

# Costos de compra de los equipamientos de procesos usados mas habitualmente

Los métodos de Lang y Guthrie para estimar la inversión de capital total requieren costos de compra fob para los equipamientos principales del proceso

Table 16.19 Sources of Purchase Costs of Process Equipment

Author	Reference	Cost Index
Chilton, E.H.	<i>Chemical Engineering</i> , 56(6), 97–106, June 1949	
Walas, S.M., and Spangler, C.D.	<i>Chemical Engineering</i> , 67(6) 173–176, March 21, 1960	MS = 234.3
Bauman, H.C.	"Fundamentals of Cost Engineering in the Chemical Industry," Reinhold (1964)	MS = 237.3
Mills, H.E.	<i>Chemical Engineering</i> , 71(6), 133, March 16, 1964	MS = 238.8
Guthrie, K.M.	<i>Chemical Engineering</i> , 76(6), 114–142, March 24, 1969	MS = 273.1
Guthrie, K.M.	"Process Plant Estimating Evaluation and Control," Craftsman Book (1974)	MS = 303.3
Woods, D.R.	"Financial Decision Making in the Process Industry," Prentice-Hall (1975)	MS = 300
Pikulik, A., and Diaz, H.E.	<i>Chemical Engineering</i> , 84(21), 107–122, October 10, 1977	MS = 460
Hall, R.S., Matley, J., and McNaughton, K.J.	<i>Chemical Engineering</i> , 89(7), 80–116, April 5, 1982	CE = 305
Ulrich, G.D.	"A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics," Wiley (1984)	CE = 315
Walas, S.M.	"Chemical Process Equipment," Butterworth (1988)	CE = 325
Peters, M.S., and Timmerhaus, K.D.	"Plant Design and Economics for Chemical Engineers," 4th ed., McGraw-Hill (1991)	CE = 356

La forma de las ecuaciones es una modificación de la ecuación

$$C_p = \exp\{A_0 + A_1[\ln(S)] + A_2[\ln(S)]^2 + \dots\}$$

donde las A son constantes y S es un factor relacionado con el tamaño del equipamiento.

# Bombas

usaremos el factor S que reconoce el hecho que una dada bomba centrífuga puede operar sobre un rango de combinaciones de velocidad de flujo y carga ó incremento de presión,

$$S = Q(H)^{0.5}$$

donde Q es la velocidad de flujo a través de la bomba en galones por minuto y H es la carga en pies de fluido (incremento de presión / densidad de líquido).

En la siguiente tabla figuran rangos típicos de velocidad de flujo y carga y máxima potencia del motor eléctrico usado para el funcionamiento de la bomba.

Table 16.20 Typical Types of Radial Centrifugal Pumps and  $F_T$  Factors

No. of Stages	Shaft rpm	Case-Split Orientation	Flow Rate Range (gpm)	Pump Head Range (ft)	Maximum Motor Hp	Type Factor [ $F_T$ in Eq. (16.15)]
1	3,600	VSC	50-900	50-400	75	1.00
1	1,800	VSC	50-3,500	50-200	200	1.50
1	3,600	HSC	100-1,500	100-450	150	1.70
1	1,800	HSC	250-5,000	50-500	250	2.00
2	3,600	HSC	50-1,100	300-1,100	250	2.70
2 <sup>+</sup>	3,600	HSC	100-1,500	650-3,200	1,450	8.90

A partir de los datos de costos indexados al año 2000 (CE=394) el costo de compra fob de una bomba centrífuga de una etapa con una construcción VSC de acero al carbono operando a 3600 rpm (referido aquí como costo base CB), se grafica en la figura

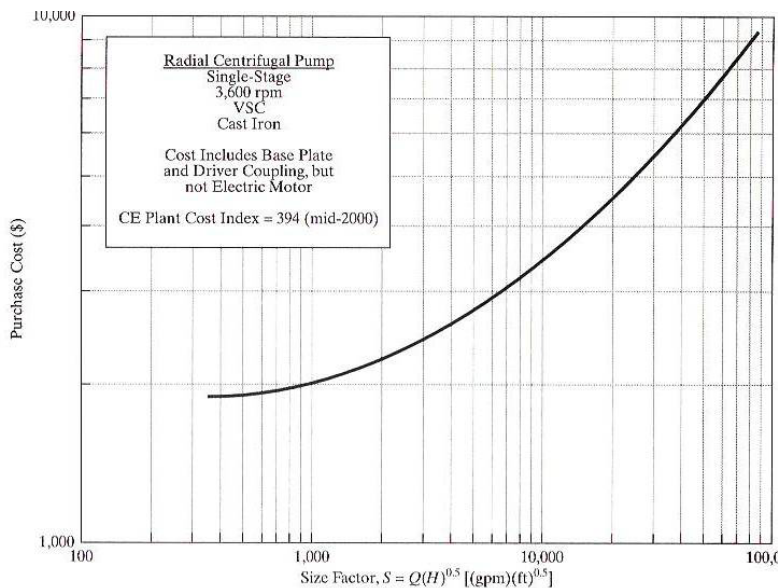


Figure 16.3 Base f.o.b. purchase cost for radial centrifugal pumps.

$$C_B = \exp\{9.2951 - 0.6019[\ln(S)] + 0.0519[\ln(S)]^2\}$$

para otro tipo de bombas centrífugas y otros materiales de construcción, el precio de compra fob está dado por

$$C_P = F_T F_M C_B$$

donde FM es un factor de material dado por la tabla 16.21 y FT es es un factor que depende del tipo de bomba y está incluido en la tabla 16.20

**Table 16.21** Materials of Construction  
Factors,  $F_M$ , for Centrifugal Pumps

Material of Construction	Material Factor [ $F_M$ , in Eq. (16.15)]
Cast iron	1.00
Ductile iron	1.15
Cast steel	1.35
Bronze	1.90
Stainless steel	2.00
Hastelloy C	2.95
Monel	3.30
Nickel	3.50
Titanium	9.70

## Motores eléctricos

El parámetro de dimensionamiento del motor es su consumo de potencia  $P_C$ , el cual se calcula a partir de la potencia teórica de la bomba  $P_T$ , su eficiencia  $\eta_P$ , y la eficiencia del motor eléctrico,  $\eta_M$ , por la ecuación

$$P_C = \frac{P_T}{\eta_P \eta_M} = \frac{P_B}{\eta_M} = \frac{Q \times H \times \rho}{33000 \eta_P \eta_M}$$

donde  $Q$  es la velocidad de flujo a través de la bomba en galones por minuto,  $H$  es la carga de la bomba en pié y  $P_B$  es la potencia de la bomba, con  $\rho$  igual a la densidad del líquido en libra por galón.

$$\eta_P = -0.316 + 0.24015(\ln Q) - 0.01199(\ln Q)^2$$

para  $Q$  en el rango de 50 a 5000 gpm

$$\eta_M = 0.80 + 0.0319(\ln P_B) - 0.00182(\ln P_B)^2$$

para  $P_B$  en el rango de 1 a 1500 Hp

A partir de las correlaciones de costos de motores eléctricos de Corripio indexadas al año 2000 (CE=394) el costo de compra fob de un motor eléctrico operando a 3600 rpm, con un recubrimiento abierto (referido aquí como el costo base CB) está graficado en la figura

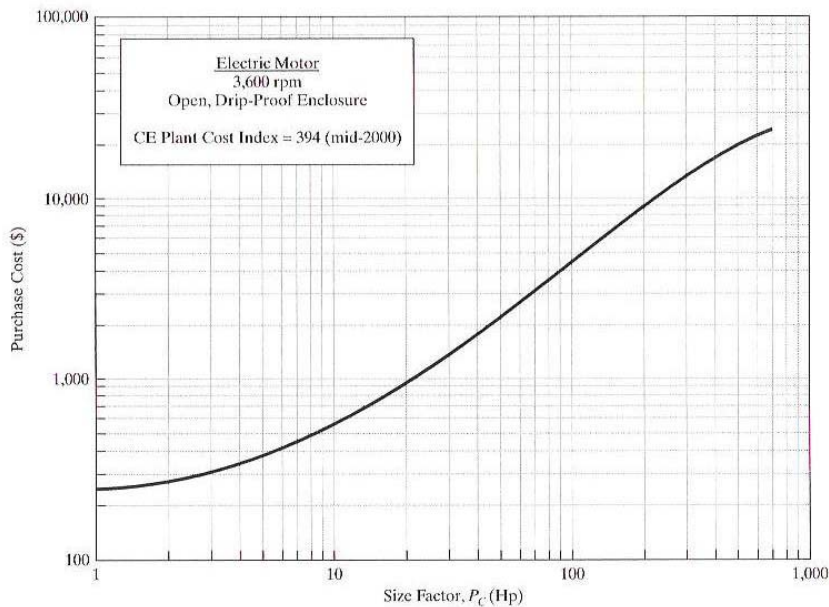


Figure 16.4 Base f.o.b. purchase cost for electric motors.

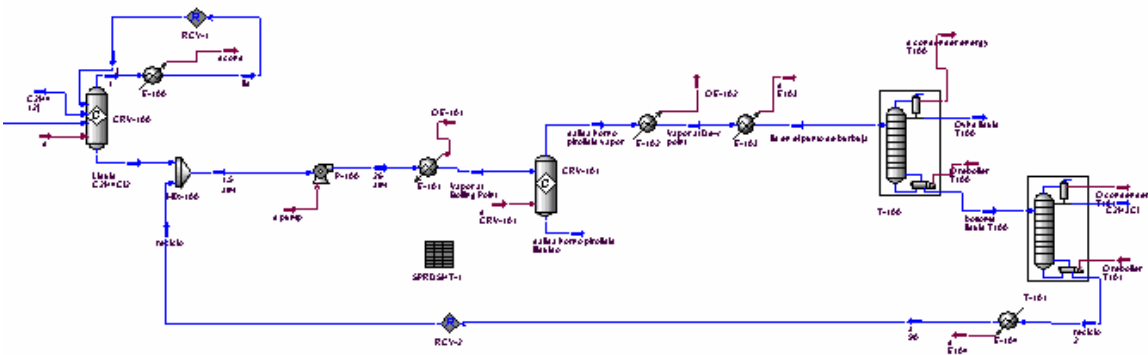
$$C_B = \exp\left\{5.4866 + 0.13141[\ln(P_C)] + 0.053255[\ln(P_C)]^2 + 0.028628[\ln(P_C)]^3 - 0.0035549[\ln(P_C)]^4\right\}$$

la cual se aplica sobre un rango de 1 a 700 Hp. Para otras velocidades del motor y tipos de cobertura, el precio de compra fob está dado por  $C_P = F_T C_B$

Table 16.22  $F_T$  Factors in Eq. (16.20) and Ranges for Electric Motors

Type Motor Enclosure	3,600 rpm	1,800 rpm
Open, drip-proof enclosure 1 to 700 Hp	1.0	0.90
Totally enclosed, fan-cooled 1 to 250 Hp	1.4	1.3
Explosion-proof enclosure 1 to 250 Hp	1.8	1.7

Ejemplo 16.5 Para el proceso de fabricación del cloruro de vinilo correspondiente al siguiente esquema, la bomba P100 toma una corriente de 264300 lb/hr de una mezcla de dicloroetano a 90°C y 1.5 atm y la envía a un evaporador a una presión de 26 atm. Seleccione una bomba adecuada y estime el precio de compra fob a un índice del CE de 400



Solución: Se utiliza el simulador para obtener los datos de la alimentación densidad, viscosidad y presión de vapor a 90°C y 1.5 atm

Densidad: 71.10 lb/ft<sup>3</sup>

Viscosidad: 0.3722 cP

Presión de vapor: 1.225 atm

La velocidad de flujo volumétrica en la alimentación es:

$$220600 \frac{\text{lb}}{\text{hr}} * 1 \frac{\text{hr}}{60 \text{ min}} * \frac{1 \text{ ft}^3}{71.4 \text{ lb}} * 7.48 \frac{\text{gal}}{\text{ft}^3} = 386.8 \text{ gpm}$$

El incremento de presión a través de la bomba es:  $26 - 1.5 = 24.5 \text{ atm}$

La carga (head) de la bomba es:

$$24.5 \text{ atm} * 2116.22 \frac{\text{lb/ft}^2}{\text{atm}} * 1 \frac{\text{ft}^3}{71.4 \text{ lb}} = 729.2 \text{ ft}$$

$$\text{NPSH} = \frac{\text{presión de succión} - \text{presión de vapor}}{\text{densidad del líquido}} = \frac{(1.5 - 1.22) \text{ atm}}{71.4 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}} * \frac{2116.22 \text{ lb/ft}^2}{\text{atm}} = 8.178 \text{ ft}$$

Suponemos que una bomba centrífuga requiere un NPSH superior a 5

$$S = Q(H)^{0.5} = 422.5 \text{ gpm} (8.29 \text{ ft})^{0.5} = 1.04 \text{E}4 \text{ gpm}(\text{ft})^{0.5} \text{ y } \ln(S) = 9.34$$

de la ecuación 16.14 el costo de compra base para un índice  $CE = 394$  es

$$C_B = \exp\{9.2951 - 0.6019[9.34] + 0.0519[9.34]^2\}$$

Elegimos una bomba de 2 etapas, 3600 rpm, HSC con  $FT = 2.70$ , acero fundido (cast steel) con  $FM = 1.35$ . Para un índice de costos  $CE$  de 400

A	B
71.10 lb/ft <sup>3</sup>	Densidad
0.3722 cP	viscosidad
1.500 atm	presión de succión
2.206e+005 lb/hr	Flujo másico
386.8	Flujo volumétrico (gpm)
1.225 atm	presión de vapor
360.1 psi	Delta P
729.2 ft	Head (ft)
8.178	NPSH
1.045e+004	$S = Q(H)^{0.5}$
3532	CB (eq. 16-14)
2.700	FT
1.350	FM
1.307e+004	CP

$$C_p = 2.70 * 1.35 * \frac{400}{394} 3644 = 13070 \$$$

Debido a la posibilidad de inflamabilidad del 1.2 dicloroetano, se debe especificar un motor eléctrico a riesgo de explosiones, de la tabla 16.22, para 3600 rpm FT=1.8 y, usando la ecuación 16.20 pero actualizando para un índice de costos de 400

$$C_P = F_M C_B = 1.8 * 6435 * (400 / 394) = 11759\$$$