

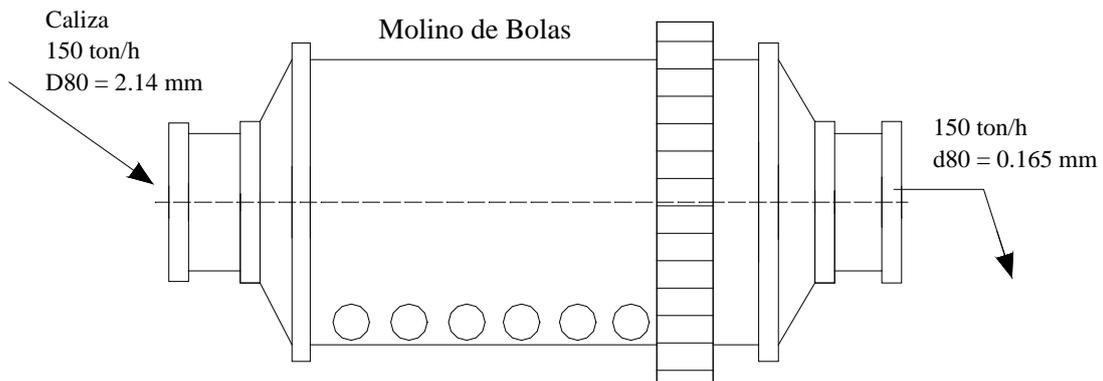
EJERCICIO SOBRE DIMENSIONADO DE MOLINOS

EJERCICIO

En una planta de cementos que debe tratar 150 ton/h de caliza, cumpliendo dicho material un  $D_{80} = 2.14 \text{ mm}$  y un  $d_{80} = 165 \text{ }\mu\text{m}$ ; con un control sobre el tamaño del producto (% de paso) del 80 %, se quiere instalar un molino de bolas para dicha capacidad a través del criterio de Bond.

Los revestimientos del molino no serán de caucho y la descarga se efectuará a través de parrilla, siendo la molienda por vía seca y en circuito abierto, con un volumen de carga del 35 %.

De los diferentes molinos de bolas que nos proporciona el fabricante seleccionar el más adecuado, calculando además el diámetro máximo de bolas para dicho molino.



Datos:

- 1 HP = 0.74569 kW
- Índice de Bond ( $w_i$ ) del material = 13.2 kWh/ton.
- Peso específico el material ( $S_g$ ) = 2.4 gr/cm<sup>3</sup>.

Características técnicas de los molinos de bolas que ofrece el fabricante:

Longitud (m)	% Velocidad Crítica (% Cs)	Potencia del molino (HP)		Diámetro Interior (m) ( $D_M$ )
		% Volumen de la carga		
		35 %	40 %	
4.27	70.7	<b>1595 HP</b>	<b>1699 HP</b>	4.08
4.27	70.8	<b>1730 HP</b>	<b>1842 HP</b>	4.24
4.57	69.8	<b>1980 HP</b>	<b>2107 HP</b>	4.39
4.57	69.8	<b>2132 HP</b>	<b>2264 HP</b>	4.54

Dicho fabricante suministra para los anteriores equipos los siguientes tamaños de bolas de acero:

Diámetro de bola (mm)	115	100	90	75	65	50	40	25
-----------------------	-----	-----	----	----	----	----	----	----

Solución:

Para seleccionar el molino, empleamos la expresión de la potencia absorbida según BOND:

$$P_a = 10 \cdot w_i \cdot \frac{1}{0.907} \cdot \left( \frac{1}{\sqrt{d_{80}}} - \frac{1}{\sqrt{D_{80}}} \right) \cdot C$$

$$P_a = 10 \cdot 13.2 \cdot \frac{1}{0.907} \cdot \left( \frac{1}{\sqrt{165}} - \frac{1}{\sqrt{2140}} \right) \cdot 150 = 1227.6 \text{ kW}$$

Donde 1227.6 kW es la potencia absorbida teórica. Como las potencias que suministra el fabricante vienen expresadas en HP, habrá que llevar a cabo una conversión de unidades:

$$1227.6 \text{ kW} = 1646.23 \text{ HP}$$

Por lo que se escogería el molino de 1730 HP (35% de volumen de carga).

Ahora hay que obtener la potencia útil para las condiciones exigidas de molienda y observar si la elección anterior sigue siendo correcta.

Para la potencia útil la expresión a emplear es de:

$$P_m = P_a (E_{Fi}), \text{ siendo } E_{Fi} \text{ los factores de corrección.}$$

Cálculo de los factores de Corrección (E<sub>Fi</sub>) para el modelo de 1730 HP

1.  $E_{F1}$  (molienda en seco) = 1.3
2.  $E_{F2}$  (molienda en circuito abierto) = 1.20 (tabla 4.5); control sobre el tamaño del producto (% paso) = 80% de paso.
3.  $E_{F3}$  (Factor de Eficiencia del Diámetro) = 0.89 < 0.914 (diámetro = 4.24)  
luego se toma como coeficiente 0.914.

$$\varepsilon F_3 = \left( \frac{2.44}{4.24} \right)^{0.2} = 0.89$$

4.  $\varepsilon F_4$  (Factor de sobretamaño) = 0.78

$$F_o = 4000 \cdot \sqrt{\frac{13}{13.2}} = 3969.58 \text{ micras}$$

$$R_r = \frac{D_{80}}{d_{80}} = \frac{2140}{165} = 12.97$$

$$\varepsilon F_4 = \frac{12.97 + (13.2 - 7) \cdot \left( \frac{2140 - 3969.6}{3969.6} \right)}{12.97} = 0.78$$

5.  $\varepsilon F_5$  (Factor de molienda fina) = 1

$d_{80} = 165 \text{ micras} > 75 \text{ micras}$ , luego no se aplica.

6.  $\varepsilon F_6$  (Alto/Bajo ratio de reducción) = 1

7.  $\varepsilon F_7$  (Bajo ratio de reducción) = 1

$R_r = 12.97 > 6$ ; luego no se aplica.

8.  $\varepsilon F_8$  (molino de barras) = 1

9.  $\varepsilon F_9$  (Factor de revestimientos de caucho) = 1

No llevará revestimientos de caucho.

Cálculo de la potencia útil

$$P_m = 122.76 \times 1.3 \times 1.20 \times 0.914 \times 0.78 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 = 1365 \text{ kW}$$

$$P_m = 1365 \text{ kW} = 1830.89 \text{ HP}$$

Como resulta que aún  $P_m$  (1830.89 HP)  $>$  1730 HP (potencia del Molino seleccionado); entonces el Molino seleccionado aún no es adecuado, por lo tanto,

se vuelve a seleccionar otro molino de superior potencia y se comienza de nuevo con el proceso del cálculo teórico de la potencia motor.

Ahora el molino seleccionado sería el de 1980 HP.

Para este molino el  $D_m = 4.39m$

Cálculo de los factores de Corrección ( $E_{Fi}$ ) para el modelo de 1980 HP

10.  $E_{F1}$  (molienda en seco) = 1.3

11.  $E_{F2}$  (molienda en circuito abierto) = 1.20 (tabla 4.5); control sobre el tamaño del producto (% paso) = 80% de paso.

12.  $E_{F3}$  (Factor de Eficiencia del Diámetro) =  $0.88 < 0.914$  (diámetro = 4.39) luego se toma como coeficiente 0.914.

$$E_{F3} = \left( \frac{2.44}{4.39} \right)^{0.2} = 0.88$$

13.  $E_{F4}$  (Factor de sobretamaño) = 0.78

$$F_o = 4000 \cdot \sqrt{\frac{13}{13.2}} = 3969.58 \text{ micras}$$

$$R_r = \frac{D_{80}}{d_{80}} = \frac{2140}{165} = 12.97$$

$$E_{F4} = \frac{12.97 + (13.2 - 7) \cdot \left( \frac{2140 - 3969.6}{3969.6} \right)}{12.97} = 0.78$$

14.  $E_{F5}$  (Factor de molienda fina) = 1

$$d_{80} = 165 \text{ micras} > 75 \text{ micras, luego no se aplica.}$$

15.  $E_{F6}$  (Alto/Bajo ratio de reducción) = 1

16.  $E_{F7}$  (Bajo ratio de reducción) = 1

$R_r = 12.97 > 6$ ; luego no se aplica.

17.  $E_{f8}$  (molino de barras) = 1

18.  $E_{f9}$  (Factor de revestimientos de caucho) = 1

No llevará revestimientos de caucho.

Cálculo de la potencia útil

$$P_m = 122.76 \times 1.3 \times 1.20 \times 0.914 \times 0.78 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 = 1365 \text{ kW}$$

$$P_m = 1365 \text{ kW} = 1830.89 \text{ HP}$$

Como esta vez  $1830 \text{ HP} < 1980 \text{ HP}$ , por lo tanto MOLINO ADECUADO

Cálculo del diámetro máximo de bolas

Se empleará la expresión (4.24) de los apuntes, es decir:

$$D_{bola} = \left( \sqrt{\frac{D_{80}}{K}} \cdot \sqrt[3]{\frac{w_i \cdot S_g}{(\%C_s) \cdot \sqrt{3.281 \cdot D_m}}} \right) \cdot 25.4$$

$$D_{bola} = \left( \sqrt{\frac{2140}{335}} \cdot \sqrt[3]{\frac{13.2 \cdot 2.4}{69.8 \cdot \sqrt{3.281 \cdot 4.39}}} \right) \cdot 25.4 = 31.6 \text{ mm}$$

Luego, se seleccionarán bolas de acero de 25 mm (diámetro inferior al máximo calculado para un molino de 1980 HP).