 | 0.3194 | 0.1830 | 0.1043 |
| 15        |        |        |        |        | 0.3775 | 0.2226 | 0.1297 |
| 16        |        |        |        |        | 0.4381 | 0.2669 | 0.1588 |
| 17        |        |        |        |        | 0.5000 | 0.3141 | 0.1914 |
| 18        |        |        |        |        |        | 0.3654 | 0.2279 |
| 19        |        |        |        |        |        | 0.4178 | 0.2675 |
| 20        |        |        |        |        |        | 0.4726 | 0.3100 |
| 21        |        |        |        |        |        | 0.5274 | 0.3552 |
| 22        |        |        |        |        |        |        | 0.4024 |
| 23        |        |        |        |        |        |        | 0.4508 |
| 24        |        |        |        |        |        |        | 0.5000 |

**Tabla de valores de la función de distribución de U  $P(U < U_0)$ ;  $U_0$  es el argumento;  $n_1 < n_2$ ;  $3 < n_2 < 10$ . Continuación 3** $n_2 = 8$ 

| $U_0$ | $n_1$  |        |        |        |        |        |        |        |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|       | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      |
| 0     | 0.1111 | 0.0222 | 0.0061 | 0.0020 | 0.0008 | 0.0003 | 0.0002 | 0.0001 |
| 1     | 0.2222 | 0.0444 | 0.0121 | 0.0040 | 0.0016 | 0.0007 | 0.0003 | 0.0002 |
| 2     | 0.3333 | 0.0889 | 0.0242 | 0.0081 | 0.0031 | 0.0013 | 0.0006 | 0.0003 |
| 3     | 0.4444 | 0.1333 | 0.0424 | 0.0141 | 0.0054 | 0.0023 | 0.0011 | 0.0005 |
| 4     | 0.5556 | 0.2000 | 0.0667 | 0.0242 | 0.0093 | 0.0040 | 0.0019 | 0.0009 |
| 5     |        | 0.2667 | 0.0970 | 0.0364 | 0.0148 | 0.0063 | 0.0030 | 0.0015 |
| 6     |        | 0.3556 | 0.1394 | 0.0545 | 0.0225 | 0.0100 | 0.0047 | 0.0023 |
| 7     |        | 0.4444 | 0.1879 | 0.0768 | 0.0326 | 0.0147 | 0.0070 | 0.0035 |
| 8     |        | 0.5556 | 0.2485 | 0.1071 | 0.0466 | 0.0213 | 0.0103 | 0.0052 |
| 9     |        |        | 0.3152 | 0.1414 | 0.0637 | 0.0296 | 0.0145 | 0.0074 |
| 10    |        |        | 0.3879 | 0.1838 | 0.0855 | 0.0406 | 0.0200 | 0.0103 |
| 11    |        |        | 0.4606 | 0.2303 | 0.1111 | 0.0539 | 0.0270 | 0.0141 |
| 12    |        |        | 0.5394 | 0.2848 | 0.1422 | 0.0709 | 0.0361 | 0.0190 |
| 13    |        |        |        | 0.3414 | 0.1772 | 0.0906 | 0.0469 | 0.0249 |
| 14    |        |        |        | 0.4040 | 0.2176 | 0.1142 | 0.0603 | 0.0325 |
| 15    |        |        |        | 0.4667 | 0.2618 | 0.1412 | 0.0760 | 0.0415 |
| 16    |        |        |        | 0.5333 | 0.3108 | 0.1725 | 0.0946 | 0.0524 |
| 17    |        |        |        |        | 0.3621 | 0.2068 | 0.1159 | 0.0652 |
| 18    |        |        |        |        | 0.4165 | 0.2454 | 0.1405 | 0.0803 |
| 19    |        |        |        |        | 0.4716 | 0.2864 | 0.1678 | 0.0974 |
| 20    |        |        |        |        | 0.5284 | 0.3310 | 0.1984 | 0.1172 |
| 21    |        |        |        |        |        | 0.3773 | 0.2317 | 0.1393 |
| 22    |        |        |        |        |        | 0.4259 | 0.2679 | 0.1641 |
| 23    |        |        |        |        |        | 0.4749 | 0.3063 | 0.1911 |
| 24    |        |        |        |        |        | 0.5251 | 0.3472 | 0.2209 |
| 25    |        |        |        |        |        |        | 0.3894 | 0.2527 |
| 26    |        |        |        |        |        |        | 0.4333 | 0.2869 |
| 27    |        |        |        |        |        |        | 0.4775 | 0.3227 |
| 28    |        |        |        |        |        |        | 0.5225 | 0.3605 |
| 29    |        |        |        |        |        |        |        | 0.3992 |
| 30    |        |        |        |        |        |        |        | 0.4392 |
| 31    |        |        |        |        |        |        |        | 0.4796 |
| 32    |        |        |        |        |        |        |        | 0.5204 |

**Tabla de valores de la función de distribución de  $U P(U < U_0)$ ;  $U_0$  es el argumento;  $n_1 < n_2$ ;  $3 < n_2 < 10$ . Continuación 4**

| $n_2 = 9$ |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $U_0$     | $n_1$  |        |        |        |        |        |        |        |        |
|           | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      |
| 0         | 0.1000 | 0.0182 | 0.0045 | 0.0014 | 0.0005 | 0.0002 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0000 |
| 1         | 0.2000 | 0.0364 | 0.0091 | 0.0028 | 0.0010 | 0.0004 | 0.0002 | 0.0001 | 0.0000 |
| 2         | 0.3000 | 0.0727 | 0.0182 | 0.0056 | 0.0020 | 0.0008 | 0.0003 | 0.0002 | 0.0001 |
| 3         | 0.4000 | 0.1091 | 0.0318 | 0.0098 | 0.0035 | 0.0014 | 0.0006 | 0.0003 | 0.0001 |
| 4         | 0.5000 | 0.1636 | 0.0500 | 0.0168 | 0.0060 | 0.0024 | 0.0010 | 0.0005 | 0.0002 |
| 5         |        | 0.2182 | 0.0727 | 0.0252 | 0.0095 | 0.0038 | 0.0017 | 0.0008 | 0.0004 |
| 6         |        | 0.2909 | 0.1045 | 0.0378 | 0.0145 | 0.0060 | 0.0026 | 0.0012 | 0.0006 |
| 7         |        | 0.3636 | 0.1409 | 0.0531 | 0.0210 | 0.0088 | 0.0039 | 0.0019 | 0.0009 |
| 8         |        | 0.4545 | 0.1864 | 0.0741 | 0.0300 | 0.0128 | 0.0058 | 0.0028 | 0.0014 |
| 9         |        | 0.5455 | 0.2409 | 0.0993 | 0.0415 | 0.0180 | 0.0082 | 0.0039 | 0.0020 |
| 10        |        |        | 0.3000 | 0.1301 | 0.0559 | 0.0248 | 0.0115 | 0.0056 | 0.0028 |
| 11        |        |        | 0.3636 | 0.1650 | 0.0734 | 0.0332 | 0.0156 | 0.0076 | 0.0039 |
| 12        |        |        | 0.4318 | 0.2070 | 0.0949 | 0.0440 | 0.0209 | 0.0103 | 0.0053 |
| 13        |        |        | 0.5000 | 0.2517 | 0.1199 | 0.0567 | 0.0274 | 0.0137 | 0.0071 |
| 14        |        |        |        | 0.3021 | 0.1489 | 0.0723 | 0.0356 | 0.0180 | 0.0094 |
| 15        |        |        |        | 0.3552 | 0.1818 | 0.0905 | 0.0454 | 0.0232 | 0.0122 |
| 16        |        |        |        | 0.4126 | 0.2188 | 0.1119 | 0.0571 | 0.0296 | 0.0157 |
| 17        |        |        |        | 0.4699 | 0.2592 | 0.1361 | 0.0708 | 0.0372 | 0.0200 |
| 18        |        |        |        | 0.5301 | 0.3032 | 0.1638 | 0.0869 | 0.0464 | 0.0252 |
| 19        |        |        |        |        | 0.3497 | 0.1942 | 0.1052 | 0.0570 | 0.0313 |
| 20        |        |        |        |        | 0.3986 | 0.2280 | 0.1261 | 0.0694 | 0.0385 |
| 21        |        |        |        |        | 0.4491 | 0.2643 | 0.1496 | 0.0836 | 0.0470 |
| 22        |        |        |        |        | 0.5000 | 0.3035 | 0.1755 | 0.0998 | 0.0567 |
| 23        |        |        |        |        |        | 0.3445 | 0.2039 | 0.1179 | 0.0680 |
| 24        |        |        |        |        |        | 0.3878 | 0.2349 | 0.1383 | 0.0807 |
| 25        |        |        |        |        |        | 0.4320 | 0.2680 | 0.1606 | 0.0951 |
| 26        |        |        |        |        |        | 0.4773 | 0.3032 | 0.1852 | 0.1112 |
| 27        |        |        |        |        |        | 0.5227 | 0.3403 | 0.2117 | 0.1290 |
| 28        |        |        |        |        |        |        | 0.3788 | 0.2404 | 0.1487 |
| 29        |        |        |        |        |        |        | 0.4185 | 0.2707 | 0.1701 |
| 30        |        |        |        |        |        |        | 0.4591 | 0.3029 | 0.1933 |
| 31        |        |        |        |        |        |        | 0.5000 | 0.3365 | 0.2181 |
| 32        |        |        |        |        |        |        |        | 0.3715 | 0.2447 |
| 33        |        |        |        |        |        |        |        | 0.4074 | 0.2729 |
| 34        |        |        |        |        |        |        |        | 0.4442 | 0.3024 |
| 35        |        |        |        |        |        |        |        | 0.4813 | 0.3332 |
| 36        |        |        |        |        |        |        |        | 0.5187 | 0.3652 |
| 37        |        |        |        |        |        |        |        |        | 0.3981 |
| 38        |        |        |        |        |        |        |        |        | 0.4317 |
| 39        |        |        |        |        |        |        |        |        | 0.4657 |
| 40        |        |        |        |        |        |        |        |        | 0.5000 |

**Tabla de valores de la función de distribución de U P ( $U < U_0$ );  $U_0$  es el argumento;  $n_1 < n_2$ ;  $3 < n_2 < 10$ . Continuación 5** $n_2 = 10$ 

| $U_0$ | $n_1$  |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|       | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     |
| 0     | 0.0909 | 0.0152 | 0.0035 | 0.0010 | 0.0003 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 1     | 0.1818 | 0.0303 | 0.0070 | 0.0020 | 0.0007 | 0.0002 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 2     | 0.2727 | 0.0606 | 0.0140 | 0.0040 | 0.0013 | 0.0005 | 0.0002 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0000 |
| 3     | 0.3636 | 0.0909 | 0.0245 | 0.0070 | 0.0023 | 0.0009 | 0.0004 | 0.0002 | 0.0001 | 0.0000 |
| 4     | 0.4545 | 0.1364 | 0.0385 | 0.0120 | 0.0040 | 0.0015 | 0.0006 | 0.0003 | 0.0001 | 0.0001 |
| 5     | 0.5455 | 0.1818 | 0.0559 | 0.0180 | 0.0063 | 0.0024 | 0.0010 | 0.0004 | 0.0002 | 0.0001 |
| 6     |        | 0.2424 | 0.0804 | 0.0270 | 0.0097 | 0.0037 | 0.0015 | 0.0007 | 0.0003 | 0.0002 |
| 7     |        | 0.3030 | 0.1084 | 0.0380 | 0.0140 | 0.0055 | 0.0023 | 0.0010 | 0.0005 | 0.0002 |
| 8     |        | 0.3788 | 0.1434 | 0.0529 | 0.0200 | 0.0080 | 0.0034 | 0.0015 | 0.0007 | 0.0004 |
| 9     |        | 0.4545 | 0.1853 | 0.0709 | 0.0276 | 0.0112 | 0.0048 | 0.0022 | 0.0011 | 0.0005 |
| 10    |        | 0.5455 | 0.2343 | 0.0939 | 0.0376 | 0.0156 | 0.0068 | 0.0031 | 0.0015 | 0.0008 |
| 11    |        |        | 0.2867 | 0.1199 | 0.0496 | 0.0210 | 0.0093 | 0.0043 | 0.0021 | 0.0010 |
| 12    |        |        | 0.3462 | 0.1518 | 0.0646 | 0.0280 | 0.0125 | 0.0058 | 0.0028 | 0.0014 |
| 13    |        |        | 0.4056 | 0.1868 | 0.0823 | 0.0363 | 0.0165 | 0.0078 | 0.0038 | 0.0019 |
| 14    |        |        | 0.4685 | 0.2268 | 0.1032 | 0.0467 | 0.0215 | 0.0103 | 0.0051 | 0.0026 |
| 15    |        |        | 0.5315 | 0.2697 | 0.1272 | 0.0589 | 0.0277 | 0.0133 | 0.0066 | 0.0034 |
| 16    |        |        |        | 0.3177 | 0.1548 | 0.0736 | 0.0351 | 0.0171 | 0.0086 | 0.0045 |
| 17    |        |        |        | 0.3666 | 0.1855 | 0.0903 | 0.0439 | 0.0217 | 0.0110 | 0.0057 |
| 18    |        |        |        | 0.4196 | 0.2198 | 0.1099 | 0.0544 | 0.0273 | 0.0140 | 0.0073 |
| 19    |        |        |        | 0.4725 | 0.2567 | 0.1317 | 0.0665 | 0.0338 | 0.0175 | 0.0093 |
| 20    |        |        |        | 0.5275 | 0.2970 | 0.1566 | 0.0806 | 0.0416 | 0.0217 | 0.0116 |
| 21    |        |        |        |        | 0.3393 | 0.1838 | 0.0966 | 0.0506 | 0.0267 | 0.0144 |
| 22    |        |        |        |        | 0.3839 | 0.2139 | 0.1148 | 0.0610 | 0.0326 | 0.0177 |
| 23    |        |        |        |        | 0.4296 | 0.2461 | 0.1349 | 0.0729 | 0.0394 | 0.0216 |
| 24    |        |        |        |        | 0.4765 | 0.2811 | 0.1574 | 0.0864 | 0.0474 | 0.0262 |
| 25    |        |        |        |        | 0.5235 | 0.3177 | 0.1819 | 0.1015 | 0.0564 | 0.0315 |
| 26    |        |        |        |        |        | 0.3564 | 0.2087 | 0.1185 | 0.0667 | 0.0376 |
| 27    |        |        |        |        |        | 0.3962 | 0.2374 | 0.1371 | 0.0782 | 0.0446 |
| 28    |        |        |        |        |        | 0.4374 | 0.2681 | 0.1577 | 0.0912 | 0.0526 |
| 29    |        |        |        |        |        | 0.4789 | 0.3004 | 0.1800 | 0.1055 | 0.0615 |
| 30    |        |        |        |        |        | 0.5211 | 0.3345 | 0.2041 | 0.1214 | 0.0716 |
| 31    |        |        |        |        |        |        | 0.3698 | 0.2299 | 0.1388 | 0.0827 |
| 32    |        |        |        |        |        |        | 0.4063 | 0.2574 | 0.1577 | 0.0952 |
| 33    |        |        |        |        |        |        | 0.4434 | 0.2863 | 0.1781 | 0.1088 |
| 34    |        |        |        |        |        |        | 0.4811 | 0.3167 | 0.2001 | 0.1237 |
| 35    |        |        |        |        |        |        | 0.5189 | 0.3482 | 0.2235 | 0.1399 |
| 36    |        |        |        |        |        |        |        | 0.3809 | 0.2483 | 0.1575 |
| 37    |        |        |        |        |        |        |        | 0.4143 | 0.2745 | 0.1763 |
| 38    |        |        |        |        |        |        |        | 0.4484 | 0.3019 | 0.1965 |
| 39    |        |        |        |        |        |        |        | 0.4827 | 0.3304 | 0.2179 |
| 40    |        |        |        |        |        |        |        | 0.5173 | 0.3598 | 0.2406 |
| 41    |        |        |        |        |        |        |        |        | 0.3901 | 0.2644 |
| 42    |        |        |        |        |        |        |        |        | 0.4211 | 0.2894 |
| 43    |        |        |        |        |        |        |        |        | 0.4524 | 0.3153 |
| 44    |        |        |        |        |        |        |        |        | 0.4841 | 0.3421 |
| 45    |        |        |        |        |        |        |        |        | 0.5159 | 0.3697 |
| 46    |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 0.3980 |
| 47    |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 0.4267 |
| 48    |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 0.4559 |
| 49    |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 0.4853 |

**ANEXOS****Tablas de equivalencia****Longitud**

|           | m                     | in                  | ft                     | mi                     |
|-----------|-----------------------|---------------------|------------------------|------------------------|
| 1 metro   | 1                     | 39.37               | 3.281                  | $6.214 \times 10^{-4}$ |
| 1 pulgada | $2.54 \times 10^{-2}$ | 1                   | $8.333 \times 10^{-2}$ | $1.578 \times 10^{-5}$ |
| 1 pie     | 0.3048                | 12                  | 1                      | $1.894 \times 10^{-4}$ |
| 1 milla   | 1609                  | $6.336 \times 10^4$ | 5280                   | 1                      |

**Masa**

|             | kg     | lb    |
|-------------|--------|-------|
| 1 kilogramo | 1      | 2.205 |
| 1 libra     | 0.4536 | 1     |

**Fuerza**

|                    | dina                | N         | lbf                    | kgf                    |
|--------------------|---------------------|-----------|------------------------|------------------------|
| 1 dina             | 1                   | $10^{-5}$ | $2.248 \times 10^{-6}$ | $1.020 \times 10^{-6}$ |
| 1 newton           | $10^5$              | 1         | 0.2248                 | 0.1020                 |
| 1 libra fuerza     | $4.448 \times 10^5$ | 4.448     | 1                      | 0.4536                 |
| 1 kilogramo fuerza | $9.807 \times 10^5$ | 9.807     | 2.205                  | 1                      |

**Presión**

|                      | atm                    | mm Hg                  | in Hg                 | Pa                  | kPa                | bar                    | torr                 | lb/in <sup>2</sup>    |
|----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|---------------------|--------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|
| 1 atmósfera          | 1                      | 760                    | 29.92                 | $1.013 \times 10^5$ | 101.325            | 1.013                  | 760                  | 14.7                  |
| 1 mm Hg              | $1.316 \times 10^{-3}$ | 1                      | 0.04                  | 133.3               | 0.13               | $1.333 \times 10^{-3}$ | 1                    | 0.02                  |
| 1 in Hg              | 0.033                  | 25.4                   | 1                     | 3386.4              | 3.38               | 0.034                  | 25.4                 | 0.49                  |
| 1 pascal             | $9.869 \times 10^{-6}$ | $7.501 \times 10^{-3}$ | $2.95 \times 10^{-4}$ | 1                   | $1 \times 10^{-3}$ | $1 \times 10^{-5}$     | $7.5 \times 10^{-3}$ | $1.45 \times 10^{-4}$ |
| 1 kilo pascal        | $9.87 \times 10^{-3}$  | 7.5                    | 0.3                   | $1 \times 10^3$     | 1                  | 0.01                   | 7.5                  | 0.145                 |
| 1 bar                | 0.987                  | 750.062                | 29.53                 | $10^5$              | 100                | 1                      | 750                  | 14.5                  |
| 1 torr               | $1.3 \times 10^{-3}$   | 1                      | 0.04                  | 133.32              | 0.133              | $1.33 \times 10^{-3}$  | 1                    | 0.02                  |
| 1 lb/in <sup>2</sup> | 0.068                  | 51.71                  | 2.04                  | 6894.8              | 6.894              | 0.07                   | 51.71                | 1                     |

**Energía, trabajo, calor**

|           | Btu                    | hp·h                   | J                   | cal                 | kWh                    |
|-----------|------------------------|------------------------|---------------------|---------------------|------------------------|
| 1 Btu     | 1                      | $3.929 \times 10^{-4}$ | 1055                | 252                 | $2.930 \times 10^{-4}$ |
| 1 hp·h    | 2545                   | 1                      | $2.385 \times 10^6$ | $6.413 \times 10^5$ | 0.7457                 |
| 1 joule   | $9.481 \times 10^{-4}$ | $3.725 \times 10^{-7}$ | 1                   | 0.2389              | $2.778 \times 10^{-7}$ |
| 1 caloría | $3.969 \times 10^{-3}$ | $1.560 \times 10^{-6}$ | 4.186               | 1                   | $1.163 \times 10^{-6}$ |
| 1 kWh     | 3413                   | 1.341                  | $3.600 \times 10^6$ | $8.600 \times 10^5$ | 1                      |

**Volumen**

|                   | m <sup>3</sup>     | L    | ft <sup>3</sup> | gal    | onza  |
|-------------------|--------------------|------|-----------------|--------|-------|
| 1 m <sup>3</sup>  | 1                  | 1000 | 35.31           | 264.17 | 33814 |
| 1 L               | $1 \times 10^{-3}$ | 1    | 0.04            | 0.264  | 33.81 |
| 1 ft <sup>3</sup> | 0.03               | 28.3 | 1               | 7.48   | 957.5 |

|         |                       |                       |                    |                      |     |
|---------|-----------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|-----|
| 1 galón | $3.79 \times 10^{-3}$ | 3.79                  | 0.134              | 1                    | 128 |
| 1 onza  | $2.96 \times 10^{-5}$ | $2.96 \times 10^{-2}$ | $1 \times 10^{-3}$ | $7.8 \times 10^{-3}$ | 1   |

**Viscosidad**

|               | cP              | P         | Pa.s      |
|---------------|-----------------|-----------|-----------|
| 1 centi Poise | 1               | $10^{-2}$ | $10^{-3}$ |
| 1 Poise       | 100             | 1         | 0.1       |
| 1 Pa.S        | $1 \times 10^3$ | 10        | 1         |

**Constante de los gases ideales (R)**

| Valor numérico          | Unidades                                         |
|-------------------------|--------------------------------------------------|
| 1.9872                  | cal g/g mol • K                                  |
| 1.9872                  | btu/mol lb • °R                                  |
| 82.057                  | cm <sup>3</sup> atm/mol g • K                    |
| 8314.34                 | J/mol kg • K                                     |
| $82.057 \times 10^{-3}$ | m <sup>3</sup> • atm/kg mol • K                  |
| 8314.34                 | kg • m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> • kg mol • K |
| 0.7302                  | ft <sup>3</sup> • atm/lb mol • °R                |
| 1545.3                  | ft • lb <sub>f</sub> /lb mol • °R                |
| 8314.34                 | m <sup>3</sup> Pa/kg mol • K                     |

**Aceleración de la gravedad**

$$g = 9.80665 \text{ m/s}^2$$

$$g_c = (\text{factor de conversión gravitatorio}) = 32.1740 \text{ lb}_m \cdot \text{ft/lb}_f \cdot \text{s}^2$$

$$= 9.80665 \text{ kg}_m \cdot \text{m/kg}_f \cdot \text{s}^2$$

Tabla de propiedades del aire y el agua

| Temperatura<br>(° C) | Conductividad térmica<br>(J m <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> ° C <sup>-1</sup> ) | Viscosidad<br>(N sm <sup>-2</sup> ) | Calor específico<br>(KJ kg <sup>-1</sup> ° C <sup>-1</sup> ) | Densidad<br>(Kg m <sup>-3</sup> ) |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| <b>AIRE</b>          |                                                                                 |                                     |                                                              |                                   |
| -73                  | 0.0189                                                                          | 1.36 x 10 <sup>-5</sup>             | 0.996                                                        | 1.76                              |
| -18                  | 0.0230                                                                          | 1,65 x 10 <sup>-5</sup>             | 1.00                                                         | 1.38                              |
| 0                    | 0.0242                                                                          | 1,73 x 10 <sup>-5</sup>             | 1.005                                                        | 1.29                              |
| 38                   | 0.0267                                                                          | 1,91 x 10 <sup>-5</sup>             | 1.005                                                        | 1.14                              |
| 93                   | 0.031                                                                           | 2,15 x 10 <sup>-5</sup>             | 1.009                                                        | 0.96                              |
| 149                  | 0.0334                                                                          | 2.40 x 10 <sup>-5</sup>             | 1.017                                                        | 0.83                              |
| 204                  | 0.0367                                                                          | 2.60 x 10 <sup>-5</sup>             | 1.026                                                        | 0.74                              |
| <b>AGUA</b>          |                                                                                 |                                     |                                                              |                                   |
| -20                  | 2.39                                                                            | na                                  | 1.943                                                        | 919.4                             |
| -10                  | 2.25                                                                            | na                                  | 2.027                                                        | 918.9                             |
| (Hielo) 0            | 2.22                                                                            | na                                  | 2.050                                                        | 916.2                             |
| 0                    | 0,57                                                                            | 1,87 x 10 <sup>-3</sup>             | 4.23                                                         | 1000                              |
| 4                    | 0.57                                                                            | 1,53 x 10 <sup>-3</sup>             | 4.23                                                         | 1000                              |
| 16                   | 0.59                                                                            | 1,16 x 10 <sup>-3</sup>             | 4.19                                                         | 1000                              |
| 27                   | 0.61                                                                            | 0,87 x 10 <sup>-3</sup>             | 4.19                                                         | 998                               |
| 38                   | 0.62                                                                            | 0,68 x 10 <sup>-3</sup>             | 4.19                                                         | 992                               |
| 66                   | 0.66                                                                            | 0,43 x 10 <sup>-3</sup>             | 4.19                                                         | 977                               |
| 93                   | 0.68                                                                            | 0,30 x 10 <sup>-3</sup>             | 4.19                                                         | 965                               |
| 100                  | 0.68                                                                            | 0,28 x 10 <sup>-3</sup>             | 4.18                                                         | 958                               |

Extraído de *Una Introducción a la transferencia de calor*, Fishenden, M. y Saunders, O. A., con permiso de la Clarendon Press, Oxford.

**Calores normales de formación a 25 °C**

| COMPUESTO                             | $\Delta H^\circ \text{kcal/gmol}$ |
|---------------------------------------|-----------------------------------|
| SO <sub>2</sub> (g)                   | -70.94                            |
| SO <sub>3</sub> (g)                   | -94.39                            |
| CO(g)                                 | -26.416                           |
| CO <sub>2</sub> (g)                   | -94.052                           |
| CaCO <sub>3</sub> (s)                 | -289.5                            |
| CaCO(s)                               | -151.7                            |
| H <sub>2</sub> O(l)                   | -68.3174                          |
| H <sub>2</sub> O(g)                   | -57.7979                          |
| HCl(g)                                | -22.063                           |
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (l)    | -193.91                           |
| H <sub>2</sub> S(g)                   | -4.815                            |
| HNO <sub>3</sub> (l)                  | -41.404                           |
| H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> (s)    | -1281.1                           |
| NH <sub>3</sub> (g)                   | -75.23                            |
| NH <sub>4</sub> OH(aq)                | -87.59                            |
| NO(g)                                 | -7.96                             |
| NO <sub>2</sub> (g)                   | -10                               |
| KCl(s)                                | -103.8                            |
| KOH(s)                                | -102.02                           |
| NaCl(s)                               | -98.321                           |
| NH <sub>4</sub> Cl(s)                 | -75.38                            |
| CH <sub>4</sub> (g)                   | -17.889                           |
| CH <sub>3</sub> OH(l)                 | -57.04                            |
| CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH(l) | -66.35                            |

**Calores normales de combustión a 25 °C**

| COMPUESTO                                           | $\Delta H^\circ \text{kcal/gmol}$<br>(agua líquida y $\text{CO}_2$ ) |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| C(s)                                                | -94.0518                                                             |
| CO(g)                                               | -67.6361                                                             |
| H <sub>2</sub> (g)                                  | -68.3174                                                             |
| CH <sub>4</sub> (g)                                 | -212.78                                                              |
| C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (g)                   | -372.820                                                             |
| C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> (g)                   | -530.605                                                             |
| C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> (g)                  | -687.982                                                             |
| C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> (g)                   | -789.08                                                              |
| C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH(l)                 | -326.7                                                               |
| CH <sub>4</sub> O(l)                                | -173.65                                                              |
| C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> (l)    | -208.34                                                              |
| C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub> (s)   | -673                                                                 |
| C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub> (s) | -1350.1                                                              |
| C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub> (s) | -1348.9                                                              |

**Propiedades del agua saturada (líquido-vapor): Tabla de presiones**

| Presión | Temp. | Volumen específico |         | Energía interna |        | Entalpía |          |        | Entropía |        |
|---------|-------|--------------------|---------|-----------------|--------|----------|----------|--------|----------|--------|
|         |       | m <sup>3</sup> /kg |         | kJ/kg           |        | kJ/kg    |          |        | kJ/kg, K |        |
|         |       | Líquido            | Vapor   | Líquido         | Vapor  | Líquido  | Vapor    | Vapor  | Líquido  | Vapor  |
|         |       | sat,               | sat,    | sat,            | sat,   | sat,     | vaportz  | sat,   | sat,     | sat,   |
| bar     | ° C   | $v_f \times 10^3$  | $v_g$   | $u_f$           | $u_g$  | $h_f$    | $h_{fg}$ | $h_g$  | $s_f$    | $s_g$  |
| 0.04    | 28.96 | 1.0040             | 34.800  | 121.45          | 2415.2 | 121.46   | 2432.9   | 2554.4 | 0.4226   | 8.4746 |
| 0.06    | 36.16 | 1.0064             | 23.739  | 151.53          | 2425.0 | 151.53   | 2415.9   | 2567.4 | 0.5210   | 8.3304 |
| 0.08    | 41.51 | 1.0084             | 18.103  | 173.87          | 2432.2 | 173.88   | 2403.1   | 2577.0 | 0.5926   | 8.2287 |
| 0.10    | 45.81 | 1.0102             | 14.674  | 191.82          | 2437.9 | 191.83   | 2392.8   | 2584.7 | 0.6493   | 8.1502 |
| 0.20    | 60.06 | 1.0172             | 7.649   | 251.38          | 2456.7 | 251.40   | 2358.3   | 2609.7 | 0.8320   | 7.9085 |
| 0.30    | 69.10 | 1.0223             | 5.229   | 289.20          | 2468.4 | 289.23   | 2336.1   | 2625.3 | 0.9439   | 7.7686 |
| 0.40    | 75.87 | 1.0265             | 3.993   | 317.53          | 2477.0 | 317.58   | 2319.2   | 2636.8 | 1.0259   | 7.6700 |
| 0.50    | 81.33 | 1.0300             | 3.240   | 340.44          | 2483.9 | 340.49   | 2305.4   | 2645.9 | 1.0910   | 7.5939 |
| 0.60    | 85.94 | 1.0331             | 2.732   | 359.79          | 2489.6 | 359.86   | 2293.6   | 2653.5 | 1.1453   | 7.5320 |
| 0.70    | 89.95 | 1.0360             | 2.365   | 376.63          | 2494.5 | 376.70   | 2283.3   | 2660.0 | 1.1919   | 7.4797 |
| 0.80    | 93.50 | 1.0380             | 2.087   | 391.58          | 2498.8 | 391.66   | 2274.1   | 2665.8 | 1.2329   | 7.4346 |
| 0.90    | 96.71 | 1.0410             | 1.869   | 405.06          | 2502.6 | 405.15   | 2265.7   | 2670.9 | 1.2695   | 7.3949 |
| 1.00    | 99.63 | 1.0432             | 1.694   | 417.36          | 2506.1 | 417.46   | 2258.0   | 2675.5 | 1.3026   | 7.3594 |
| 1.50    | 111.4 | 1.0528             | 1.159   | 466.94          | 2519.7 | 467.11   | 2226.5   | 2693.6 | 1.4336   | 7.2233 |
| 2.00    | 120.2 | 1.0605             | 0.8857  | 504.49          | 2529.5 | 504.70   | 2201.9   | 2706.7 | 1.5301   | 7.1271 |
| 2.50    | 127.4 | 1.0672             | 0.7187  | 535.10          | 2537.2 | 535.37   | 2181.5   | 2716.9 | 1.6072   | 7.0527 |
| 3.00    | 133.6 | 1.0732             | 0.6058  | 561.15          | 2543.6 | 561.47   | 2163.8   | 2725.3 | 1.6718   | 6.9919 |
| 3.50    | 138.9 | 1.0786             | 0.5243  | 583.95          | 2546.9 | 584.33   | 2148.1   | 2732.4 | 1.7275   | 6.9405 |
| 4.00    | 143.6 | 1.0836             | 0.4625  | 604.31          | 2553.6 | 604.74   | 2133.8   | 2738.6 | 1.7766   | 6.8959 |
| 4.50    | 147.9 | 1.0882             | 0.4140  | 622.25          | 2557.6 | 623.25   | 2120.7   | 2743.9 | 1.8207   | 6.8565 |
| 5.00    | 151.9 | 1.0926             | 0.3749  | 639.68          | 2561.2 | 640.23   | 2108.5   | 2748.7 | 1.8607   | 6.8212 |
| 6.00    | 158.9 | 1.1006             | 0.3157  | 669.90          | 2567.4 | 670.56   | 2086.3   | 2756.8 | 1.9312   | 6.7600 |
| 7.00    | 165.0 | 1.1080             | 0.2729  | 696.44          | 2572.5 | 697.22   | 2066.3   | 2763.5 | 1.9922   | 6.7080 |
| 8.00    | 170.4 | 1.1148             | 0.2404  | 720.22          | 2576.8 | 721.11   | 2048.0   | 2769.1 | 2.0462   | 6.6628 |
| 9.00    | 175.4 | 1.1212             | 0.2150  | 741.83          | 2580.5 | 742.83   | 2031.1   | 2773.9 | 2.0946   | 6.6226 |
| 10.0    | 179.9 | 1.1273             | 0.1944  | 761.68          | 2583.6 | 762.81   | 2015.3   | 2778.1 | 2.1387   | 6.5863 |
| 15.0    | 198.3 | 1.1539             | 0.1318  | 843.16          | 2594.5 | 844.84   | 1947.3   | 2792.2 | 2.3150   | 6.4448 |
| 20.0    | 212.4 | 1.1767             | 0.09963 | 906.44          | 2600.3 | 908.79   | 1890.7   | 2799.5 | 2.4474   | 6.3409 |
| 25.0    | 224.0 | 1.1973             | 0.07998 | 959.11          | 2603.1 | 962.11   | 1841.0   | 2803.1 | 2.5547   | 6.2575 |
| 30.0    | 233.9 | 1.2165             | 0.06668 | 1004.8          | 2604.1 | 1008.4   | 1795.7   | 2804.2 | 2.6457   | 6.1869 |
| 35.0    | 242.6 | 1.2347             | 0.05707 | 1045.4          | 2603.7 | 1049.8   | 1753.7   | 2803.4 | 2.7253   | 6.1253 |
| 40.0    | 250.4 | 1.2522             | 0.04978 | 1082.3          | 2602.3 | 1087.3   | 1714.1   | 2801.4 | 2.7964   | 6.0701 |
| 45.0    | 257.5 | 1.2692             | 0.04406 | 1116.2          | 2600.9 | 1121.9   | 1676.4   | 2798.3 | 2.8610   | 6.0199 |
| 50.0    | 264.0 | 1.2859             | 0.03944 | 1147.8          | 2597.1 | 1154.2   | 1640.1   | 2794.3 | 2.9202   | 5.9734 |
| 60.0    | 275.6 | 1.3187             | 0.03244 | 1205.4          | 2589.7 | 1213.4   | 1571.0   | 2784.3 | 3.0267   | 5.8892 |
| 70.0    | 285.9 | 1.3513             | 0.02737 | 1257.6          | 2580.5 | 1267.0   | 1505.1   | 2772.1 | 3.1211   | 5.8133 |
| 80.0    | 295.1 | 1.3842             | 0.02352 | 1305.6          | 2569.8 | 1316.6   | 1441.3   | 2758.0 | 3.2068   | 5.7432 |
| 90.0    | 303.4 | 1.4178             | 0.02048 | 1350.5          | 2557.8 | 1363.3   | 1378.9   | 2742.1 | 3.2858   | 5.6772 |
| 100     | 311.1 | 1.4524             | 0.01803 | 1393.0          | 2544.4 | 1407.6   | 1317.1   | 2724.7 | 3.3596   | 5.6141 |
| 110     | 318.2 | 1.4886             | 0.01599 | 1433.7          | 2529.8 | 1450.1   | 1255.5   | 2705.6 | 3.4295   | 5.5527 |
| 120     | 324.8 | 1.5267             | 0.01426 | 1473.0          | 2513.7 | 1491.3   | 1193.6   | 2684.9 | 3.4962   | 5.4924 |

## Propiedades del agua saturada (líquido-vapor): Tabla de temperaturas

| Temp.  | Presión | Volumen específico |                  | Energía interna  |                  | Entalpía         |         |                  | Entropía         |                  |
|--------|---------|--------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|------------------|
|        |         | m <sup>3</sup> /kg |                  | kJ/kg            |                  | kJ/kg            |         |                  | kJ/kg, K         |                  |
|        |         | Líquido            | Vapor            | Líquido          | Vapor            | Líquido          | Vapor   | Vapor            | Líquido          | Vapor            |
| ° C    | bar     | sat <sub>f</sub>   | sat <sub>g</sub> | sat <sub>f</sub> | sat <sub>g</sub> | sat <sub>f</sub> | vaportz | sat <sub>g</sub> | sat <sub>f</sub> | sat <sub>g</sub> |
| .01    | 0.00611 | 1.0002             | 206.136          | 0.00             | 2 375.3          | 0.01             | 2 501.3 | 2 501.4          | 0.0000           | 9.1562           |
| 4      | 0.00813 | 1.0001             | 157.232          | 16.77            | 2 380.9          | 16.78            | 2 491.9 | 2 508.7          | 0.0610           | 9.0514           |
| 5      | 0.00872 | 1.0001             | 147.120          | 20.97            | 2 382.3          | 20.98            | 2 489.6 | 2 510.6          | 0.0761           | 9.0257           |
| 6      | 0.00935 | 1.0001             | 137.734          | 25.19            | 2 383.6          | 25.20            | 2 487.2 | 2 512.4          | 0.0912           | 9.0003           |
| 8      | 0.01072 | 1.0002             | 120.917          | 33.59            | 2 386.4          | 33.60            | 2 482.5 | 2 516.1          | 0.1212           | 8.9501           |
| 10     | 0.01228 | 1.0004             | 106.379          | 42.00            | 2 389.2          | 42.01            | 2 477.7 | 2 519.8          | 0.1510           | 8.9008           |
| 11     | 0.01312 | 1.0004             | 99.857           | 46.20            | 2 390.5          | 46.20            | 2 475.4 | 2 521.6          | 0.1658           | 8.8765           |
| 12     | 0.01402 | 1.0005             | 93.784           | 50.41            | 2 391.9          | 50.41            | 2 473.0 | 2 523.4          | 0.1806           | 8.8524           |
| 13     | 0.01497 | 1.0007             | 88.124           | 54.60            | 2 393.3          | 54.60            | 2 470.7 | 2 525.3          | 0.1953           | 8.8285           |
| 14     | 0.01598 | 1.0008             | 82.848           | 58.79            | 2 394.7          | 58.80            | 2 468.3 | 2 527.1          | 0.2099           | 8.8048           |
| 15     | 0.01705 | 1.0009             | 77.926           | 62.99            | 2 396.1          | 62.99            | 2 465.9 | 2 528.9          | 0.2245           | 8.7814           |
| 16     | 0.01818 | 1.0011             | 73.333           | 67.18            | 2 397.4          | 67.19            | 2 463.6 | 2 530.8          | 0.2390           | 8.7582           |
| 17     | 0.01938 | 1.0012             | 69.044           | 71.38            | 2 398.8          | 71.38            | 2 461.2 | 2 532.6          | 0.2535           | 8.7351           |
| 18     | 0.02064 | 1.0014             | 65.038           | 75.57            | 2 400.2          | 75.58            | 2 458.8 | 2 534.4          | 0.2679           | 8.7123           |
| 19     | 0.02198 | 1.0016             | 61.293           | 79.76            | 2 401.6          | 79.77            | 2 456.5 | 2 536.2          | 0.2823           | 8.6897           |
| 20     | 0.02339 | 1.0018             | 57.791           | 83.95            | 2 402.9          | 83.96            | 2 454.1 | 2 538.1          | 0.2966           | 8.6672           |
| 21     | 0.02487 | 1.0020             | 54.514           | 88.14            | 2 404.3          | 88.14            | 2 451.8 | 2 539.9          | 0.3109           | 8.6450           |
| 22     | 0.02645 | 1.0022             | 51.447           | 92.32            | 2 405.7          | 92.33            | 2 449.4 | 2 541.7          | 0.3251           | 8.6229           |
| 23     | 0.02810 | 1.0024             | 48.574           | 96.51            | 2 407.0          | 96.52            | 2 447.0 | 2 543.5          | 0.3393           | 8.6011           |
| 24     | 0.02985 | 1.0027             | 45.883           | 100.70           | 2 408.4          | 100.70           | 2 444.7 | 2 545.4          | 0.3534           | 8.5794           |
| 25     | 0.03169 | 1.0029             | 43.360           | 104.88           | 2 409.8          | 104.89           | 2 442.3 | 2 547.2          | 0.3674           | 8.5580           |
| 26     | 0.03363 | 1.0032             | 40.994           | 109.06           | 2 411.1          | 109.07           | 2 439.9 | 2 549.0          | 0.3814           | 8.5367           |
| 27     | 0.03567 | 1.0035             | 38.774           | 113.25           | 2 412.5          | 113.25           | 2 437.6 | 2 550.8          | 0.3954           | 8.5156           |
| 28     | 0.03782 | 1.0037             | 36.690           | 117.42           | 2 413.9          | 117.43           | 2 435.2 | 2 552.6          | 0.4093           | 8.4946           |
| 29     | 0.04008 | 1.0040             | 34.733           | 121.60           | 2 415.2          | 121.61           | 2 432.8 | 2 554.8          | 0.4231           | 8.4739           |
| 30     | 0.04246 | 1.0043             | 32.894           | 125.78           | 2 416.6          | 125.79           | 2 430.5 | 2 556.3          | 0.4369           | 8.4533           |
| 31     | 0.04496 | 1.0046             | 31.165           | 129.96           | 2 418.0          | 129.97           | 2 428.1 | 2 558.1          | 0.4507           | 8.4329           |
| 32     | 0.04759 | 1.0050             | 29.540           | 134.14           | 2 419.3          | 134.15           | 2 425.7 | 2 559.9          | 0.4644           | 8.4127           |
| 33     | 0.05034 | 1.0053             | 28.011           | 138.32           | 2 420.7          | 138.33           | 2 423.4 | 2 561.7          | 0.4781           | 8.3927           |
| 34     | 0.05324 | 1.0056             | 26.571           | 142.50           | 2 422.0          | 142.50           | 2 421.0 | 2 563.5          | 0.4917           | 8.3728           |
| 35     | 0.05628 | 1.0060             | 25.216           | 146.67           | 2 423.4          | 146.68           | 2 418.6 | 2 565.3          | 0.5053           | 8.3531           |
| 36     | 0.05947 | 1.0063             | 23.940           | 150.85           | 2 424.7          | 150.86           | 2 416.2 | 2 567.1          | 0.5188           | 8.3336           |
| 38     | 0.06632 | 1.0071             | 21.602           | 159.20           | 2 427.4          | 159.21           | 2 411.5 | 2 570.7          | 0.5458           | 8.2950           |
| 40     | 0.07384 | 1.0078             | 19.523           | 167.56           | 2 430.1          | 167.57           | 2 406.7 | 2 574.3          | 0.5725           | 8.2570           |
| 45     | 0.09593 | 1.0099             | 15.258           | 188.44           | 2 436.8          | 188.45           | 2 394.8 | 2 583.2          | 0.6387           | 8.1648           |
| 50     | 0.1235  | 1.0121             | 12.032           | 209.32           | 2 443.5          | 209.33           | 2 382.7 | 2 592.1          | 0.7038           | 8.0763           |
| 55     | 0.1576  | 1.0146             | 9.568            | 230.21           | 2 450.1          | 230.23           | 2 370.7 | 2 600.9          | 0.7679           | 7.9913           |
| 60     | 0.1994  | 1.0172             | 7.671            | 251.11           | 2 456.6          | 251.13           | 2 358.5 | 2 609.6          | 0.8312           | 7.9096           |
| 65     | 0.2503  | 1.0199             | 6.197            | 272.02           | 2 463.1          | 272.06           | 2 346.2 | 2 618.3          | 0.8935           | 7.8310           |
| 70     | 0.3119  | 1.0228             | 5.042            | 292.95           | 2 469.6          | 292.98           | 2 333.8 | 2 626.8          | 0.9549           | 7.7553           |
| 75     | 0.3858  | 1.0259             | 4.131            | 313.90           | 2 475.9          | 313.93           | 2 321.4 | 2 635.3          | 1.0155           | 7.6824           |
| 80     | 0.4739  | 1.0291             | 3.407            | 334.86           | 2 482.2          | 334.91           | 2 308.8 | 2 643.7          | 1.0753           | 7.6122           |
| 85     | 0.5783  | 1.0325             | 2.828            | 355.84           | 2 488.4          | 355.90           | 2 296.0 | 2 651.9          | 1.1343           | 7.5445           |
| 90     | 0.7014  | 1.0360             | 2.361            | 376.85           | 2 494.5          | 376.92           | 2 283.2 | 2 660.1          | 1.1925           | 7.4791           |
| 95     | 0.8455  | 1.0397             | 1.982            | 397.88           | 2 500.6          | 397.96           | 2 270.2 | 2 668.1          | 1.2500           | 7.4159           |
| 100    | 1.014   | 1.0435             | 1.673            | 418.94           | 2 506.5          | 419.04           | 2 257.0 | 2 676.1          | 1.3069           | 7.3549           |
| 110    | 1.433   | 1.0516             | 1.210            | 461.14           | 2 518.1          | 461.30           | 2 230.2 | 2 691.5          | 1.4185           | 7.2387           |
| 120    | 1.985   | 1.0603             | 0.8919           | 503.50           | 2 529.3          | 503.71           | 2 202.6 | 2 706.3          | 1.5276           | 7.1296           |
| 130    | 2.701   | 1.0697             | 0.6685           | 546.02           | 2 539.9          | 546.31           | 2 174.2 | 2 720.5          | 1.6344           | 7.0269           |
| 140    | 3.613   | 1.0797             | 0.5089           | 588.74           | 2 550.0          | 589.13           | 2 144.7 | 2 733.9          | 1.7391           | 6.9299           |
| 150    | 4.758   | 1.0905             | 0.3928           | 631.68           | 2 559.5          | 632.20           | 2 114.3 | 2 746.5          | 1.8418           | 6.8379           |
| 160    | 6.178   | 1.1020             | 0.3071           | 674.86           | 2 568.4          | 675.55           | 2 082.6 | 2 758.1          | 1.9427           | 6.7502           |
| 170    | 7.917   | 1.1143             | 0.2428           | 718.33           | 2 576.5          | 719.21           | 2 049.5 | 2 768.7          | 2.0419           | 6.6663           |
| 180    | 10.02   | 1.1274             | 0.1941           | 762.09           | 2 583.7          | 763.22           | 2 015.0 | 2 778.2          | 2.1396           | 6.5857           |
| 190    | 12.54   | 1.1414             | 0.1565           | 806.19           | 2 590.0          | 807.62           | 1 978.8 | 2 786.4          | 2.2359           | 6.5079           |
| 200    | 15.54   | 1.1565             | 0.1274           | 850.65           | 2 595.3          | 852.45           | 1 940.7 | 2 793.2          | 2.3309           | 6.4323           |
| 210    | 19.06   | 1.1726             | 0.1044           | 895.53           | 2 599.5          | 897.76           | 1 900.7 | 2 798.5          | 2.4248           | 6.3585           |
| 220    | 23.18   | 1.1900             | 0.08619          | 940.87           | 2 602.4          | 943.62           | 1 858.5 | 2 802.1          | 2.5178           | 6.2861           |
| 230    | 27.95   | 1.2088             | 0.07158          | 986.74           | 2 603.9          | 990.12           | 1 813.8 | 2 804.0          | 2.6099           | 6.2146           |
| 240    | 33.44   | 1.2291             | 0.05976          | 1 033.2          | 2 604.0          | 1 037.3          | 1 766.5 | 2 803.8          | 2.7015           | 6.1437           |
| 250    | 39.73   | 1.2512             | 0.05013          | 1 080.4          | 2 602.4          | 1 085.4          | 1 716.2 | 2 801.5          | 2.7927           | 6.0730           |
| 260    | 46.88   | 1.2755             | 0.04221          | 1 128.4          | 2 599.0          | 1 134.4          | 1 662.5 | 2 796.6          | 2.8838           | 6.0019           |
| 270    | 54.99   | 1.3023             | 0.03564          | 1 177.4          | 2 593.7          | 1 184.5          | 1 605.2 | 2 789.7          | 2.9751           | 5.9301           |
| 280    | 64.12   | 1.3321             | 0.03017          | 1 227.5          | 2 586.1          | 1 236.0          | 1 543.6 | 2 779.6          | 3.0668           | 5.8571           |
| 290    | 74.36   | 1.3656             | 0.02557          | 1 278.9          | 2 576.0          | 1 289.1          | 1 477.1 | 2 766.2          | 3.1594           | 5.7821           |
| 300    | 85.81   | 1.4036             | 0.02167          | 1 332.0          | 2 563.0          | 1 344.0          | 1 404.9 | 2 749.0          | 3.2534           | 5.7045           |
| 320    | 112.7   | 1.4988             | 0.01549          | 1 444.6          | 2 525.5          | 1 461.5          | 1 238.6 | 2 700.1          | 3.4480           | 5.5362           |
| 340    | 145.9   | 1.6379             | 0.01080          | 1 570.3          | 2 464.6          | 1 594.2          | 1 027.9 | 2 622.0          | 3.6594           | 5.3357           |
| 360    | 186.5   | 1.8925             | 0.00695          | 1 725.2          | 2 351.5          | 1 760.5          | 720.5   | 2 481.0          | 3.9147           | 5.0526           |
| 374.14 | 220.9   | 3.1550             | 0.003155         | 2 029.6          | 2 029.6          | 2 099.3          | 0       | 2 099.3          | 4.4298           | 4.4298           |

Fuente: Foust/Wenzel/Clump/Maus/Andersen. Principios de Operaciones Unitarias.

Rugosidad relativa en función del diámetro para tubos de varios materiales (1 in=2.54cm)



Tabla de relaciones  $f_h/U$ :  $g$  para valores de  $z = 10^\circ\text{C}$ 

| $f_h/U$ | Valores de $g$ ( $^\circ\text{C}$ ) cuando $j$ es: |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |
|---------|----------------------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|         | 0.4                                                | 0.6                  | 0.8                  | 1.0                  | 1.2                  | 1.4                  | 1.6                  | 1.8                  | 2.0                  |
| 0.2     | $2.27 \cdot 10^{-5}$                               | $2.46 \cdot 10^{-5}$ | $2.64 \cdot 10^{-5}$ | $2.83 \cdot 10^{-5}$ | $3.02 \cdot 10^{-5}$ | $3.20 \cdot 10^{-5}$ | $3.39 \cdot 10^{-5}$ | $3.58 \cdot 10^{-5}$ | $3.76 \cdot 10^{-5}$ |
| 0.4     | $7.39 \cdot 10^{-3}$                               | $7.94 \cdot 10^{-3}$ | $8.44 \cdot 10^{-3}$ | $9.00 \cdot 10^{-3}$ | $9.50 \cdot 10^{-3}$ | $1.00 \cdot 10^{-2}$ | $1.06 \cdot 10^{-2}$ | $1.11 \cdot 10^{-2}$ | $1.16 \cdot 10^{-2}$ |
| 0.6     | $4.83 \cdot 10^{-2}$                               | $5.24 \cdot 10^{-2}$ | $5.66 \cdot 10^{-2}$ | $6.06 \cdot 10^{-2}$ | $6.44 \cdot 10^{-2}$ | $6.83 \cdot 10^{-2}$ | $7.28 \cdot 10^{-2}$ | $7.67 \cdot 10^{-2}$ | $8.06 \cdot 10^{-2}$ |
| 0.8     | 0.126                                              | 0.136                | 0.148                | 0.159                | 0.171                | 0.182                | 0.194                | 0.205                | 0.217                |
| 1       | 0.227                                              | 0.248                | 0.269                | 0.291                | 0.312                | 0.333                | 0.354                | 0.376                | 0.397                |
| 2       | 0.85                                               | 0.92                 | 1.00                 | 1.07                 | 1.15                 | 1.23                 | 1.30                 | 1.38                 | 1.45                 |
| 3       | 1.46                                               | 1.58                 | 1.69                 | 1.81                 | 1.93                 | 2.04                 | 2.16                 | 2.28                 | 2.39                 |
| 4       | 2.01                                               | 2.15                 | 2.30                 | 2.45                 | 2.60                 | 2.74                 | 2.89                 | 3.04                 | 3.19                 |
| 5       | 2.47                                               | 2.64                 | 2.82                 | 3.00                 | 3.17                 | 3.35                 | 2.53                 | 3.71                 | 3.88                 |
| 6       | 2.86                                               | 3.07                 | 3.27                 | 3.47                 | 3.67                 | 3.88                 | 4.08                 | 4.28                 | 4.48                 |
| 7       | 3.21                                               | 3.43                 | 3.66                 | 3.89                 | 4.12                 | 4.34                 | 4.57                 | 4.80                 | 5.03                 |
| 8       | 3.49                                               | 3.75                 | 4.00                 | 4.26                 | 4.51                 | 4.76                 | 5.01                 | 5.26                 | 5.52                 |
| 9       | 3.76                                               | 4.03                 | 4.31                 | 4.58                 | 4.86                 | 5.13                 | 5.41                 | 5.68                 | 5.96                 |
| 10      | 3.98                                               | 4.28                 | 4.58                 | 4.88                 | 5.18                 | 5.48                 | 5.77                 | 6.07                 | 6.37                 |
| 20      | 5.46                                               | 5.94                 | 6.42                 | 6.89                 | 7.37                 | 7.84                 | 8.32                 | 8.79                 | 9.27                 |
| 30      | 6.39                                               | 6.94                 | 7.56                 | 8.11                 | 8.72                 | 9.33                 | 9.89                 | 10.5                 | 11.1                 |
| 40      | 7.11                                               | 7.72                 | 8.39                 | 9.06                 | 9.72                 | 10.4                 | 11.1                 | 11.7                 | 12.4                 |
| 50      | 7.67                                               | 8.39                 | 9.11                 | 9.83                 | 10.6                 | 11.3                 | 12.0                 | 12.7                 | 13.4                 |
| 60      | 8.22                                               | 8.94                 | 9.72                 | 10.5                 | 11.2                 | 12.0                 | 12.7                 | 13.5                 | 14.3                 |
| 70      | 8.67                                               | 7.78                 | 10.2                 | 11.1                 | 11.8                 | 12.6                 | 13.4                 | 14.2                 | 15.0                 |
| 80      | 9.01                                               | 9.89                 | 10.7                 | 11.6                 | 12.3                 | 13.2                 | 14.0                 | 14.8                 | 15.6                 |
| 90      | 9.44                                               | 10.28                | 11.2                 | 12.0                 | 12.8                 | 13.7                 | 14.5                 | 15.3                 | 16.2                 |
| 100     | 9.78                                               | 10.7                 | 11.6                 | 12.4                 | 13.3                 | 14.1                 | 15.0                 | 15.8                 | 16.7                 |

**Tabla para determinar el NMP de microorganismos**

Para 3 tubos, cada uno con 0.1, 0.01 y 0.001 g de inóculo, los NMP por gramo y con intervalos de confianza de 95 por ciento.

| Tubos positivos |      |       | NMP/g | Lim.Conf. |      | Tubos positivo |      |       | NMP/g | Lim.Conf. |       |
|-----------------|------|-------|-------|-----------|------|----------------|------|-------|-------|-----------|-------|
| 0.1             | 0.01 | 0.001 |       | Bajo      | alto | 0.1            | 0.01 | 0.001 |       | Bajo      | Alto  |
| 0               | 0    | 0     | <3.0  | --        | 9.5  | 2              | 2    | 0     | 21    | 4.5       | 42    |
| 0               | 0    | 1     | 3     | 0.15      | 9.6  | 2              | 2    | 1     | 28    | 8.7       | 94    |
| 0               | 1    | 0     | 3     | 0.15      | 11   | 2              | 2    | 2     | 35    | 8.7       | 94    |
| 0               | 1    | 1     | 6.1   | 1.2       | 18   | 2              | 3    | 0     | 29    | 8.7       | 94    |
| 0               | 2    | 0     | 6.2   | 1.2       | 18   | 2              | 3    | 1     | 36    | 8.7       | 94    |
| 0               | 3    | 0     | 9.4   | 3.6       | 38   | 3              | 0    | 0     | 23    | 4.6       | 94    |
| 1               | 0    | 0     | 3.6   | 0.17      | 18   | 3              | 0    | 1     | 38    | 8.7       | 110   |
| 1               | 0    | 1     | 7.2   | 1.3       | 18   | 3              | 0    | 2     | 64    | 17        | 180   |
| 1               | 0    | 2     | 11    | 3.6       | 38   | 3              | 1    | 0     | 43    | 9         | 180   |
| 1               | 1    | 0     | 7.4   | 1.3       | 20   | 3              | 1    | 1     | 75    | 17        | 200   |
| 1               | 1    | 1     | 11    | 3.6       | 38   | 3              | 1    | 2     | 120   | 37        | 420   |
| 1               | 2    | 0     | 11    | 3.6       | 42   | 3              | 1    | 3     | 160   | 40        | 420   |
| 1               | 2    | 1     | 15    | 4.5       | 42   | 3              | 2    | 0     | 93    | 18        | 420   |
| 1               | 3    | 0     | 16    | 4.5       | 42   | 3              | 2    | 1     | 150   | 37        | 420   |
| 2               | 0    | 0     | 9.2   | 1.4       | 38   | 3              | 2    | 2     | 210   | 40        | 430   |
| 2               | 0    | 1     | 14    | 3.6       | 42   | 3              | 2    | 3     | 290   | 90        | 1,000 |
| 2               | 0    | 2     | 20    | 4.5       | 42   | 3              | 3    | 0     | 240   | 42        | 1,000 |
| 2               | 1    | 0     | 15    | 3.7       | 42   | 3              | 3    | 1     | 460   | 90        | 2,000 |
| 2               | 1    | 1     | 20    | 4.5       | 42   | 3              | 3    | 2     | 1100  | 180       | 4,100 |
| 2               | 1    | 2     | 27    | 8.7       | 94   | 3              | 3    | 3     | >1100 | 420       | --    |

Tabla para determinar el NMP de microorganismos

| Para 5 tubos, cada uno con 0.1, 0.01 y 0.001 g de inóculo, los NMP por gramo y con intervalos de confianza de 95%. |      |       |       |            |      |                |      |       |       |            |       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------|-------|------------|------|----------------|------|-------|-------|------------|-------|
| Tubos positivo                                                                                                     |      |       | NMP/g | Lím. conf. |      | Tubos positivo |      |       | NMP/g | Lím. conf. |       |
| 0.1                                                                                                                | 0.01 | 0.001 |       | Bajo       | Alto | 0.1            | 0.01 | 0.001 |       | Bajo       | Alto  |
| 0                                                                                                                  | 0    | 0     | <1.8  | --         | 6.8  | 4              | 0    | 2     | 21    | 6.8        | 40    |
| 0                                                                                                                  | 0    | 1     | 1.8   | 0.09       | 6.8  | 4              | 0    | 3     | 25    | 9.8        | 70    |
| 0                                                                                                                  | 1    | 0     | 1.8   | 0.09       | 6.9  | 4              | 1    | 0     | 17    | 6          | 40    |
| 0                                                                                                                  | 1    | 1     | 3.6   | 0.7        | 10   | 4              | 1    | 1     | 21    | 6.8        | 42    |
| 0                                                                                                                  | 2    | 0     | 3.7   | 0.7        | 10   | 4              | 1    | 2     | 26    | 9.8        | 70    |
| 0                                                                                                                  | 2    | 1     | 5.5   | 1.8        | 15   | 4              | 1    | 3     | 31    | 10         | 70    |
| 0                                                                                                                  | 3    | 0     | 5.6   | 1.8        | 15   | 4              | 2    | 0     | 22    | 6.8        | 50    |
| 1                                                                                                                  | 0    | 0     | 2     | 0.1        | 10   | 4              | 2    | 1     | 26    | 9.8        | 70    |
| 1                                                                                                                  | 0    | 1     | 4     | 0.7        | 10   | 4              | 2    | 2     | 32    | 10         | 70    |
| 1                                                                                                                  | 0    | 2     | 6     | 1.8        | 15   | 4              | 2    | 3     | 38    | 14         | 100   |
| 1                                                                                                                  | 1    | 0     | 4     | 0.7        | 12   | 4              | 3    | 0     | 27    | 9.9        | 70    |
| 1                                                                                                                  | 1    | 1     | 6.1   | 1.8        | 15   | 4              | 3    | 1     | 33    | 10         | 70    |
| 1                                                                                                                  | 1    | 2     | 8.1   | 3.4        | 22   | 4              | 3    | 2     | 39    | 14         | 100   |
| 1                                                                                                                  | 2    | 0     | 6.1   | 1.8        | 15   | 4              | 4    | 0     | 34    | 14         | 100   |
| 1                                                                                                                  | 2    | 1     | 8.2   | 3.4        | 22   | 4              | 4    | 1     | 40    | 14         | 100   |
| 1                                                                                                                  | 3    | 0     | 8.3   | 3.4        | 22   | 4              | 4    | 2     | 47    | 15         | 120   |
| 1                                                                                                                  | 3    | 1     | 10    | 3.5        | 22   | 4              | 5    | 0     | 41    | 14         | 100   |
| 1                                                                                                                  | 4    | 0     | 11    | 3.5        | 22   | 4              | 5    | 1     | 48    | 15         | 120   |
| 2                                                                                                                  | 0    | 0     | 4.5   | 0.79       | 15   | 5              | 0    | 0     | 23    | 6.8        | 70    |
| 2                                                                                                                  | 0    | 1     | 6.8   | 1.8        | 15   | 5              | 0    | 1     | 31    | 10         | 70    |
| 2                                                                                                                  | 0    | 2     | 9.1   | 3.4        | 22   | 5              | 0    | 2     | 43    | 14         | 100   |
| 2                                                                                                                  | 1    | 0     | 6.8   | 1.8        | 17   | 5              | 0    | 3     | 58    | 22         | 150   |
| 2                                                                                                                  | 1    | 1     | 9.2   | 3.4        | 22   | 5              | 1    | 0     | 33    | 10         | 100   |
| 2                                                                                                                  | 1    | 2     | 12    | 4.1        | 26   | 5              | 1    | 1     | 46    | 14         | 120   |
| 2                                                                                                                  | 2    | 0     | 9.3   | 3.4        | 22   | 5              | 1    | 2     | 63    | 22         | 150   |
| 2                                                                                                                  | 2    | 1     | 12    | 4.1        | 26   | 5              | 1    | 3     | 84    | 34         | 220   |
| 2                                                                                                                  | 2    | 2     | 14    | 5.9        | 36   | 5              | 2    | 0     | 49    | 15         | 150   |
| 2                                                                                                                  | 3    | 0     | 12    | 4.1        | 26   | 5              | 2    | 1     | 70    | 22         | 170   |
| 2                                                                                                                  | 3    | 1     | 14    | 5.9        | 36   | 5              | 2    | 2     | 94    | 34         | 230   |
| 2                                                                                                                  | 4    | 0     | 15    | 5.9        | 36   | 5              | 2    | 3     | 120   | 36         | 250   |
| 3                                                                                                                  | 0    | 0     | 7.8   | 2.1        | 22   | 5              | 2    | 4     | 150   | 58         | 400   |
| 3                                                                                                                  | 0    | 1     | 11    | 3.5        | 23   | 5              | 3    | 0     | 79    | 22         | 220   |
| 3                                                                                                                  | 0    | 2     | 13    | 5.6        | 35   | 5              | 3    | 1     | 110   | 34         | 250   |
| 3                                                                                                                  | 1    | 0     | 11    | 3.5        | 26   | 5              | 3    | 2     | 140   | 52         | 400   |
| 3                                                                                                                  | 1    | 1     | 14    | 5.6        | 36   | 5              | 3    | 3     | 180   | 70         | 400   |
| 3                                                                                                                  | 1    | 2     | 17    | 6          | 36   | 5              | 3    | 4     | 210   | 70         | 400   |
| 3                                                                                                                  | 2    | 0     | 14    | 5.7        | 36   | 5              | 4    | 0     | 130   | 36         | 400   |
| 3                                                                                                                  | 2    | 1     | 17    | 6.8        | 40   | 5              | 4    | 1     | 170   | 58         | 400   |
| 3                                                                                                                  | 2    | 2     | 20    | 6.8        | 40   | 5              | 4    | 2     | 220   | 70         | 440   |
| 3                                                                                                                  | 3    | 0     | 17    | 6.8        | 40   | 5              | 4    | 3     | 280   | 100        | 710   |
| 3                                                                                                                  | 3    | 1     | 21    | 6.8        | 40   | 5              | 4    | 4     | 350   | 100        | 710   |
| 3                                                                                                                  | 3    | 2     | 24    | 9.8        | 70   | 5              | 4    | 5     | 430   | 150        | 1,100 |
| 3                                                                                                                  | 4    | 0     | 21    | 6.8        | 40   | 5              | 5    | 0     | 240   | 70         | 710   |
| 3                                                                                                                  | 4    | 1     | 24    | 9.8        | 70   | 5              | 5    | 1     | 350   | 100        | 1100  |
| 3                                                                                                                  | 5    | 0     | 25    | 9.8        | 70   | 5              | 5    | 2     | 540   | 150        | 1700  |
| 4                                                                                                                  | 0    | 0     | 13    | 4.1        | 35   | 5              | 5    | 3     | 920   | 220        | 2600  |
| 4                                                                                                                  | 0    | 1     | 17    | 5.9        | 36   | 5              | 5    | 4     | 1600  | 400        | 4600  |
|                                                                                                                    |      |       |       |            |      | 5              | 5    | 5     | >1600 | 700        | --    |



**Ceneval, A.C.**

Camino al Desierto de los Leones (Altavista) 19,  
Col. San Ángel, Del. Álvaro Obregón, C.P. 01000, México, CDMX  
[www.ceneval.edu.mx](http://www.ceneval.edu.mx)

El Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior es una asociación civil sin fines de lucro que quedó formalmente constituida el 28 de abril de 1994, como consta en la escritura pública número 87036 pasada ante la fe del notario 49 de la Ciudad de México. Sus órganos de gobierno son la Asamblea General, el Consejo Directivo y la Dirección General. Su máxima autoridad es la Asamblea General, cuya integración se presenta a continuación, según el sector al que pertenecen los asociados, así como los porcentajes que les corresponden en la toma de decisiones:

**Asociaciones e instituciones educativas**

Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior, A.C. (ANUIES); Federación de Instituciones Mexicanas Particulares de Educación Superior, A.C. (FIMPES); Instituto Politécnico Nacional (IPN); Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM); Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM); Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP); Universidad Autónoma de Yucatán (UADY); Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP); Universidad Tecnológica de México (UNITEC).

**Asociaciones y colegios de profesionales**

Barra Mexicana Colegio de Abogados, A.C.; Colegio Nacional de Actuarios, A.C.; Colegio Nacional de Psicólogos, A.C.; Federación de Colegios y Asociaciones de Médicos Veterinarios y Zootecnistas de México, A.C.; Instituto Mexicano de Contadores Públicos, A.C.

**Organizaciones productivas y sociales**

Academia de Ingeniería, A.C.; Academia Mexicana de Ciencias, A.C.; Academia Nacional de Medicina, A.C.; Fundación ICA, A.C.

**Autoridades educativas gubernamentales**

Secretaría de Educación Pública.

- Ceneval, A.C.®, EXANI-I®, EXANI-II® son marcas registradas ante la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial con el número 478968 del 29 de julio de 1994. EGEL®, con el número 628837 del 1 de julio de 1999, y EXANI-III®, con el número 628839 del 1 de julio de 1999.
- Inscrito en el Registro Nacional de Instituciones Científicas y Tecnológicas del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología con el número 506 desde el 10 de marzo de 1995.
- Organismo Certificador acreditado por el Consejo de Normalización y Certificación de Competencia Laboral (CONOCER) (1998).
- Miembro de la International Association for Educational Assessment.
- Miembro de la European Association of Institutional Research.
- Miembro del Consortium for North American Higher Education Collaboration.
- Miembro del Institutional Management for Higher Education de la OCDE.



CENTRO NACIONAL  
DE EVALUACIÓN PARA  
LA EDUCACIÓN SUPERIOR, A.C.

Dirección del Área de los EGEL

ENERO • 2017