

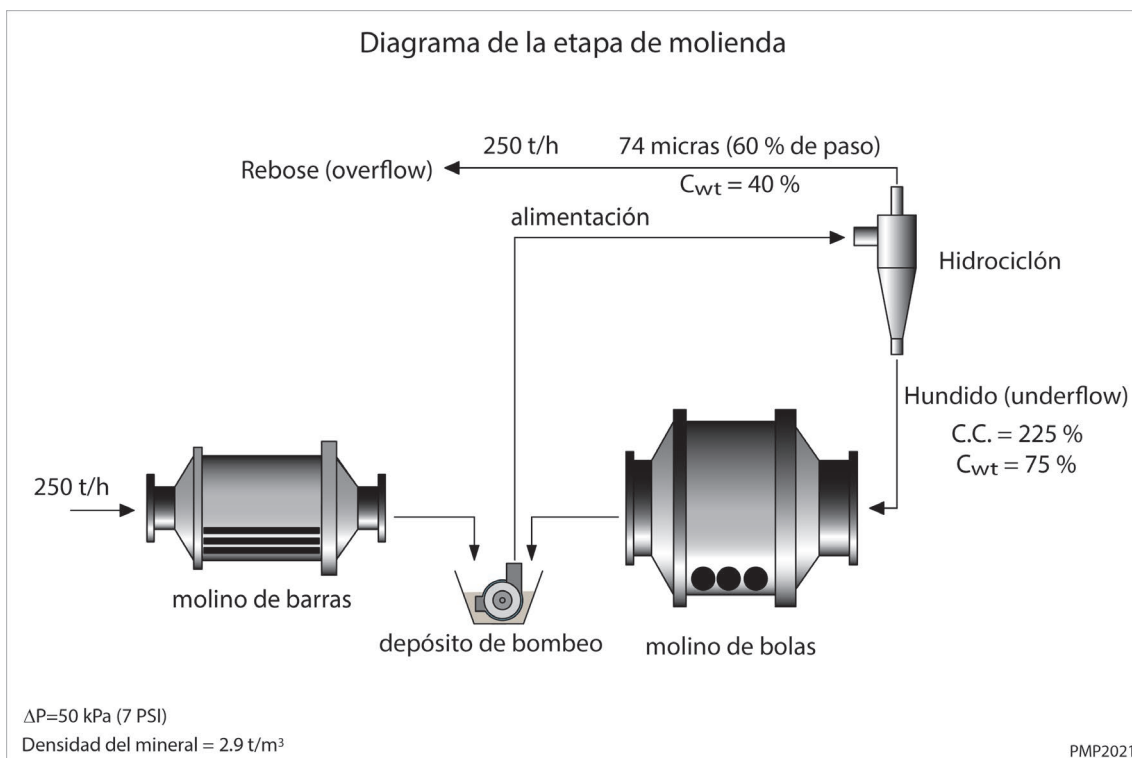
EJERCICIO SOBRE DIMENSIONADO DE CICLONES

EJERCICIO

Una planta de molienda procesa 250 t/h de mineral de una densidad de 2.9 ton/m³ (Ver diagrama de flujo).

Determinar¹ el **número de ciclones** y su **diámetro** para obtener un rebose que cumpla las siguientes condiciones:

- Un porcentaje en peso de sólidos del 40 % (C_{wt}).
- Teniendo un 60 % de paso por la abertura de 74 μm .
- La caída de presión es de 50 kPa.



C_{wt} = Porcentaje (%) de los sólidos en peso.

C_v = Porcentaje (%) de los sólidos en volumen.

ρ_{pulpa} = Densidad de la pulpa.

1 l/s = 15.84 USGPM (galones por minuto US)

1 Galón (US) = 4 litros

1 PSI = 6.9 kPa.

¹ Es necesario el balance de material del ciclón.

$$\rho_{pulp} = \frac{\rho_{líquido}}{1 - C_{wt} \cdot \left(\frac{\rho_{sólido} - \rho_{líquido}}{\rho_{sólido}} \right)}$$

$$C_v = \frac{\rho_{pulp} - \rho_{líquido}}{\rho_{sólido} - \rho_{líquido}}$$

Solución:

Para resolver este tipo de problemas hay que hacer uso del balance de materia que ocurre en el hidrociclón (o grupo de ciclones), como unidad de proceso:

REBOSE (Overflow)

Se considerará que el flujo en el rebose coincide con la cantidad de material que entra, es decir 250 t/h de mineral (sólidos).

Sólidos (C_{wt} = Porcentaje de sólidos en peso en el rebose) = 40%

$$250 \text{ tph} \rightarrow 40\%$$

$$x \text{ tph} \rightarrow 60\%$$

$$\text{Así, } x = 375 \text{ tph de agua}$$

Líquidos = 375 t/h de agua

Pulpa (sólidos + agua) = 250 t/h + 375 t/h = 625 t/h

HUNDIDO (Underflow)

Carga Circulante (C.C.) = 2.25 x (hundido/Alimentación), es decir el hundido es igual a 2.25 x 250 t/h = 562 t/h

Nota para evitar condiciones de espesamiento a la salida del hundido (fenómeno de "roping"), el porcentaje de sólidos en el hundido no debe de exceder del 8.3% en peso, por lo que para estar del lado de la seguridad se tomará un 75% de sólidos en peso (Ver Fig. 4.2, pág. 164 (Maurice C. Fuerstenau and Kenneth N. Han)).

75% → 562.5 tph de sólidos

25% → y

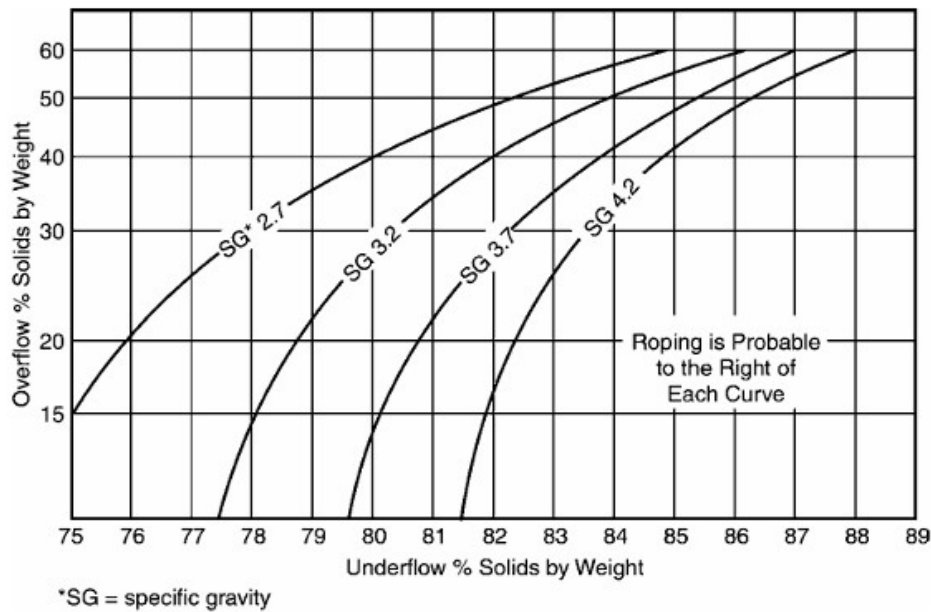
Así, y = 187.5 tph de agua

Sólidos (C_{wt} = Porcentaje de sólidos en peso en el hundido) = 75% = 562.5 tph

Líquidos = 187.5 tph = 25% porcentaje de líquido en peso en el hundido

Pulpa = 750 tph.

% de sólidos en peso en el hundido = 75%



Source: Mular and Jull 1982.

FIGURE 4.32 Critical percentage solids cyclone overflow versus underflow at different specific gravities

ALIMENTACIÓN (Feed)

Sólidos = 250 tph + 562.5 tph = 812.5 tph = $812.5 \times (1/2.9) = 280.13 \text{ m}^3/\text{h}$

Líquidos (agua) = 187.5 tph + 375 tph = 562.5 tph = $562.5 \times (1) = 562.5 \text{ m}^3/\text{h}$

Pulpa = $280.17 \text{ m}^3/\text{h} + 562.5 \text{ m}^3/\text{h} = 842.67 \text{ m}^3/\text{h} = 3707.75 \text{ USGPM}$

$842.67 \text{ m}^3/\text{h}$ de pulpa → 100%

$380.17 \text{ m}^3/\text{h}$ de sólidos → x

Así, x = 33.25% concentración de sólidos en volumen (C_v)

CÁLCULO DEL D_{50c} (APLICACIÓN):

El corte de aplicación es aquel que se produce bajo condiciones reales de trabajo. En nuestro caso el ciclón (o grupo de ciclones) debe cumplir con un rebose (overflow) cuyo contenido en sólidos presente un 60% de paso por la abertura de 74 micras (d_{60}).

Con estos datos y entrando en la tabla siguiente:

Table 1. Relationship of D_{50c} to Overflow Size Distribution

Required Overflow Size Distribution (Percent Passing) of Specified Micron Size	Multiplier (To Be Multiplied Times Micron Size)
98.8	0.54
95.0	0.73
90.0	0.91
80.0	1.25
70.0	1.67
60.0	2.08
50.0	2.78

Obtenemos un factor $K = 2.08$, así:

$$D_{50c}(\text{aplicación}) = K \cdot d_{60}(\text{micras}) = 2.08 \times 74 \text{ micras} = 153.92 \text{ micras}$$

CÁLCULO DEL D_{50c} (BASE):

El D_{50c} (BASE) es el corte que un hidrociclón Krebs estándar daría trabajando bajo condiciones base y cumple que:

$$D_{50c}(\text{aplicación}) = D_{50c}(\text{Base}) \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3$$

Ahora habrá que calcular los coeficientes (C_i) anteriores:

Cálculo del coeficiente (C_1):

Tiene en cuenta el % de sólidos en volumen en la alimentación al hidrociclón (o grupo de hidrociclones), sería el parámetro (C_v) previamente calculado, así tendríamos:

$$C_1 = \left(\frac{53 - C_v}{53} \right)^{-1.43} = \left(\frac{53 - 33.25}{53} \right)^{-1.43} = 4.10$$

Cálculo del coeficiente (C_2):

Tiene en cuenta la caída de presión que se produce internamente a lo largo de la longitud del hidrociclón (ΔP):

$$C_2 = 3.27 \cdot \Delta P^{-0.28} = 3.27 \cdot (50 \text{ kPa})^{-0.28} = 1.09$$

$50 \text{ kPa} = 7 \text{ PSI}$

Cálculo del coeficiente (C_3):

Tiene en cuenta la variación de la densidad de las partículas sólidas a partir de las condiciones base (ρ_s):

$$C_3 = \left(\frac{1.65}{\rho_{\text{sólido}} - \rho_{\text{líquido}}} \right)^{0.5} = \left(\frac{1.65}{2.9 - 1} \right)^{0.5} = 0.93$$

Una vez calculados todos los coeficientes, nos vamos a la siguiente expresión y obtenemos el D_{50c} (BASE):

$$D_{50c}(\text{aplicación}) = D_{50c}(\text{Base}) \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3$$
$$153.92 \text{ micras} = D_{50c}(\text{Base}) \cdot 4.10 \cdot 1.09 \cdot 0.93;$$
$$D_{50c}(\text{Base}) = 37.03 \text{ micras}$$

Ahora se calcularía el diámetro del hidrociclón ($D_{\text{ciclón}}$), en cm, con la siguiente expresión:

$$D_{50c}(\text{Base, micras}) = 2.84 \cdot D_{\text{CICLÓN}}^{0.66};$$

$$37.03 \text{ micras} = 2.84 \cdot D_{\text{CICLÓN}}^{0.66};$$

$$D_{\text{CICLÓN}} = 48.95 \text{ cm} = 19.27 \text{ pulgadas} = \text{aprox. } 20''$$

Según la siguiente gráfica, entrando con una caída de presión de 7 PSI y buscando la recta para un hidrociclón con un diámetro aproximado de 20 pulgadas, éste proporcionaría una capacidad de tratamiento de aproximadamente 700 gpm, como según nuestros cálculos anteriores se necesitarán procesar 3707.75 gpm, entonces habrá que colocar:

$$\frac{3707.75 \text{ gpm}}{700 \text{ gpm}} = 5.3 \text{ unidades} = 6 \text{ unidades}$$

