



Formulario

Examen General para el Egreso
de la Licenciatura en Ingeniería en Alimentos

EGEL Plus IALI

Formulario
Examen General para el Egreso
de la Licenciatura en Ingeniería en Alimentos
EGEL Plus IALI

Directorio

Carmen Enedina Rodríguez Armenta
Directora General

Alejandra Zúñiga Bohigas
Directora de los Exámenes
Generales para el Egreso de la Licenciatura

David González Ramírez
Subdirector de Evaluación de Egreso
en Diseño, Ingenierías y Arquitectura

Luis Abraham Maya Olivares
Responsable del EGEL Plus® Sección
Disciplinar en Ingeniería en Alimentos

Formulario

D.R. © 2025
Centro Nacional de Evaluación
para la Educación Superior, A.C. (Ceneval)

Cuarta edición

Contenido

Transferencia de momento	7
Densidad relativa.....	7
Viscosidad absoluta.....	7
Viscosidad cinemática.....	7
Ley de Newton.....	7
Ley de potencia.....	7
Presión.....	7
Número de Reynolds.....	8
Coeficiente de resistencia en accesorios.....	8
Tabla de coeficiente de resistencia en accesorios para régimen turbulento (K_f).....	9
Caída de presión y factor de fricción en régimen laminar	9
Fanning.....	9
Darcy.....	9
Rugosidad relativa.....	9
Diámetro de tubería en acero inoxidable y sanitaria.....	10
Especificaciones para tubos de acero comercial según norma ANSI.....	10
Factor de fricción en régimen turbulento (Diagrama de Moody).....	11
Rugosidad relativa.....	12
Ecuación de energía mecánica	13
Balance de Bernoulli.....	13
Balance de energía mecánica.....	13
Medición del flujo	14
Tubo Pitot.....	14
Tubo Venturi.....	14
Flujos.....	14
Potencia de una bomba.....	14
Agitación y Mezclado	15
Mezclado.....	15
Agitación.....	15
Aumento de escala en agitadores.....	16
Extrusión.....	16
Transferencia de calor	21
Intercambiadores de calor y evaporación	21
Coeficiente de ensuciamientos típicos.....	24
Datos térmicos de algunos productos alimenticios.....	25
Calor específico a presión constante de algunos alimentos (valores promedio de C_p a 273-373 K o 0-100 °C).....	26
Propiedades termofísicas de algunos alimentos (conductividad térmica, densidad y viscosidad).....	28
Eficiencia térmica.....	29
Transferencia de calor en estado estacionario	30
Conducción	30
Pared simple.....	30
Pared plana compuesta.....	30
En tuberías.....	30
Convección natural	31
Coeficiente global de transferencia de calor en un tubo.....	31
Superficies planas y cilindros verticales.....	31
Cilindros horizontales.....	32
Convección forzada	33
Flujo laminar.....	33
Flujo turbulento.....	33
Superficies planas.....	33
Exterior de tubos.....	33
Radiación.....	33

Transferencia de calor en estado no estacionario.....	34
Conducción en estado no estacionario	35
Esterilización	36
Pasteurización.....	36
Enfriamiento	37
Congelación.....	38
Transferencia de masa.....	39
Balance general de materia y energía	39
Fracciones molares	39
Tiempo de secado.....	39
Carta psicométrica a altas temperaturas	41
Carta psicométrica a bajas temperaturas.....	42
Coefficientes de distribución	43
Cinética de reacción	43
Ecuación de Arrhenius	44
Lixiviación.....	44
Liofilización	44
Presión osmótica	45
Cristalización.....	45
Difusividad.....	45
Operaciones físico-mecánicas	46
Filtración (a caída de presión constante).....	46
Filtración (a velocidad constante)	46
Precipitación y sedimentación.....	46
Centrifugación.....	47
Desplazamiento lineal de las partículas en flotación y sedimentación.....	48
Reducción de tamaño	48
Escala de tamices Tyler estándar.....	49
Control estadístico del proceso	50
Capacidad del proceso.....	50
Índice K	50
Índice Z.....	50
Índice de Taguchi	50
Tabla para control de procesos	51
Tabla de gráficos por atributos.....	52
Tabla de muestreo sencillo por límite del promedio de calidad final (LPCF) 2.0%.....	53
Tabla de Dodge-Roming de muestreo único para una tolerancia del porcentaje defectuoso en un lote (LTPD) = 1.0%.....	54
Tabla de cálculo de los límites de control para las cartas X y S con tamaño de muestra variable.....	55
Tabla de la carta de control de la fracción disconforme con tamaño de la muestra variable.....	56
Tabla de letras de código para el tamaño de la muestra (MIL, STD 105E).....	57
Tabla para la inspección normal - muestreo único (MIL, STD 105E).....	58
Tabla para la inspección reducida - muestreo único (MIL, STD 105E), tabla II-C.....	59

Letras códigos para el tamaño de muestra para MIL STD 414 (muestreo para variables)	60
Tabla para inspección normal y severa (variabilidad desconocida, método de la desviación estándar), método M	61
Curvas OC de la letra de código para el tamaño de la muestra K, (MIL, STD 105E)	62
Tabla de inspección de Dodge-Roming – planes de muestreo único para AOQL = 3.0%	63
Tabla de inspección de Dodge-Roming de muestreo único para una tolerancia del % defectuoso en un lote (LTPD) = 1.0%	64
Tabla de los factores para construir cartas de control para variables.....	65
Ecuaciones para el cálculo de los factores de control.....	66
Tabla de valores de la función de distribución de U P(U < Uo); Uo es el argumento; $n_1 < n_2$; $3 < n_2 < 10$	67
Anexos.....	73
Tablas de equivalencia.....	73
Constante de los gases ideales (R).....	74
Aceleración de la gravedad.....	74
Tabla de propiedades del aire y el agua	75
Propiedades de vapor saturado	78
Tabla de relaciones f_h/U : g para valores de $z = 10$ °C.....	80
Tabla para determinar el NMP de microorganismos	81
Tabla para determinar el NMP de microorganismos	82
Consejo Técnico.....	84

Transferencia de momento

Densidad relativa

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

ρ_{rel} = densidad relativa

ρ_{fluido} = densidad del fluido

ρ_{agua} = densidad del agua

Viscosidad absoluta

$$\mu = \frac{\tau}{\left(\frac{dv}{dy}\right)} = \frac{\sigma}{\dot{\gamma}}$$

μ = viscosidad absoluta

τ = esfuerzo de corte

$\frac{dv}{dy}$ = velocidad de corte

σ = esfuerzo de corte

$\dot{\gamma}$ = velocidad de corte o de cizalla

Viscosidad cinemática

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

μ = viscosidad absoluta

μ_c = viscosidad cinemática

ρ = densidad del fluido

Ley de Newton

σ = esfuerzo de corte

$\dot{\gamma}$ = velocidad de corte o de cizalla

$$\sigma = \mu \dot{\gamma}$$

Ley de potencia

$$\tau = K \left(\frac{dv}{dy}\right)^n$$

K = índice de consistencia

n = índice de comportamiento al flujo

$$\sigma = K \dot{\gamma}$$

Presión

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

P_{abs} = presión absoluta

P_{atm} = presión atmosférica

P_{man} = presión manométrica

$$P_{hid} = \rho g h$$

P_{hid} = presión hidrostática

ρ = densidad del fluido

g = aceleración gravitacional

h = altura del líquido

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

$P_{vap\ alim}$ = 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

$$\Delta P_{permisible} = P_{sistema} - P_{vap\ alim}$$

$P_{sistema}$ = presión según las condiciones del sistema

Caída de presión y coeficiente de resistencia en accesorios

Número de Reynolds

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

$$Re_{gen} = \frac{D^{n'} v^{2-n'} \rho}{K' 8^{n'-1}}$$

$$n' = n$$

$$K' = K \left(\frac{3n' + 1}{4n'} \right)^{n'}$$

Re = número de Reynolds

Re_{gen} = número de Reynolds generalizado

ρ = densidad del fluido

μ = viscosidad absoluta

D = diámetro del tubo

v = velocidad lineal

$K = K'$ = índice de consistencia

$n = n'$ = índice de comportamiento al flujo

Coefficiente 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

ΔP_{acc} = caída de presión en accesorios

$\frac{L}{D}$ = longitud equivalente

ρ = 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

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

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

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

Darcy

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

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

Rugosidad relativa

$$Rugosidad_{relativa} = \frac{\epsilon}{D}$$

ΔP_{tr} = caída de presión en tramo recto

L = longitud de tubería

ρ = densidad

v = velocidad lineal

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

ϵ = rugosidad de la tubería

D = diámetro de tubería

Diámetro de tubería en acero inoxidable y sanitaria

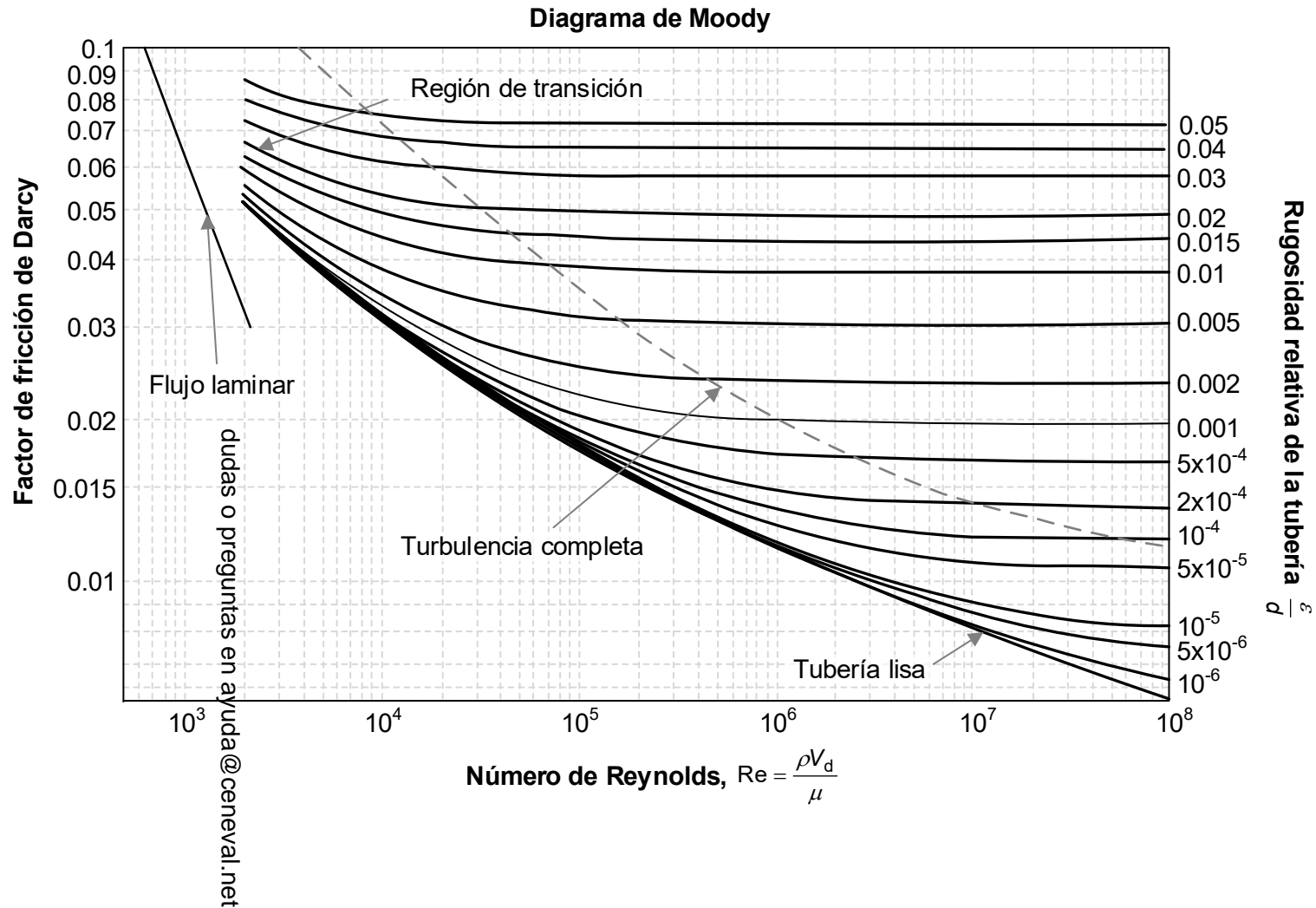
Medida nominal (in)	Tubería de acero inoxidable cédula 40		Tubería sanitaria	
	Diámetro interno (in)	Diámetro externo (in)	Diámetro interno (in)	Diámetro externo (in)
0.5	0.622	0.84		
0.75	0.824	1.050		
1	1.049	1.315	0.902	1.000
1.5	1.610	1.900	1.402	1.500
2.0	2.067	2.375	1.870	2.000
2.5	2.469	2.875	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" 4th edition. Academic Press.

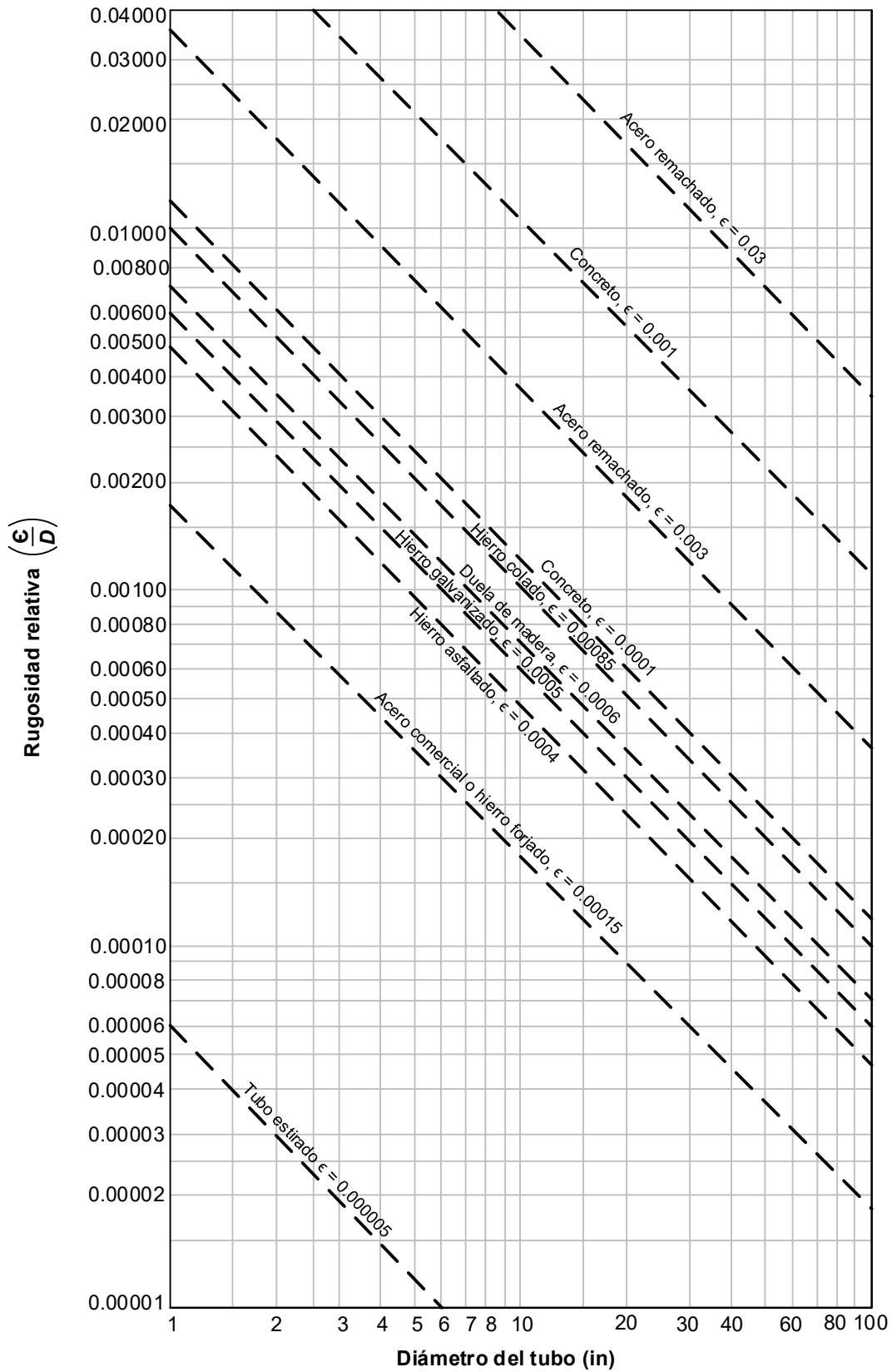
Especificaciones para tubos de acero comercial según norma ANSI

D _{nominal} (in)	Cédula	D _{interior} (in)	D _{exterior} (in)
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	
	80	9.750	

Factor de fricción en régimen turbulento (Diagrama de Moody)



Rugosidad relativa



Ecuación de energía mecánica

Balance de Bernoulli

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

g = aceleración gravitacional
 v = velocidad lineal
 Z = altura
 P = presión del sistema
 W_f = trabajo de flecha o trabajo suministrado al fluido
 W_p = trabajo suministrado a la bomba
 η = eficiencia
 g_c = factor de conversión gravitacional
 α = factor de corrección de energía cinética (régimen turbulento $\alpha = 2$)
 ρ = densidad

Balance de energía mecánica

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

$\sum hfs$ = 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 o trabajo suministrado al fluido
 W_p = trabajo suministrado a la bomba
 η = eficiencia
 g_c = factor de conversión gravitacional
 α = factor de corrección de energía cinética (régimen turbulento $\alpha = 2$)
 ρ = densidad

$$W_f = \eta W_p$$

Medición del flujo

Tubo Pitot

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

Tubo Venturi

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

Flujos

$$\dot{V} = Av$$

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

Potencia de una bomba

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

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

ρ = densidad

v_2 = velocidad en el estrechamiento

D_1 y D_2 = diámetro en el punto 1 y 2, respectivamente

\dot{m} = flujo másico

ρ = densidad del fluido

\dot{V} = flujo volumétrico

A = área transversal

P_b = potencia de la bomba

E_m = energía mecánica

\dot{m} = flujo másico

Agitación y Mezclado

Mezclado

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

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

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

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

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

N_p = número de potencia

Re' = número de Reynolds del impulsor

N_{Fr} = número de Froude

P = potencia del impulsor

ρ = densidad

N = velocidad de giro

D = diámetro del impulsor

v = velocidad lineal

μ = viscosidad absoluta

K_L, K_T = constante para tanques (ver tabla 1)

D_a = diámetro del agitador

g = aceleración gravitacional

σ = tensión superficial

ψ = fracción volumétrica de líquido o gas en la dispersión

\bar{D}_s = diámetro medio de la gota

g_c = factor de conversión gravitacional

μ_d = viscosidad dinámica

μ_c = viscosidad cinemática

Aumento de escala en agitadores

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

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

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

$$J_2 = R J_1$$

$$W_2 = R W_1$$

Extrusión

$$\bar{t} = \frac{kwhL}{Q_v \sin \theta}$$

$$v = \frac{\Delta P w h^3}{12 \mu L} + \frac{\mu_{pared} h w}{2}$$

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

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

\bar{t} = tiempo de residencia promedio

k = número de hilos del tornillo

w = distancia entre hilos

h = profundidad de hilos

L = longitud del tornillo

Q_v = velocidad de flujo del material

θ = ángulo de inclinación de los hilos

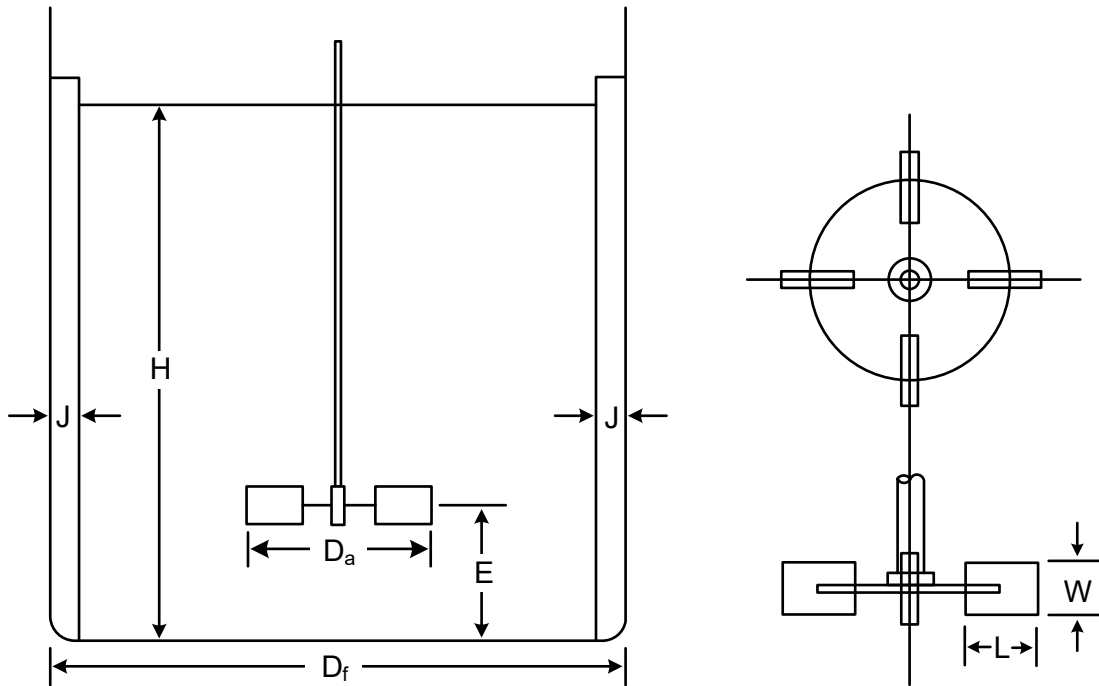
μ = viscosidad del producto

μ_{pared} = velocidad lineal del producto en la pared

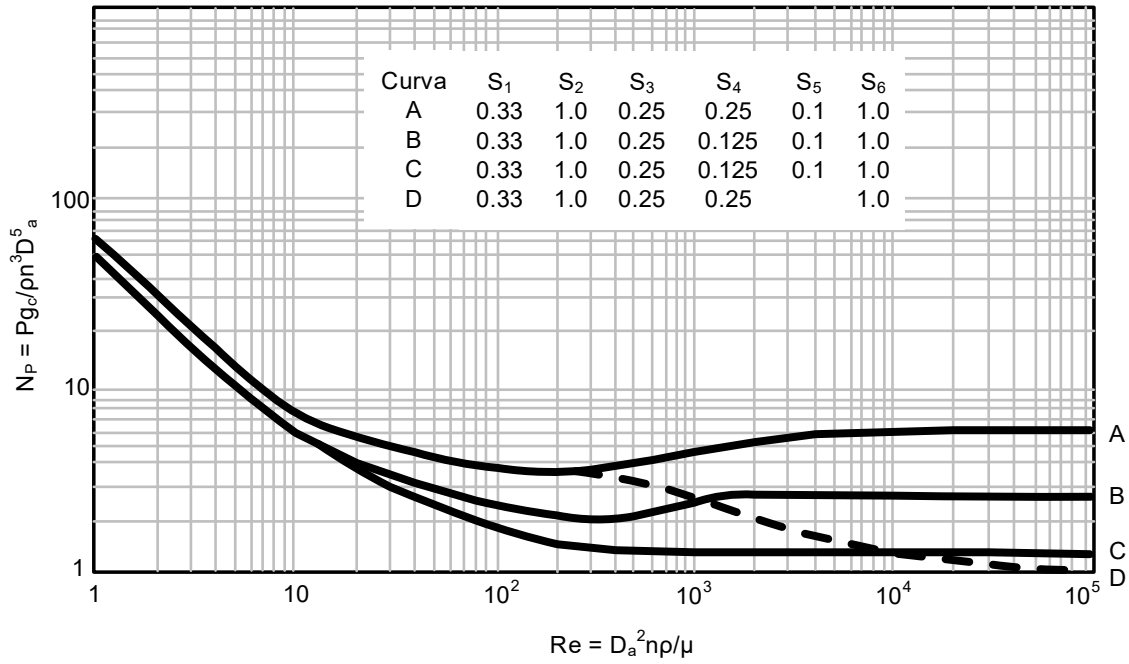
ΔP = caída de presión en la longitud del canal

v = velocidad de flujo volumétrico

Dimensiones de un tanque de agitación con impulsor tipo turbina y deflectores



Número de potencia N_P frente a 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 $N_{Fr} S_1 = \frac{D_a}{D_t}$, $S_2 = \frac{E}{D_a}$, $S_3 = \frac{L}{D_a}$, $S_4 = \frac{W}{D_a}$, $S_5 = \frac{J}{D_t}$, $S_6 = \frac{H}{D_t}$



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}

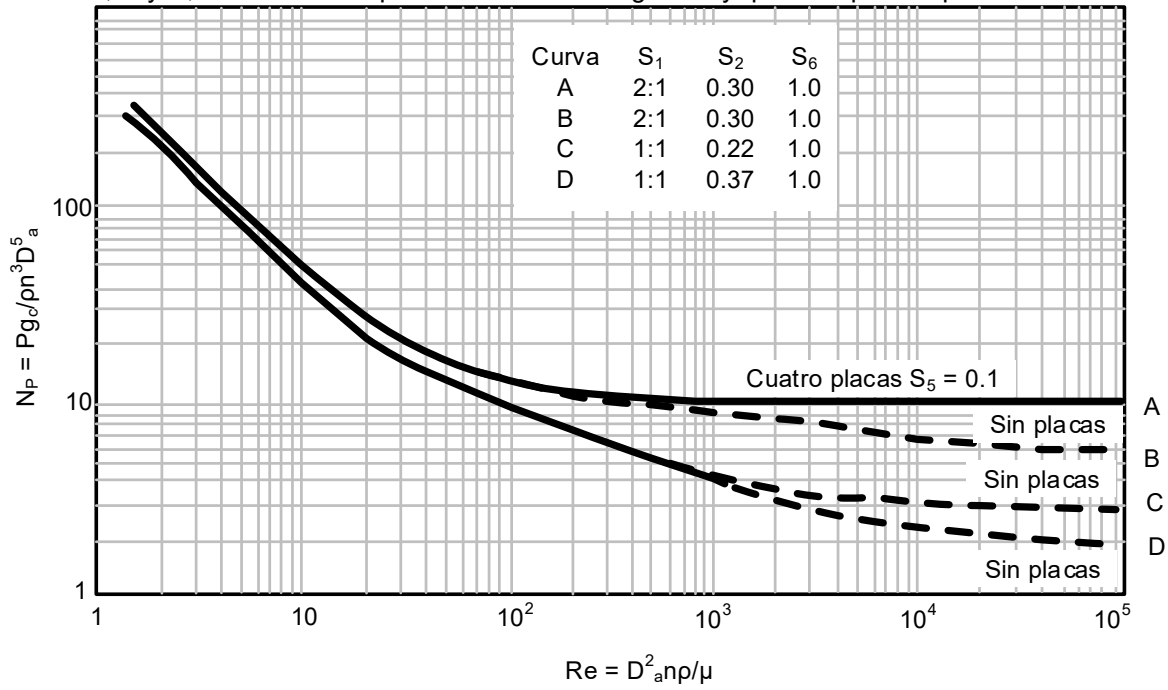


Tabla 1. Valores de las constantes K_L y K_T para tanques que tienen cuatro deflectores, con anchura igual al 10% del diámetro del tanque

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° , $S_4 = 0.2$)	---	1.63
Cuatro palas inclinadas (45° , $S_4 = 0.2$)	44.5	1.27
Paleta plana, dos palas ($S_4 = 0.2$)	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

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

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

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

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

ΔT_{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

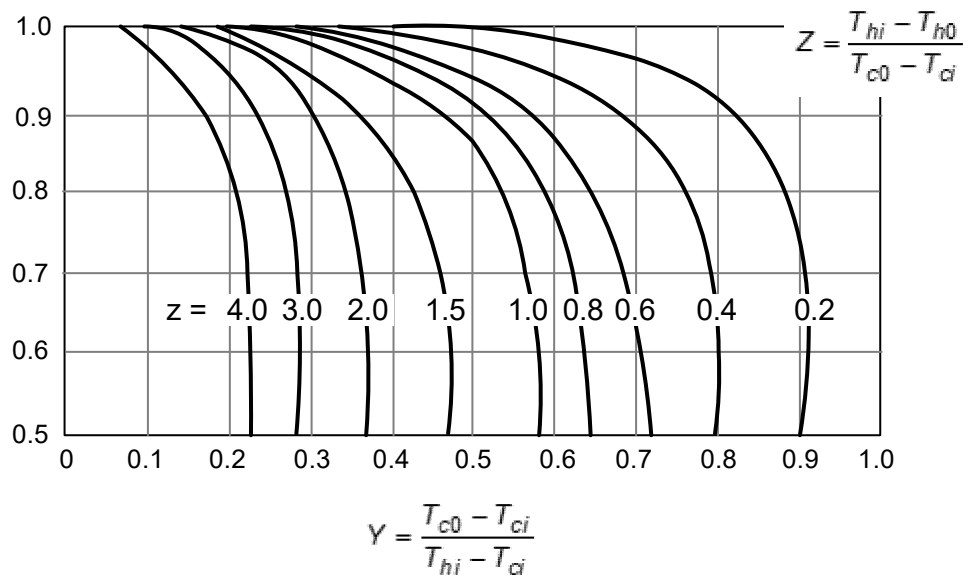
Z = relación adimensional para el cálculo del factor corrección

Y = relación adimensional para el cálculo del factor corrección

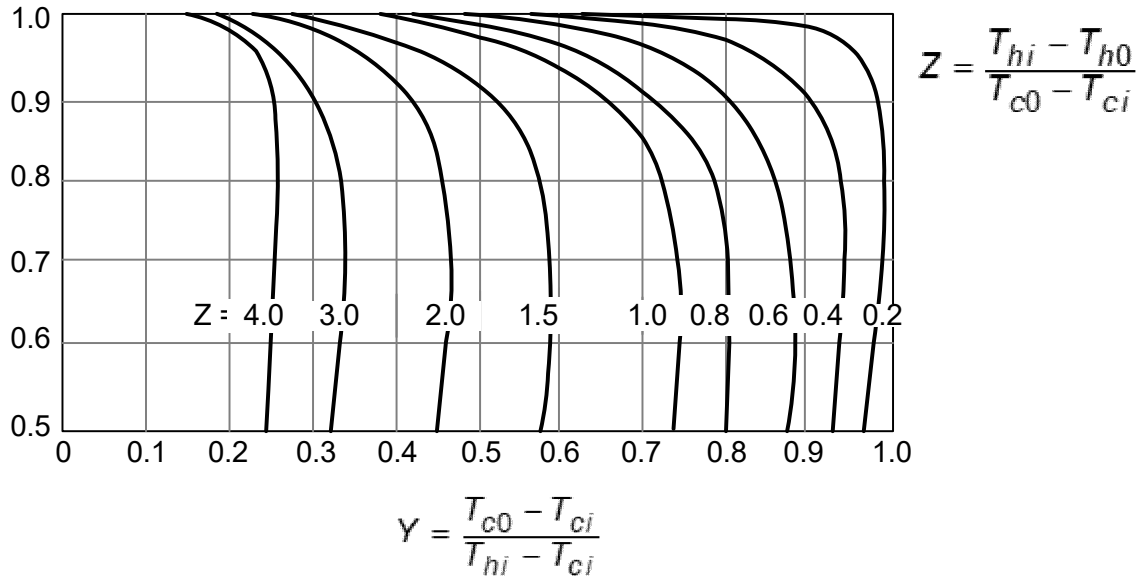
ΔT_m = diferencia de temperatura corregida

F_T = factor de corrección

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)

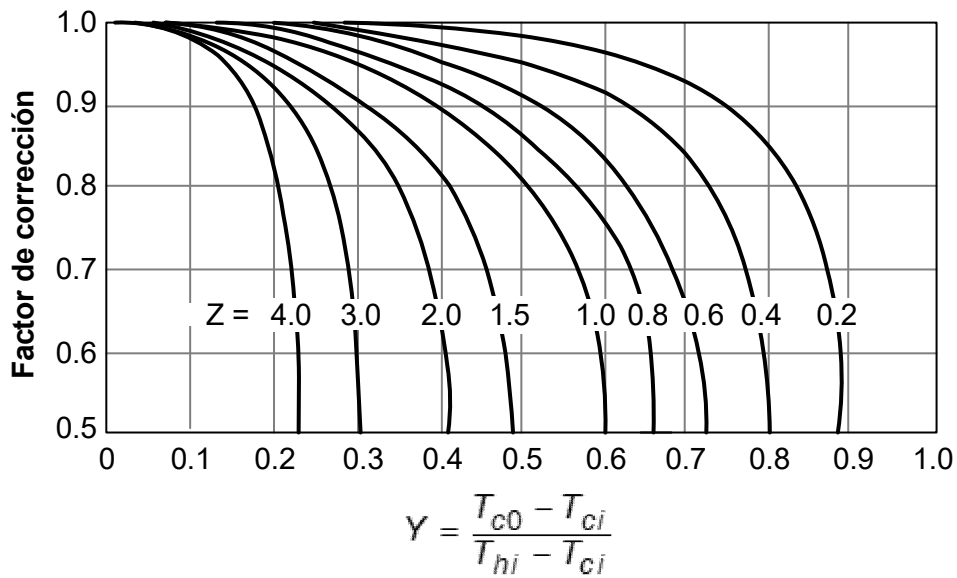


Factor de corrección F_T para la media logarítmica de las diferencias de temperaturas en intercambiadores de dos pasos por la coraza y cuatro pasos por los tubos (intercambiador 2-4)

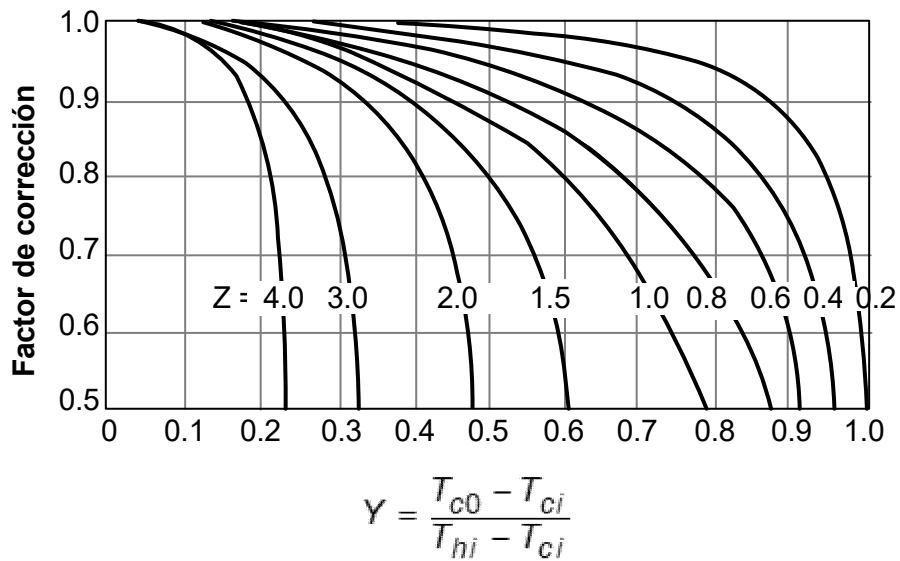


Factor de corrección F_T para la media logarítmica de las diferencias de temperatura para intercambiadores de flujo transversal [$Z = (T_{hi} - T_{h0}) / (T_{c0} - T_{ci})$]

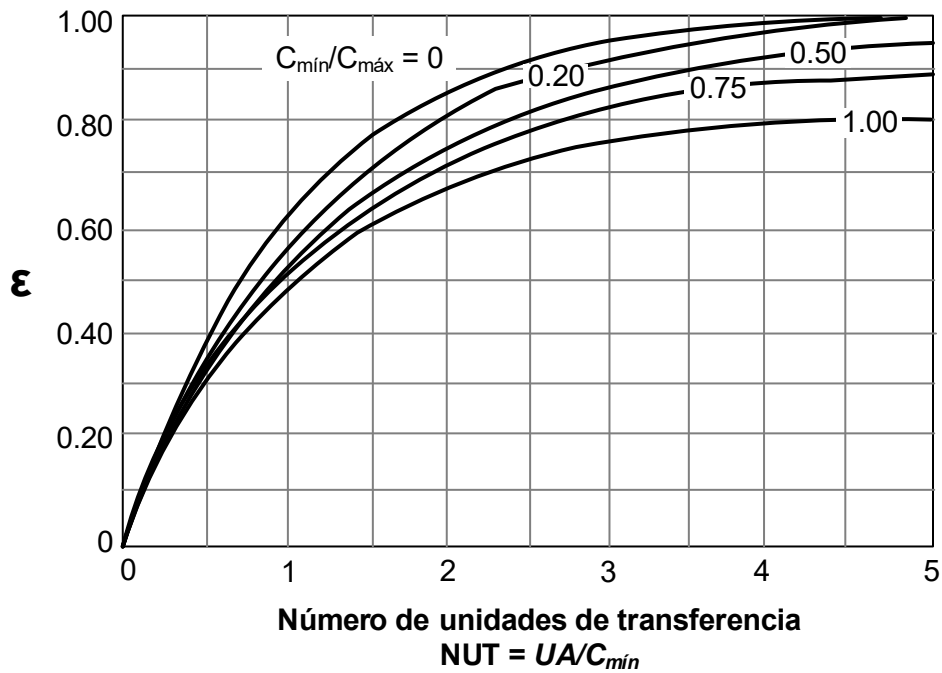
Paso sencillo, fluido mezclado en la coraza, otro fluido no mezclado.



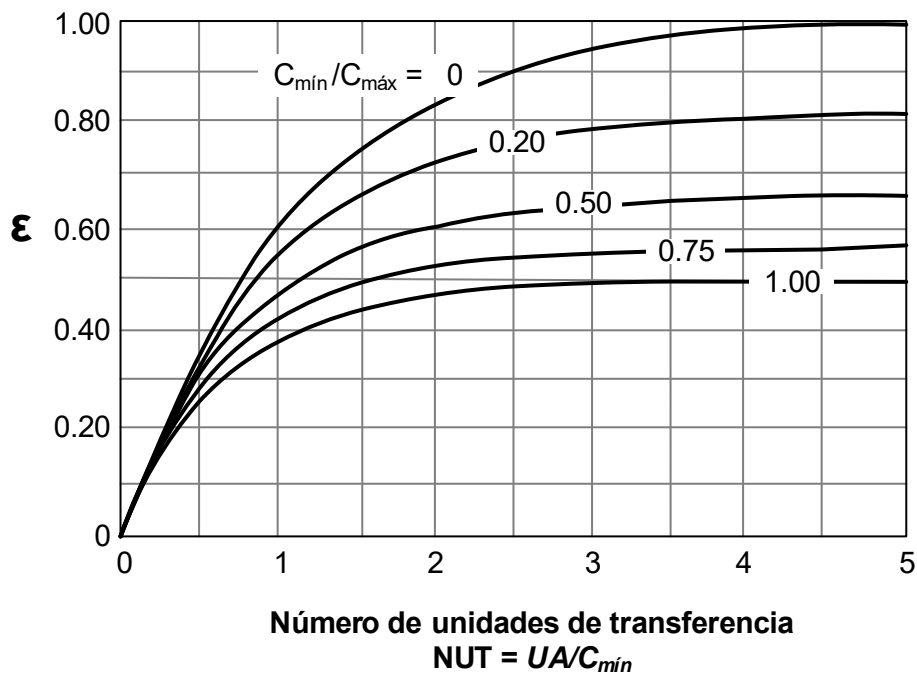
Factor de corrección FT para la media logarítmica de las diferencias de temperatura para intercambiadores de flujo transversal [$Z = (T_{hi} - T_{ho}) / (T_{co} - T_{ci})$]
 Paso sencillo, ambos fluidos no mezclados.



Eficiencia ϵ de un intercambiador de calor a contracorriente



Eficiencia ϵ de un intercambiador de calor de flujo en paralelo



Coefficiente de ensuciamientos típicos

	$h_d \left(\frac{W}{m^2 K} \right)$	$h_d \left(\frac{BTU}{hft^2 \circ F} \right)$
Agua destilada y de mar	11 350	2 000
Agua municipal	5 680	1 000
Agua fangosa	1 900-2 840	350-500
Gases	2 840	500
Líquidos volátiles	2 840	500
Aceites vegetales y minerales	1 990	350

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

	$\overline{U} \left(\frac{W}{m^2 K} \right)$	$\overline{U} \left(\frac{BTU}{hft^2 \circ F} \right)$
De agua a agua	1 140-1 700	200-300
De agua a solución salina	570-1 140	100-200
De agua a líquidos orgánicos	570-1 140	100-200
De agua a vapor de condensación	1 420-2 270	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	1 420-2 270	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 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

Calor específico a presión constante de algunos alimentos (valores promedio de C_p a 273-373 K o 0-100 °C)

Material	H ₂ O (% en peso)	C _p (kJ/kg · K)
Manzanas	75-85	3.73-4.02
Puré de manzana		4.02*
Espárragos:		
Frescos	93	3.94 [†]
Congelados	93	2.01 [‡]
Tocino magro	51	3.43
Puré de plátano		3.66 [§]
Carne de res	72	3.43
Pan blanco	44-45	2.72-2.85
Mantequilla	15	2.30
Melón	92.7	3.94 [†]
Zanahoria	88.2	3.81-3.94
Queso suizo	55	2.68 [†]
Maíz dulce:		
Fresco		3.32 [†]
Congelado		1.77 [‡]
Crema con 45-60% de grasa	57-73	3.06-3.27
Pepino	97	4.10
Huevos:		
Frescos		3.18 [†]
Congelados		1.68 [‡]
Yema de huevo	4.00	2.81
Bacalao:		
Fresco	70	3.18
Congelado	70	1.72 [‡]
Harina	12-13.5	1.80-1.88
Hielo	100	1.958
Helado:		
Fresco	58-66	3.27 [†]
Congelado	58-66	1.88 [‡]
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 [†]
Congeladas	87.2	1.93 [‡]
Guisantes secos	14	1.84
Guisantes verdes:		
Frescos	74.3	3.31 [†]
Congelados	74.3	1.76 [‡]
Sopa de guisantes		4.10
Ciruelas	75-78	3.52
Cerdo:		
Fresco	60	2.85 [†]
Congelado	60	1.34 [‡]
Papas	75	3.52
Aves:		
Frescas	74	3.31 [†]

Material	H ₂ O (% en peso)	C _p (kJ/kg · K)
Congeladas	74	1.55‡
Sardinas	57.4	3.01
Salchichas alemanas:		
Frescas	60	3.60†
Congeladas	60	2.35†
Alubias:		
Frescas	88.9	3.81†
Congeladas	88.9	1.97†
Tomates	95	3.98†
Tenera	63	3.22
Agua	100	4.185**

* 32.8 °C

† Por encima del punto de congelación.

‡ Por debajo del punto de congelación

§ 24.4 °C

¶ 4.4 °C.

|| -20 °C.

** 20 °C.

Propiedades termofísicas de algunos alimentos (conductividad térmica, densidad y viscosidad)

Material	H ₂ O (% en peso)	Temperatura (K)	k (W/m · k)	ρ (kg/m ³)	μ [(Pa · s) x 10 ³ , 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		
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		

$$Q = mCp\Delta T$$

Q = cantidad de calor

m = masa de producto

Cp = calor específico

ΔT = diferencia de temperatura

$$Q = \lambda m_v$$

Q = cantidad de calor

m_v = masa de producto

λ = calor latente

m_v = masa de vapor

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

Cp = 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
 ΔT = diferencia de temperatura

Pared plana 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
 ΔT = diferencia de temperatura
 k = conductividad térmica
 x = espesor de la pared

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

En tuberías

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

Q = cantidad de calor
 k = conductividad térmica
 r_o = radio externo del tubo
 r_i = radio interno del tubo
 L = longitud del tubo
 ΔT = diferencia de temperatura

Convección natural

Coefficiente global de transferencia de calor en un tubo

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

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

k = conductividad térmica

r_o = radio externo del tubo

r_i = radio interno del tubo

Superficies planas y cilindros verticales

$$Nu = 0.53(Pr Gr)^{0.25}$$

para $10^4 < (Pr Gr) < 10^9$

Nu = número de Nusselt

Pr = número de Prandtl

Gr = número de Grashof

h_c = coeficiente de transferencia de calor por convección

L = longitud del tubo

ΔT = diferencia de temperatura

D = diámetro

k = conductividad térmica

C_p = calor específico

μ = viscosidad absoluta

ρ = densidad

g = aceleración gravitacional

β = coeficiente de expansión térmica

$$Nu = 0.12(Pr Gr)^{0.33}$$

para $10^9 < (Pr Gr) < 10^{12}$

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

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

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

$$\beta = \frac{1}{T_{abs}}$$

Si el fluido es aire:

Para flujo laminar

$$h_c = 1.42(\Delta T / L)^{0.25}$$

para $10^4 < (Pr Gr) < 10^9$

Para flujo turbulento

$$h_c = 1.31(\Delta T)^{0.33}$$

para $10^9 < (Pr Gr) < 10^{12}$

Cilindros horizontales

$$Nu = 0.54 (Pr Gr)^{0.25}$$

para $10^3 < (Pr Gr) < 10^9$

Si el fluido es aire:

Para flujo laminar

$$h_c = 1.32 (\Delta T / D)^{0.25}$$

para $10^4 < (Pr Gr) < 10^9$

Para flujo turbulento

$$h_c = 1.24 (\Delta T)^{0.33}$$

para $10^9 < (Pr Gr) < 10^{12}$

Convección forzada

Flujo laminar

$$Nu = 4$$

Nu = número de Nusselt
 Re = número de Reynolds
 Pr = número de Prandtl

Flujo turbulento

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

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

μ = viscosidad del fluido
 μ_s = viscosidad superficial
 $n = 0.3$ enfriamiento
 $n = 0.4$ calentamiento

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

para $Re > 1000$

Para gases

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

Superficies planas

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

para $Re > 2 \times 10^4$

Nu = número de Nusselt
 Re = número de Reynolds
 Pr = número de Prandtl

Para aire

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

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

h_c = coeficiente de transferencia de calor por convección
 v = velocidad del aire

Exterior de tubos

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

para $Re > 200$

Nu = número de Nusselt
 Re = número de Reynolds
 Pr = número de Prandtl

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

para $1 < Re < 200$

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
 ε = emisividad
 σ = constante Stefan-Boltzmann
 T_1 = temperatura absoluta del emisor
 T_2 = temperatura absoluta del receptor

Transferencia de calor en estado no estacionario

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

Cuando $Bi < 0.2$

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

Cuando $Bi > 0.2$

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

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

Bi = número de Biot

h_c = coeficiente de transferencia de calor por convección

d = dimensión media característica

k = conductividad térmica del producto

θ = tiempo

m = masa del producto

C_p = calor específico del producto

h_c = coeficiente de transferencia de calor por convección

A = área

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

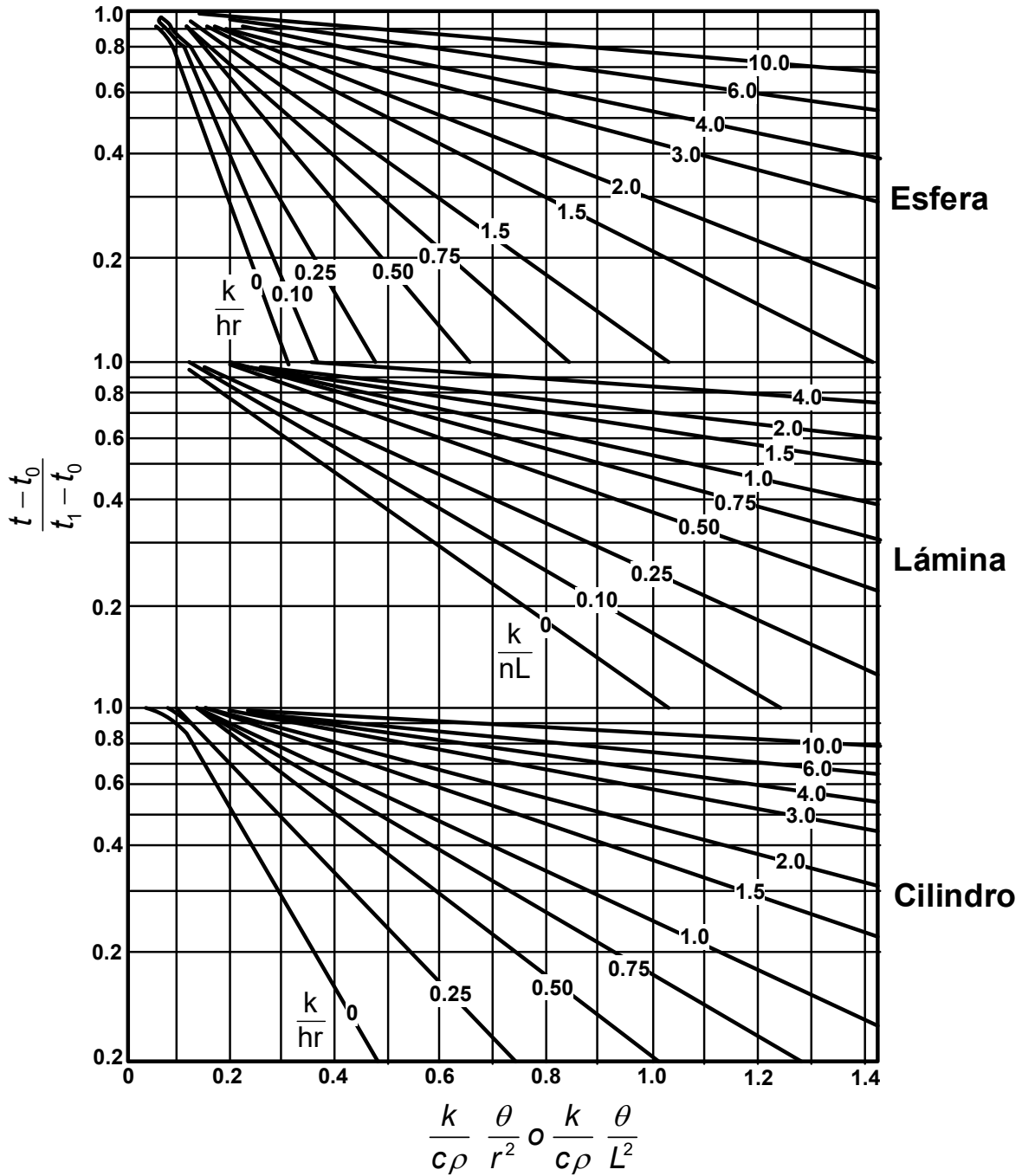
F_o = número de Fourier

k = conductividad térmica del producto

ρ = densidad

Conducción en estado no estacionario

Temperatura en el centro de una esfera, una lámina y un cilindro de dimensiones infinitas



Esterilización

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

$$k = Ae^{-\left(\frac{E_a}{RT}\right)}$$

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

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_a = 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

Valor D

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

k = constante de velocidad de destrucción de microorganismos (0.72289 min)

D = tiempo de reducción (min)

Valor Z

$$z = \frac{T_2 - T_1}{\log D_1 - \log D_2}$$

z = temperatura para reducir 10 veces el valor de D

T_1, T_2, \dots, T_n = temperatura de cada periodo de calentamiento

Letalidad

$$F = D_{121^\circ\text{C}} (\log N_0 - \log N)$$

D_1, D_2 = tiempo para reducir un logaritmo base 10 la población inicial de *Clostridium botulinum*

F = tiempo en minutos a 121.1 °C

N_0 = número original de organismos viables

N = número de organismos viables en un tiempo dado

Pasteurización

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

$F_{T_1}^z$ = 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 cuasi-homogéneos)

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

(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

ρ = densidad

h_c = coeficiente de transferencia de calor por convección

x = dimensión del material a enfriar

x_1 = $x/2$

m = flujo másico

λ = constante de calor latente

k_i = conductividad térmica de cada componente

k = conductividad térmica

ϕ_i = fracción volumétrica de cada componente

α = 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)

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

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

$$F_0 = \frac{\alpha\Delta t}{\Delta x^2}$$

$$m = \frac{1}{Bi} = \frac{k}{h_c x}$$

Q = cantidad de calor

A = área superficial

t = tiempo de congelación

ρ = densidad del material que se está congelando

λ = 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

T_0 = temperatura del medio frío

T_1 = temperatura inicial del producto

T_c = temperatura final de enfriamiento

Y = relación adimensional del proceso de enfriamiento

F_0 = número de Fourier

α = difusividad térmica

Δt = gradiente de tiempo

Δx = gradiente de espesor

Bi = número de Biot

m = factor de forma

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 aspersion en partículas esféricas

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

Tiempo de secado a periodo de velocidad constante

$$t_{cte} = \frac{W_{inicial} - W_{critica}}{V_{cte}}$$

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

$$h_a = c_s (T_a - T_0) + w \lambda_L$$

$$h_p = c_{pp} (T_p - T_0) + w c_{pw} (T_p - T_0)$$

t = tiempo de secado

λ = calor latente de vaporización

D = diámetro de partícula

ρ = densidad

k_d = conductividad térmica del aire alrededor de la gota

ΔT = diferencia de temperatura

Δw = diferencia de humedad

t_{cte} = tiempo de secado a periodo de velocidad constante

$W_{inicial}$ = humedad inicial del producto

$W_{critica}$ = humedad crítica del producto

V_{cte} = velocidad de secado

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

h_a = entalpía del aire (kJ/kg)

c_s = humedad del aire caliente (kJ/kg)

T_a = temperatura del aire (°C)

T_0 = temperatura de referencia (°C)

w = humedad absoluta (kg de agua/kg de aire seco)

λ_L = calor latente de vaporización del agua
(kJ/kg)

h_p = entalpía del producto alimenticio (kJ/kg)

c_{pp} = calor específico del producto sólido

$\left(\frac{\text{kJ } ^\circ\text{C}}{\text{kg}} \right)$

T_p = temperatura del producto ($^\circ\text{C}$)

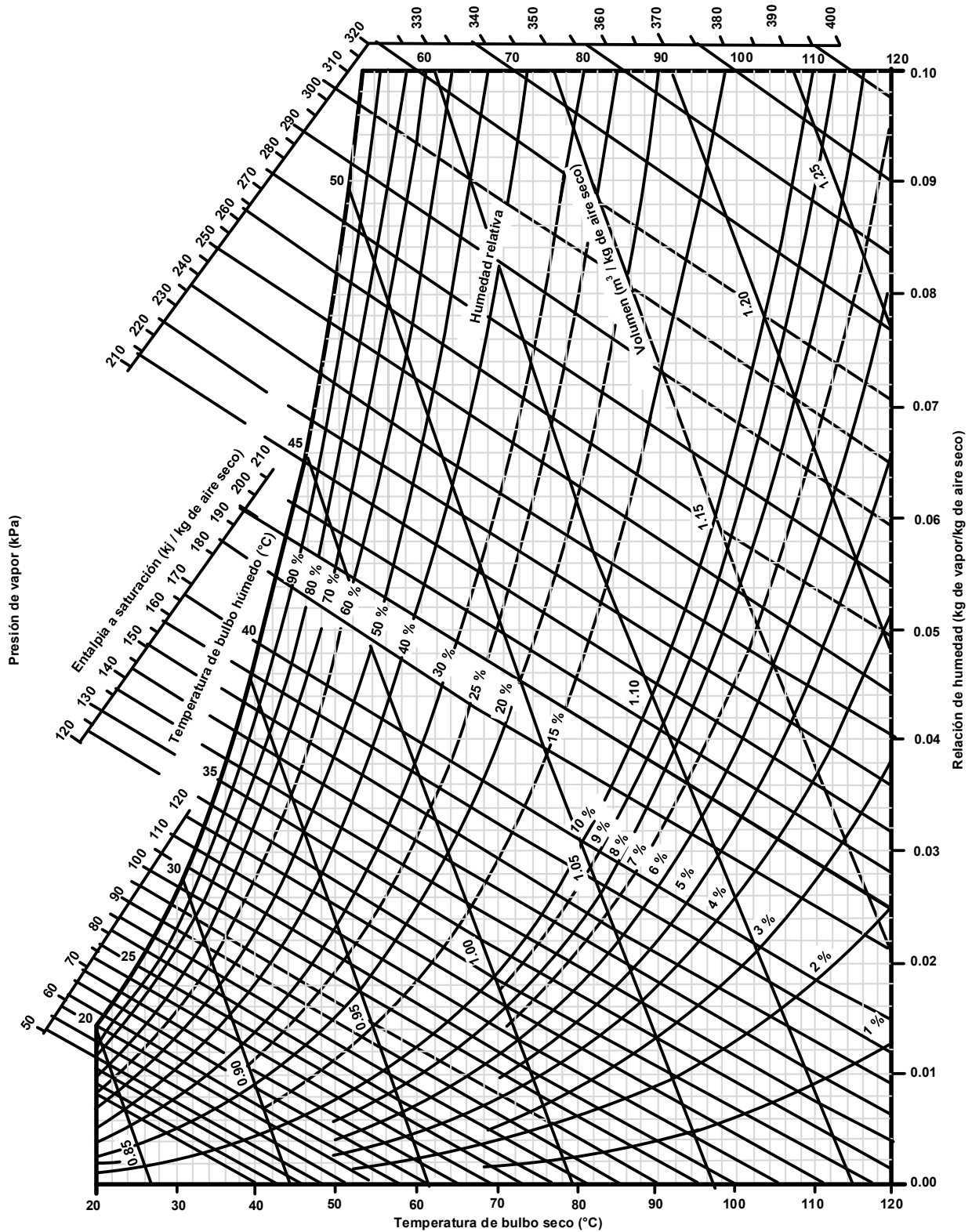
c_{pw} = calor específico del agua $\left(\frac{\text{kJ } ^\circ\text{C}}{\text{kg}} \right)$

w = contenido de humedad del producto

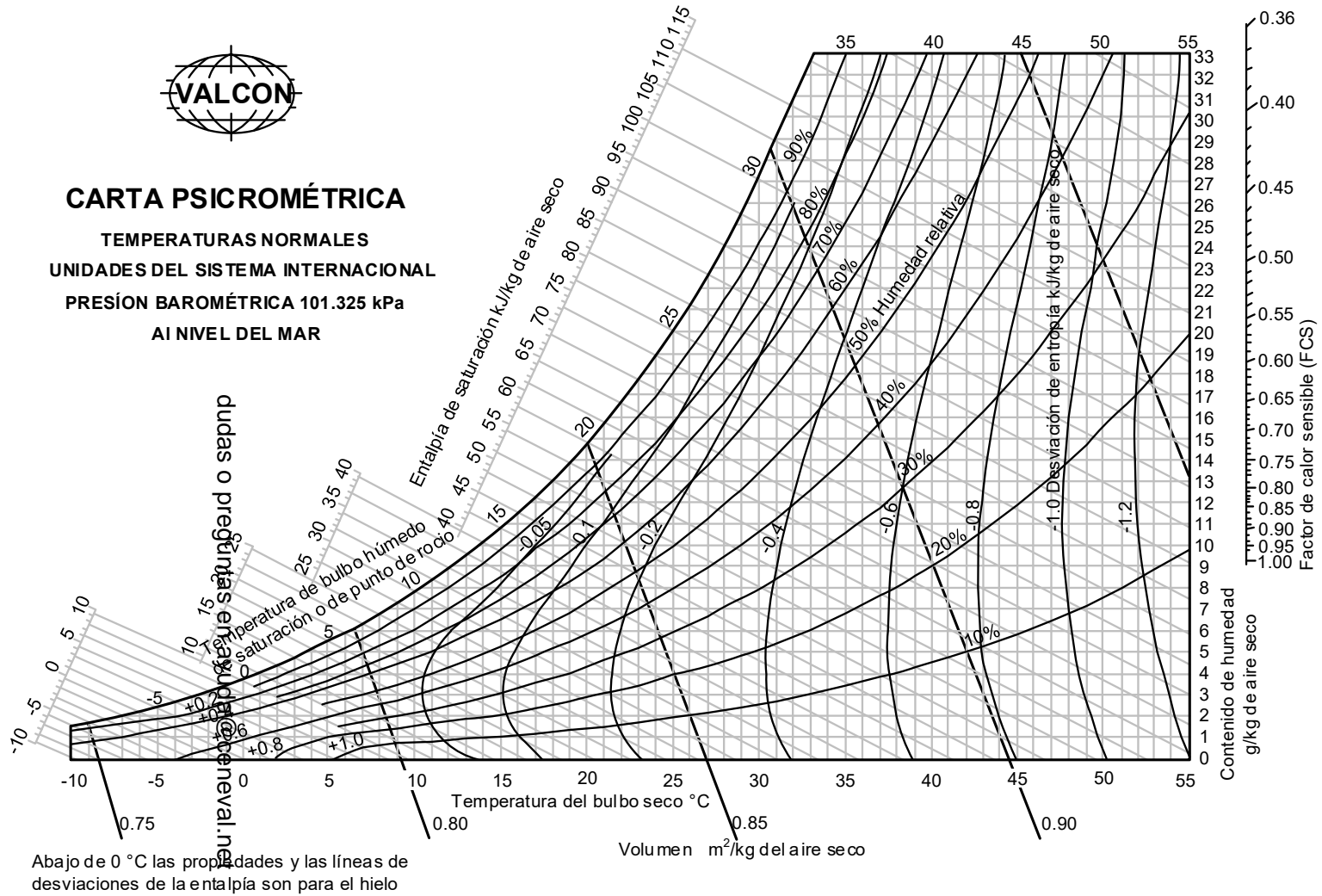
$\left(\frac{\text{kg de agua}}{\text{kg de sólidos}} \right)$

Carta psicrométrica a altas temperaturas

Presión atmosférica 1 atm



Carta psicrométrica a bajas temperaturas



Coefficientes de distribución

$$k_i = \frac{y_{ie}}{x_{ie}}$$

Para una solución ideal:

$$k_i = \frac{P_i}{P}$$

Cinética de reacción

Orden de reacción

Primer orden

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

Segundo orden



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

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

$$M = \frac{C_{B0}}{C_{A0}}$$



$$kt = \frac{1}{C_A} - \frac{1}{C_{A0}} = \frac{1}{C_{A0}} \left(\frac{X_A}{1 - X_A} \right)$$

k_i = coeficiente de distribución para la especie i

y_{ie} = composición de la especie i en la fase vapor en equilibrio

x_{ie} = composición de la especie i en la fase líquida en equilibrio

P_i = presión de vapor de la sustancia i .

P = presión total del sistema

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

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

Ecuación de Arrhenius

$$k = Ae^{-\left(\frac{E_a}{RT}\right)}$$

A = factor pre-exponencial
 E_a = 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

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

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
 T_f = temperatura del plano de sublimación o capa congelada
 k = conductividad térmica del sólido seco
 ΔL = 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

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

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

$$\dots \left(x_1 - x_2 - \frac{x_1^2}{2} + \frac{x_2^2}{2} \right)$$

Presión osmótica

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

Cristalización

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

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

$$G = \frac{D_2 - D_1}{t_2 - t_1}$$

Difusividad

Ley de Fick

$$J_{Az} = -D_{AB} \frac{dC_A}{dz}$$

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

$\frac{\Delta H_s}{M_A}$ = calor de sublimación

ΔH_s = calor latente de sublimación del hielo

x_1 = humedad en tiempo inicial

x_2 = humedad en tiempo final

Π = 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

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 (kg mol de A/s)

A_y = 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

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)

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

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

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

V = volumen total de filtrado

t = tiempo

K_p = pendiente de la recta a presión constante

B = constante de filtración a presión constante

ΔP = caída de presión

A = área de filtración

C_s = concentración de sólidos

α = resistencia específica de la torta

R_m = resistencia específica del medio filtrante

μ = viscosidad del líquido

Filtración (a velocidad constante)

$$\Delta P = \frac{\mu \alpha C_s Q^2}{2A^2} t_f + \frac{\mu R_m Q}{A}$$

$$\Delta P = k_v t_f + C$$

$$k_v = \frac{\mu \alpha C_s Q^2}{2A^2}$$

$$C = \frac{\mu R_m Q}{A}$$

Q = capacidad de filtración o flujo volumétrico

k_v = pendiente de la recta a velocidad constante

C = constante de filtración a velocidad constante

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

ρ_p = densidad de la partícula sólida

ρ = densidad del líquido

C_D = coeficiente de resistencia al flujo

Re = número de Reynolds

Centrifugación

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

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

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

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

F_c = fuerza centrífuga

F_g = fuerza de gravedad

r = radio

N = revoluciones por minuto

ω = velocidad angular

V = volumen del tazón de la centrifuga

b = altura del tazón de la centrifuga

r_2 = radio 2 de la centrifuga

r_1 = radio 1 de la centrifuga

q_c = velocidad de flujo

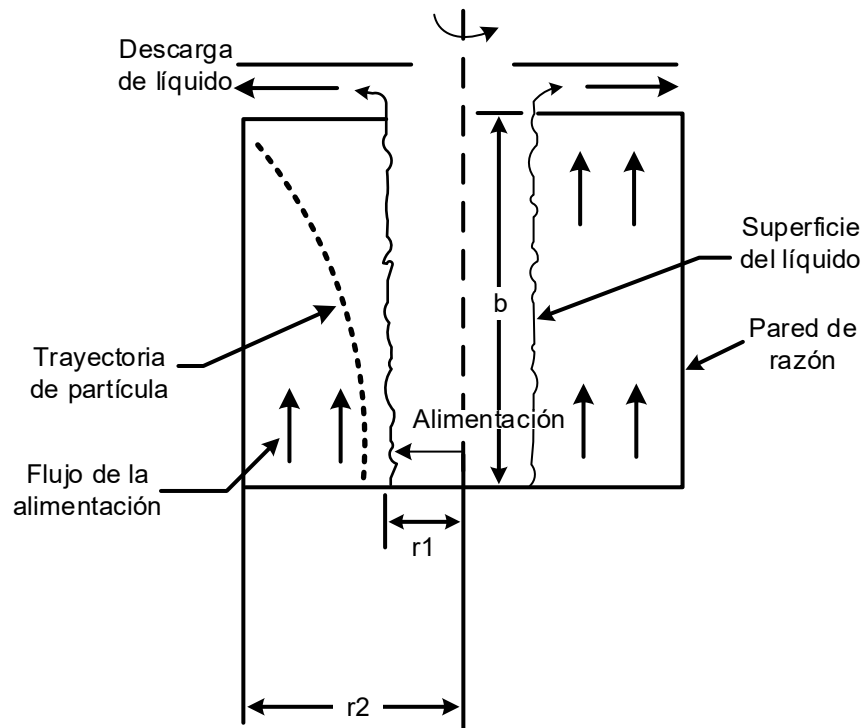
ρ_p = densidad de la partícula sólida

ρ = densidad del líquido

μ = viscosidad del líquido

D_{pc} = diámetro de la partícula crítico

Representación esquemática del proceso de centrifugación



Desplazamiento lineal de las partículas en flotación y sedimentación

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

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

v_f = velocidad de flotación

v_s = velocidad de sedimentación

D_p = diámetro de la partícula

μ = viscosidad del líquido

ρ_L = densidad del líquido

ρ_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 de Bond

K_R = constante de Rittinger

K_K = constante de Kick

Ley de Bond

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

Ley de Rittinger

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

Ley de Kick

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

Escala de tamices Tyler estándar

Abertura del tamiz		Diámetro nominal del alambre		Designación Tyler equivalente
mm	Pulg. (equivalentes aproximados)	mm	Pulg. (equivalentes aproximados)	
26.9	1.06	3.90	0.1535	1.050 pulg.
25.4	1.00	3.80	0.1496	
22.6	0.875	3.50	0.1378	0.883 pulg.
19.0	0.750	3.30	0.1299	0.742 pulg.
16.0	0.625	3.00	0.1181	0.624 pulg.
13.5	0.530	2.75	0.1083	0.525 pulg.
12.7	0.500	2.67	0.1051	
11.2	0.438	2.45	0.0965	0.441 pulg.
9.51	0.375	2.27	0.0894	0.371 pulg.
8.00	0.312	2.07	0.0815	23 mallas
6.73	0.265	1.87	0.0736	3 mallas
6.35	0.250	1.82	0.0717	
5.66	0.223	1.68	0.0661	33 mallas
4.76	0.187	1.54	0.0606	4 mallas
4.00	0.157	1.37	0.0539	5 mallas
3.36	0.132	1.23	0.0484	6 mallas
2.83	0.111	1.10	0.0430	7 mallas
2.38	0.0937	1.00	0.0394	8 mallas
2.00	0.0787	0.900	0.0354	9 mallas
1.68	0.0661	0.810	0.0319	10 mallas
1.41	0.0555	0.725	0.0285	12 mallas
1.19	0.0469	0.650	0.0256	14 mallas
1.00	0.0394	0.580	0.0228	16 mallas
0.841	0.0331	0.510	0.0201	20 mallas
0.707	0.0278	0.450	0.0177	24 mallas
0.595	0.0234	0.390	0.0154	28 mallas
0.500	0.0197	0.340	0.0134	32 mallas
0.420	0.0165	0.290	0.0114	35 mallas
0.354	0.0139	0.247	0.0097	42 mallas
0.297	0.0117	0.215	0.0085	48 mallas
0.250	0.0098	0.180	0.0071	60 mallas
0.210	0.0083	0.152	0.0060	65 mallas
0.177	0.0070	0.131	0.0052	80 mallas
0.149	0.0059	0.110	0.0043	100 mallas
0.125	0.0049	0.091	0.0036	115 mallas
0.105	0.0041	0.076	0.0030	150 mallas
0.088	0.0035	0.064	0.0025	170 mallas
0.074	0.0029	0.053	0.0021	200 mallas
0.063	0.0025	0.044	0.0017	250 mallas
0.053	0.0021	0.037	0.0015	270 mallas
0.044	0.0017	0.030	0.0012	325 mallas
0.037	0.0015	0.025	0.0010	400 mallas

Control estadístico del proceso

Capacidad del proceso

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

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

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

$$C_{pk} = \text{Mínimo} \left[\frac{\mu - EI}{3\sigma}, \frac{ES - \mu}{3\sigma} \right]$$

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

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

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

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

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

ES = límite superior de especificación

EI = límite inferior de especificación

σ = desviación estándar

\bar{R} = rango promedio

d_2 = factor para la línea central

C_p = índice de capacidad del proceso

C_r = razón de capacidad potencial

C_{pk} = capacidad real del proceso

C_{pi} = capacidad para la especificación inferior

C_{ps} = capacidad para la especificación superior

K = índice de centrado del proceso

C_{pm} = Índice de Taguchi

Z_s = índice superior

Z_i = índice inferior

N = punto medio de las especificaciones

μ = promedio de medias

τ = desviación

Tabla para control de procesos

Límites para el control de procesos						
	Con valores específicos μ y σ conocidos			Sin valores específicos μ y σ desconocidos		
Tipo	LCC	LSC	LIC	LCC	LSC	LIC
\bar{X} y R Subgrupos reducidos	Para medias: μ	$\mu + A\sigma$	$\mu - A\sigma$	$\bar{\bar{X}}$	$\bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$	$\bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$
	Para rangos: $D_2\sigma$	$D_2\sigma$	$D_1\sigma$	\bar{R}	$D_4\bar{R}$	$D_3\bar{R}$
\bar{X} y S Subgrupos reducidos	Para medias: μ	$\mu + A\sigma$	$\mu - A\sigma$	$\bar{\bar{X}}$	$\bar{\bar{X}} + A_3\bar{S}$	$\bar{\bar{X}} - A_3\bar{S}$
	Para desviación estándar: $c_3\sigma$	$B_6\sigma$	$B_5\sigma$	\bar{S}	$B_4\bar{S}$	$B_3\bar{S}$
\bar{X} y S Subgrupos grandes	Para medias: μ	$\mu + 3\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$	$\mu - 3\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$	$\bar{\bar{X}}$	$\bar{\bar{X}} + 3\frac{\bar{S}}{\sqrt{n}}$	$\bar{\bar{X}} - 3\frac{\bar{S}}{\sqrt{n}}$
	Para desviación estándar: σ	$\sigma + 3\frac{\sigma}{\sqrt{2n}}$	$\sigma - 3\frac{\sigma}{\sqrt{2n}}$	\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			
Tipo	LCC	LSC	LIC
Proporción defectuosa			
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}	$\bar{P} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$	$\bar{P} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$
Número de elementos defectuosos			
3. Con una especificación dada	nP'	$nP' + 3\sqrt{np'(1-p')}$	$nP' - 3\sqrt{np'(1-p')}$
4. Sin especificación	$n\bar{P}$	$n\bar{P} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$	$n\bar{P} - 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$
Número de defectos			
5. Con una especificación dada	C'	$C' + 3\sqrt{C'}$	$C' - 3\sqrt{C'}$
6. Sin especificación	\bar{C}	$\bar{C} + 3\sqrt{\bar{C}}$	$\bar{C} - 3\sqrt{\bar{C}}$
Número de defectos por unidad			
7. Con una especificación dada	$\frac{C'}{n}$	$\frac{C'}{n} + \left(\frac{3}{\sqrt{n}}\right)\sqrt{\frac{C'}{n}}$	$\frac{C'}{n} - \left(\frac{3}{\sqrt{n}}\right)\sqrt{\frac{C'}{n}}$
8. Sin especificación	$\frac{\bar{C}}{n}$	$\frac{\bar{C}}{n} + \left(\frac{3}{\sqrt{n}}\right)\sqrt{\frac{\bar{C}}{n}}$	$\frac{\bar{C}}{n} - \left(\frac{3}{\sqrt{n}}\right)\sqrt{\frac{\bar{C}}{n}}$
Gráfico de deméritos	\bar{D}	$\bar{D} + 3\sqrt{W_1^2\bar{C}_1 + W_2^2\bar{C}_2 + \dots + W_k^2\bar{C}_k}$	$\bar{D} - 3\sqrt{W_1^2\bar{C}_1 + W_2^2\bar{C}_2 + \dots + W_k^2\bar{C}_k}$

preguntas en ayuda@ceneval.net

www.ceneval.net

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					
	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 _t %	n	c	P _t %	n	c	P _t %	n	c	P _t %	n	c	P _t %	n	c	P _t %
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) = 1.0%

Tamaño de lote	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	Pr%	n	c	Pr%	n	c	Pr%	n	c	Pr%	n	c	Pr%	n	c	Pr%
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_r = porcentaje de defectuosos tolerable en el lote con un riesgo del consumidor (P_c) 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 ₃	Carta \bar{X}		B ₃	B ₄	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

dudas o preguntas en ayuda@ceneval.net

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

Número de muestra i	Tamaño de la muestra n_i	Número de unidades disconformes D_i	Fracción disconforme muestra $\bar{p} = D_i/n_i$	Desviación estándar $\hat{\sigma}_p = \sqrt{\frac{(0.096)(0.904)}{n_i}}$	Límites de control	
					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 o carga	Niveles de inspección especiales				Niveles de inspección generales		
	S-1	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	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	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	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re
A	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
B	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
C	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
D	8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
E	13	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
F	20	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
G	32	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
H	50	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
J	80	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
K	125	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
L	200	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
M	315	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
N	500	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
P	800	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Q	1 250	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
R	2 000	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑

- ↑ = Usar el primer plan debajo de la flecha
- ↓ = Usar el primer plana arriba de la flecha
- AC = Número de aceptación
- Re = Número de rechazo

preguntas en ayuda@ceneval.net

Letras códigos para el tamaño de muestra para MIL STD 414 (muestreo para variables)

Niveles de inspección					
Tamaño del lote	I	II	III	IV	V
3 a 8	B	B	B	B	C
9 a 15	B	B	B	B	D
16 a 25	B	B	B	C	E
26 a 40	B	B	B	D	F
41 a 65	B	B	C	E	G
66 a 110	B	B	D	F	H
111 a 180	B	C	E	G	I
181 a 300	B	D	F	H	J
301 a 500	C	E	G	I	K
501 a 800	D	F	H	J	L
801 a 1 300	E	G	I	K	L
1 301 a 3 200	F	H	J	L	M
3 201 a 8 000	G	I	L	M	N
8 001 a 22 000	H	J	M	N	O
22 001 a 110 000	I	K	N	O	P
110 001 a 550 000	I	K	O	P	Q
550 001 y más	I	K	P	Q	Q

dudas o preguntas en ayuda@ceneval.net

Tabla para inspección normal y severa (variabilidad desconocida, método de la desviación estándar), método M.

Letra código del tamaño de la muestra	Tamaño de la muestra	Nivel de calidad aceptable: NCA O AQL (inspección normal)													
		0.04	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.00	1.50	2.50	4.00	6.50	10.0	15.0
		M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
B	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	7.59	18.86	26.94	33.69	40.47
C	4	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	1.53	5.50	10.92	16.45	22.86	29.45	36.90
D	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	1.33	3.32	5.83	9.80	14.39	20.19	26.56	33.99
E	7	↓	↓	↓	↓	0.422	1.06	2.14	3.55	5.35	8.40	12.20	17.35	23.29	30.50
F	10	↓	↓	↓	0.349	0.716	1.30	2.17	3.26	4.77	7.29	10.54	15.17	20.74	27.57
G	15	0.099	0.099	0.312	0.503	0.818	1.31	2.11	3.05	4.31	6.56	9.46	13.71	18.94	25.61
H	20	0.135	0.135	0.365	0.544	0.846	1.29	2.05	2.95	4.09	6.17	8.92	12.99	18.03	24.53
I	25	0.155	0.156	0.380	0.551	0.877	1.29	2.00	2.86	3.97	5.97	8.63	12.57	17.51	23.97
J	30	0.179	0.179	0.413	0.581	0.879	1.29	1.98	2.83	3.91	5.86	8.47	12.36	17.24	23.58
K	35	0.170	0.170	0.388	0.535	0.847	1.23	1.87	2.68	3.70	5.57	8.10	11.87	16.65	22.91
L	40	0.179	0.179	0.401	0.566	0.873	1.26	1.88	2.71	3.72	5.58	8.09	11.85	16.61	22.86
M	50	0.163	0.163	0.363	0.503	0.789	1.17	1.71	2.49	3.45	5.20	7.61	11.23	15.87	22.00
N	75	0.147	0.147	0.330	0.467	0.720	1.07	1.60	2.29	3.20	4.87	7.15	10.63	15.13	21.11
O	100	0.145	0.145	0.317	0.447	0.689	1.02	1.53	2.20	3.07	4.69	6.91	10.32	14.75	20.66
P	150	0.134	0.134	0.293	0.413	0.638	0.949	1.43	2.05	2.89	4.43	6.57	9.88	14.20	20.02
Q	200	0.135	0.135	0.294	0.414	0.637	0.945	1.42	2.04	2.87	4.40	6.53	9.81	14.12	19.92
		0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.00	1.50	2.50	4.00	6.50	10.00	15.00	

Niveles de calidad aceptable: NCA o AQL (inspección severa)

Gutiérrez Pulido, H., & de la Vara Salazar, R. (2009). Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma. México: McGraw-Hill.

Guías de Preguntas en ayuda@ceneval.net

www.ceneval.net

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

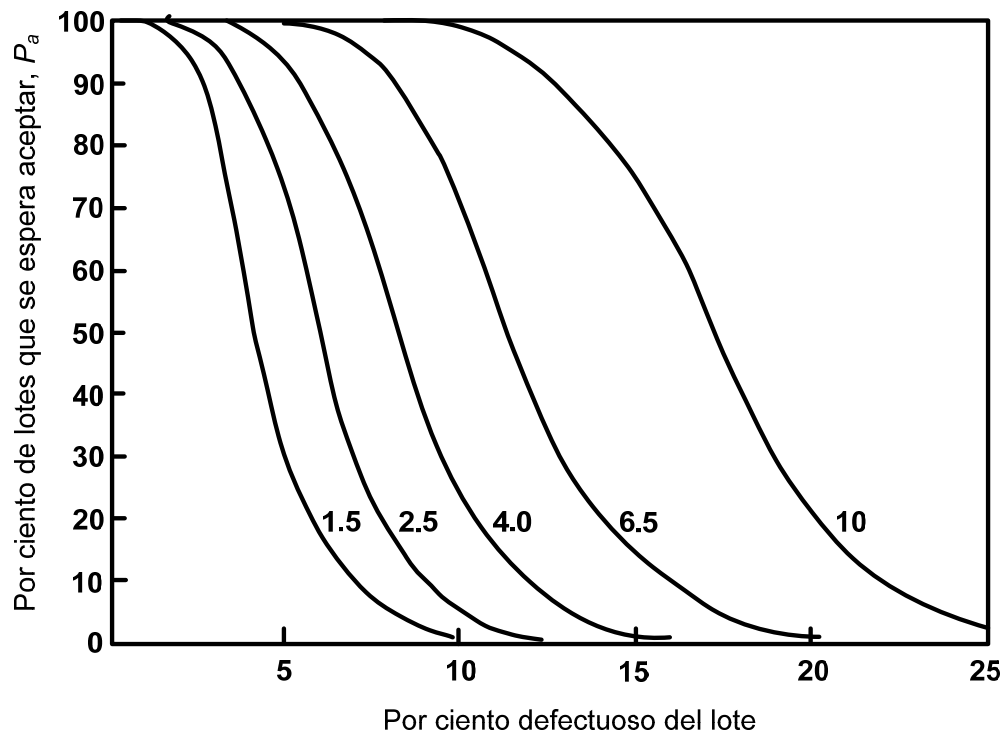
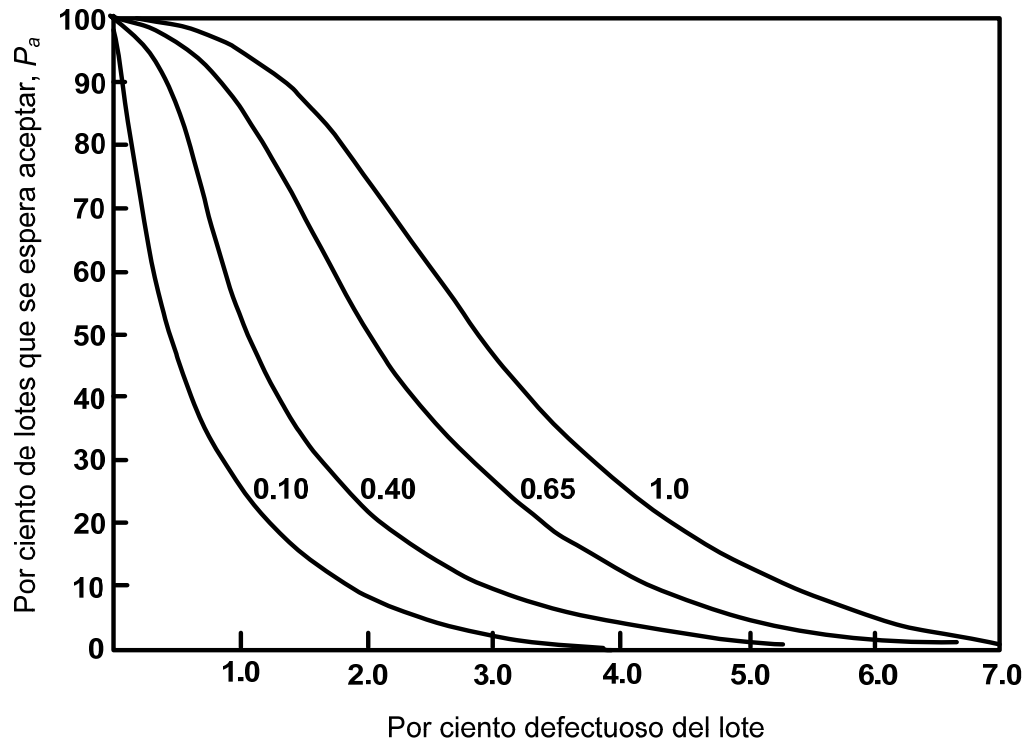


Tabla de inspección de Dodge-Roming – planes de muestreo único para AOQL = 3.0%

Promedio del proceso																		
Tamaño del lote	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
	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

dudas o preguntas en ayuda@ceneval.net

www.ceneval.net

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

Promedio del proceso																		
	0 — 0.01			0.011 — 0.10%			0.11 — 0.20%			0.21 — 0.30%			0.31 — 0.40%			0.41 — 0.50%		
			AOQL			AOQL			AOQL			AOQL			AOQL			AOQL
Tamaño del lote	n	c	%	n	c	%	n	c	%	n	c	%	n	c	%	n	c	%
1-120	Todos	0	0	Todos	0	0	Todos	0	0	Todos	0	0	Todos	0	0	Todos	0	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	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	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	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	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	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	1	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	1	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	1	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	3	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	5	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	6	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	7	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	8	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	10	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	14	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	19	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	23	0,50

dudas o preguntas en ayuda@ceneval.net

www.ceneval.net

Tabla de los factores para construir cartas de control para variables

Observaciones en la muestra	Carta de promedios			Carta para desviaciones estándar								Carta para rangos				
	Factores para los límites de control			Factores para la línea central		Factores para los límites de control				Factores para la línea central		Factores para los límites de control				
n	A	A2	A3	C4	1/C4	B3	B4	B5	B6	d2	1/d2	d3	D1	D2	D3	D4
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>25																

Equivalencias en la Unidad de Ceneval.net

www.ceneval.net

Ecuaciones para el cálculo de los factores de control

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

$$A_3 = \frac{3}{C_4 \sqrt{n}}$$

$$B_3 = 1 - \frac{3}{C_4 \sqrt{2(n-1)}}$$

$$B_4 = 1 + \frac{3}{C_4 \sqrt{2(n-1)}}$$

$$B_5 = C_4 - \frac{3}{\sqrt{2(n-1)}}$$

$$B_6 = C_4 + \frac{3}{\sqrt{2(n-1)}}$$

$$C_4 = \frac{4(n-1)}{4n-3}$$

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*

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
50										0.5147

Anexos

Tablas de equivalencia

Longitud

	m	in	ft	mi
1 m	1	39.37	3.281	6.214×10^{-4}
1 in	2.54×10^{-2}	1	8.333×10^{-2}	1.578×10^{-5}
1 ft	0.3048	12	1	1.894×10^{-4}
1 mi	1609	6.336×10^4	5280	1

Masa

	kg	lb
1 kg	1	2.205
1 lb	0.4536	1

Fuerza

	dina	N	lbf	kgf
1 dina	1	1×10^{-5}	2.248×10^{-6}	1.020×10^{-6}
1 N	1×10^5	1	0.2248	0.1020
1 lbf	4.448×10^5	4.448	1	0.4536
1 kgf	9.807×10^5	9.807	2.205	1

Presión

	atm	mm Hg	in Hg	Pa	kPa	bar	torr	lb/in ²
1 atm	1	760	29.92	1.013×10^5	101.325	1.013	760	14.7
1 mm Hg	1.316×10^{-3}	1	0.04	133.3	0.13	1.333×10^{-3}	1	0.02
1 in Hg	0.033	25.4	1	3386.4	3.38	0.034	25.4	0.49
1 Pa	9.869×10^{-6}	7.501×10^{-3}	2.95×10^{-4}	1	1×10^{-3}	1×10^{-5}	7.5×10^{-3}	1.45×10^{-4}
1 kPa	9.87×10^{-3}	7.5	0.3	1×10^3	1	0.01	7.5	0.145
1 bar	0.987	750.062	29.53	1×10^5	100	1	750	14.5
1 torr	1.3×10^3	1	0.04	133.32	0.133	1.33×10^{-3}	1	0.02
1 lb/in ²	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	3.929×10^{-4}	1055	252	2.930×10^{-4}
1 hp · h	2545	1	2.385×10^6	6.413×10^5	0.7457
1 J	9.481×10^{-4}	3.725×10^{-7}	1	0.2389	2.778×10^{-7}
1 cal	3.969×10^{-3}	1.560×10^{-6}	4.186	1	1.163×10^{-6}
1 kWh	3413	1.341	3.600×10^6	8.600×10^5	1

Volumen

	m ³	L	ft ³	gal	onza
1 m ³	1	1000	35.31	264.17	33814
1 L	1×10^{-3}	1	0.04	0.264	33.81
1 ft ³	0.03	28.3	1	7.48	957.5
1 gal	3.79×10^{-3}	3.79	0.134	1	128
1 onza	2.96×10^{-5}	2.96×10^{-2}	1×10^{-3}	7.8×10^{-3}	1

Viscosidad

	cP	P	Pa • s
1 cP	1	10^{-2}	10^{-3}
1 P	100	1	0.1
1 Pa • s	1×10^3	10	1

Constante de los gases ideales (R)

Valor numérico	Unidades
1.9872	cal/mol • K
1.9872	btu/lb _{mol} • °R
82.057	cm ³ • atm/mol • K
8314.34	J/kg _{mol} • K
82.057×10^{-3}	m ³ • atm/kg _{mol} • K
8314.34	kg • m ² /s ² • kg _{mol} • K
0.7302	ft ³ • atm/lb _{mol} • °R
1545.3	ft • lb _f /lb _{mol} • °R
8314.34	m ³ • Pa/kg _{mol} • K

Aceleración de la gravedad

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

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

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

Tabla de propiedades del aire y el agua

Temperatura (°C)	Conductividad térmica (J/m ¹ s ¹ °C)	Viscosidad (Ns/m ²)	Calor específico (kJ/kg°C)	Densidad (kg/m ³)
Aire				
-73	0.0189	1.36 x 10 ⁻⁵	0.996	1.76
-18	0.0230	1.65 x 10 ⁻⁵	1.00	1.38
0	0.0242	1.73 x 10 ⁻⁵	1.005	1.29
38	0.0267	1.91 x 10 ⁻⁵	1.005	1.14
93	0.031	2.15 x 10 ⁻⁵	1.009	0.96
149	0.0334	2.40 x 10 ⁻⁵	1.017	0.83
204	0.0367	2.60 x 10 ⁻⁵	1.026	0.74
Agua				
-20	2.39	N/A	1.943	919.4
-10	2.25	N/A	2.027	918.9
(Hielo) 0	2.22	N/A	2.050	916.2
0	0.57	1.87 x 10 ⁻³	4.23	1000
4	0.57	1.53 x 10 ⁻³	4.23	1000
16	0.59	1.16 x 10 ⁻³	4.19	1000
27	0.61	0.87 x 10 ⁻³	4.19	998
38	0.62	0.68 x 10 ⁻³	4.19	992
66	0.66	0.43 x 10 ⁻³	4.19	977
93	0.68	0.30 x 10 ⁻³	4.19	965
100	0.68	0.28 x 10 ⁻³	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	ΔH° (kcal/mol)
SO _{2(g)}	-70.94
SO _{3(g)}	-94.39
CO _(g)	-26.416
CO _{2(g)}	-94.052
CaCO _{3(s)}	-289.5
CaO _(s)	-151.7
H ₂ O _(l)	-68.3174
H ₂ O _(g)	-57.7979
HCl _(g)	-22.063
H ₂ SO _{4(l)}	-193.91
H ₂ S _(g)	-4.815
HNO _{3(l)}	-41.404
H ₃ PO _{4(s)}	-1281.1
NH _{3(g)}	-75.23
NH ₄ OH _(aq)	-87.59
NO _(g)	-7.96
NO _{2(g)}	-10
KCl _(s)	-103.8
KOH _(s)	-102.02
NaCl _(s)	-98.321
NH ₄ Cl _(s)	-75.38
CH _{4(g)}	-17.889
CH ₃ OH _(l)	-57.04
CH ₃ CH ₂ OH _(l)	-66.35

Calores normales de combustión a 25 °C

Compuesto	ΔH° (kcal/mol) (agua líquida y CO₂)
C _(s)	-94.0518
CO _(g)	-67.6361
H _{2(g)}	-68.3174
CH _{4(g)}	-212.78
C ₂ H _{6(g)}	-372.820
C ₃ H _{8(g)}	-530.605
C ₄ H _{10(g)}	-687.982
C ₆ H _{6(g)}	-789.08
C ₂ H ₅ OH _(l)	-326.7
CH ₄ O _(l)	-173.65
C ₂ H ₄ O _{2(l)}	-208.34
C ₆ H ₁₂ O _{6(s)}	-673
C ₁₂ H ₂₂ O _{11(s)}	-1350.1
C ₁₂ H ₂₂ O _{11(s)}	-1348.9

Propiedades de vapor saturado

Temperature (°C)	Vapor pressure (kPa)	Specific volume (m ³ /kg)		Enthalpy (kJ/kg)		Entropy (kJ/(kg °C))	
		Liquid	Saturated vapor	Liquid (H _l)	Saturated vapor (H _g)	Liquid	Saturated vapor
0.01	0.6113	0.0010002	206.136	0.00	2 501.4	0.0000	9.1562
3	0.7577	0.0010001	168.132	12.57	2 506.9	0.0457	9.0773
6	0.9349	0.0010001	137.734	25.20	2 512.4	0.0912	9.0003
9	1.1477	0.0010003	113.386	37.80	2 517.9	0.1362	8.9253
12	1.4022	0.0010005	93.784	50.41	2 523.4	0.1806	8.8524
15	1.7051	0.0010009	77.926	62.99	2 528.9	0.2245	8.7814
18	2.0640	0.0010014	65.038	75.58	2 534.4	0.2679	8.7123
21	2.4870	0.0010020	54.514	88.14	2 539.9	0.3109	8.6450
24	2.9850	0.0010027	45.883	100.70	2 545.4	0.3534	8.5794
27	3.5670	0.0010035	38.774	113.25	2 550.8	0.3954	8.5156
30	4.2460	0.0010043	32.894	125.79	2 556.3	0.4369	8.4533
33	5.0340	0.0010053	28.011	138.33	2 561.7	0.4781	8.3927
36	5.9470	0.0010063	23.940	150.86	2 567.1	0.5188	8.3336
40	7.3840	0.0010078	19.523	167.57	2 574.3	0.5725	8.2570
45	9.5930	0.0010099	15.258	188.45	2 583.2	0.6387	8.1648
50	12.3490	0.0010121	12.032	209.33	2 592.1	0.7038	8.0763
55	15.758	0.0010146	9.568	230.23	2600.9	0.7679	7.9913
60	19.940	0.0010172	7.671	251.13	2609.6	0.8312	7.9096
65	25.03	0.0010199	6.197	272.06	2618.3	0.8935	7.8310
70	31.19	0.0010228	5.042	292.98	2626.8	0.9549	7.7553
75	38.58	0.0010259	4.131	313.93	2635.3	1.0155	7.6824
80	47.39	0.0010291	3.407	334.91	2643.7	1.0753	7.6122
85	57.83	0.0010325	2.828	355.90	2651.9	1.1343	7.5445
90	70.14	0.0010360	2.361	376.92	2660.1	1.1925	7.4791
95	84.55	0.0010397	1.9819	397.96	2668.1	1.2500	7.4159
100	101.35	0.0010435	1.6729	419.04	2676.1	1.3069	7.3549
105	120.82	0.0010475	1.4194	440.15	2683.8	1.3630	7.2958
110	143.27	0.0010516	1.2102	461.30	2691.5	1.4185	7.2387
115	169.06	0.0010559	1.0366	482.48	2699.0	1.4734	7.1833
120	198.53	0.0010603	0.8919	503.71	2706.3	1.5276	7.1296
125	232.1	0.0010649	0.7706	524.99	2713.5	1.5813	7.0775
130	270.1	0.0010697	0.6685	546.31	2720.5	1.6344	7.0269
135	313.0	0.0010746	0.5822	567.69	2727.3	1.6870	6.9777
140	361.3	0.0010797	0.5089	589.13	2733.9	1.7391	6.9299
145	415.4	0.0010850	0.4463	610.63	2740.3	1.7907	6.8833
150	475.8	0.0010905	0.3928	632.20	2746.5	1.8418	6.8379
155	543.1	0.0010961	0.3468	653.84	2752.4	1.8925	6.7935
160	617.8	0.0011020	0.3071	675.55	2758.1	1.9427	6.7502
165	700.5	0.0011080	0.2727	697.34	2763.5	1.9925	6.7078
170	791.7	0.0011143	0.2428	719.21	2768.7	2.0419	6.6663

Temperature (°C)	Vapor pressure (kPa)	Specific volume (m ³ /kg)		Enthalpy (kJ/kg)		Entropy (kJ/[kg °C])	
		Liquid	Saturated vapor	Liquid (H _l)	Saturated vapor (H _v)	Liquid	Saturated vapor
175	892.0	0.0011207	0.2168	741.17	2773.6	2.0909	6.6256
180	1002.1	0.0011274	0.19405	763.22	2778.2	2.1396	6.5857
190	1254.4	0.0011414	0.15654	807.62	2786.4	2.2359	6.5079
200	1553.8	0.0011565	0.12736	852.45	2793.2	2.3309	6.4323
225	2548	0.0011992	0.07849	966.78	2803.3	2.5639	6.2503
250	3973	0.0012512	0.05013	1085.36	2801.5	2.7927	6.0730
275	5942	0.0013168	0.03279	1210.07	2785.0	3.0208	5.8938
300	8581	0.0010436	0.02167	1344.0	2749.0	3.2534	5.7045

Source: Abridged from Keenan et al. (1969) . Copyright © 1969 by John Wiley and Sons. Reprinted by permission of John Wiley and Sons, Inc.

Paul Singh, R. *Introduction to Food Engineering* 4th ed. International Series.

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

dudas o preguntas en ayuda@ceneval.net

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	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	<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	--

dudas o preguntas en ayuda@ceneval.net

www.ceneval.net

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

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.	
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	--

dudas o preguntas en ayuda@ceneval.net

Consejo Técnico

Representantes de Instituciones de Educación Superior

Dra. Esther Pérez Carrillo
**Asociación Mexicana de Ciencia
de los Alimentos, A. C.**

Dr. Gerardo Méndez Zamora
Universidad Autónoma de Nuevo León

Dra. Josefina Porras Saavedra
**Instituto Tecnológico Superior del
Occidente del Estado de Hidalgo**

M.S.C. Lucero Méndez Mancilla
Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Dra. Dariana G. Rodríguez Sánchez
**Instituto Tecnológico y de Estudios
Superiores de Monterrey**

Dr. Juan Pablo Hernández Uribe
**Universidad Autónoma del Estado de
Hidalgo**

Dra. Raquel Zúñiga Rojas
**Instituto Tecnológico y de Estudios
Superiores de Occidente**

Dra. Alma Hortensia Martínez Preciado
Universidad de Guadalajara

Dra. Laura Eugenia Pérez Cabrera
**Universidad Autónoma de
Aguascalientes**

Dr. César Ozuna López
Universidad de Guanajuato

Dr. Jesús Alberto Quezada Gallo
Universidad Iberoamericana

Este Formulario es un instrumento de apoyo para quienes sustentarán el Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería en Alimentos (EGEL Plus® IALI).

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 Plus® IALI agradecerán todos los comentarios que puedan enriquecer este material. Sírvase dirigirlos a:

**Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior, A.C.
Subdirección de Evaluación de Egreso
en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

Av. Camino al Desierto de los Leones (Altavista) 37,
Col. San Ángel, Álvaro Obregón,
C.P. 01000, Ciudad de México.
Tel: 55 53 22 92 00 ext. 5102
www.ceneval.edu.mx
abraham.maya@ceneval.edu.mx

El Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior es una asociación civil sin fines de lucro constituida formalmente el 28 de abril de 1994, como consta en la escritura pública número 87036 pasada ante la fe del notario 49 del Distrito Federal.

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:

Asociaciones e instituciones educativas: Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior, A.C.; Federación de Instituciones Mexicanas Particulares de Educación Superior, A.C.; Instituto Politécnico Nacional; Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey; Universidad Autónoma del Estado de México; Universidad Autónoma de San Luis Potosí; Universidad Autónoma de Yucatán; Universidad Nacional Autónoma de México*; Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla; Universidad Tecnológica de México.

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 Asociación 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.

El Centro está 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. También es miembro de la International Association for Educational Assessment.

* A petición de la institución, sus derechos y obligaciones en el Ceneval se encuentran suspendidos.

www.ceneval.net



CENEVAL[®]

ceneval.edu.mx



@SomosCeneval

dudas o preguntas en ayuda@ceneval.net