

EJERCICIO SOBRE CLASIFICADORES MECÁNICOS

EJERCICIO

Una pulpa que contiene un 50% de partículas sólidas (cuarzo) se tiene que clasificar a una capacidad de 100 t/h, siendo el tamaño de corte en el clasificador de rastrillo de 250 micras. La densidad de las partículas sólidas es de 2650 kg/m³ y el análisis de su distribución de tamaños se proporciona en la tabla adjunta. La recuperación de agua en el rebose (overflow) es del 95% con un factor de eficiencia de área del 0.5. Estima el área de la cuba necesaria.

Tamaño partícula (micras)	710	355	180	90	45	-45
% Rechazo acumulado	10	25	45	60	75	100

Datos de partida:

Viscosidad del agua = 0.001 Pa·s

Densidad del agua = 1000 kg/m³

Densidad de los sólidos = 2650 kg/m³

Solución:

Primer paso

Para el cálculo del área de sedimentación de la cuba (A) vamos a emplear la siguiente expresión donde habrá que ir determinando cada una de las variables que entran en ella (Gupta and Yan, 2016):

$$A = \frac{Q_{VL(O)}}{v_S \cdot H \cdot P_S \cdot A_{EF}}$$

Donde,

- v_S = Velocidad de sedimentación de las partículas.
- H = Factor de obstáculo a la sedimentación.
- P_S = Factor de forma.
- A_{EF} = Factor de Eficiencia de Área.
- $Q_{VL(O)}$ = Caudal de agua por el rebose.

Sustituyendo términos en la siguiente expresión obtenemos la velocidad terminal de sedimentación de las partículas (v_T):

$$\begin{aligned}v_T &= \sqrt[3]{g \cdot \frac{\rho_S - \rho_L}{\rho_L} \cdot \frac{\mu}{\rho_L}} = \\&= \sqrt[3]{9.81 \cdot \frac{2650 - 1000}{1000} \cdot \frac{0.001}{1000}} = \\&= 0.0253 \text{ m/s}\end{aligned}$$

Segundo paso

Sustituyendo términos en la siguiente expresión obtenemos el valor del número reducido de Reynolds (Re_R):

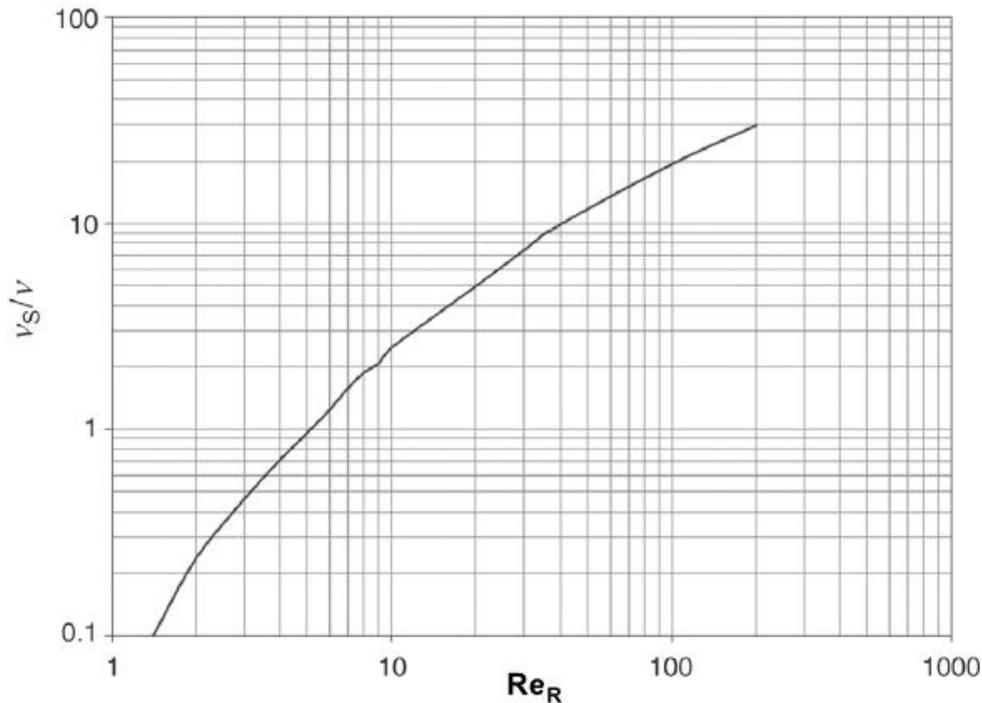
$$Re_R = \frac{d_{50} \cdot v \cdot \rho_L}{\mu} = \frac{0.00025 \times 0.0253 \times 1000}{0.001} = 6.325$$

Donde,

- d_{50} = Tamaño de corte del clasificador (m).

Entrando con el valor del número reducido de Reynolds (Re_R) en la figura siguiente (Gupta and Yan, 2016) se obtiene el valor de v_s/v_T siendo este igual 1.4, por lo que ahora se puede escribir:

$$v_s = 1.4 \times 0.0253 = 0.0354 \text{ m/s}$$



Tercer paso

La obtención del valor de dilución, en volumen, de la alimentación (V_F) se obtiene sustituyendo términos conocidos en la siguiente expresión:

$$V_F = \frac{V_{L(F)}}{V_{S(F)}} = \frac{(100 - \% \text{ sólidos alimentación}) \cdot \rho_S}{(\% \text{ sólidos alimentación}) \cdot \rho_L} =$$

$$= \frac{(100 - 50) \times 2650}{50 \times 1000} = 2.65$$

A partir de los datos se conoce que las partículas sólidas con un tamaño inferior a 250 micras contenidas en la alimentación representan el 65%. Este valor representa el porcentaje en peso de la fracción de sólidos de tamaño inferior al tamaño de corte del clasificador, es decir, 0.65 (asumiendo que todas las partículas sólidas presentan la misma densidad).

Cuarto paso

La obtención de la fracción de vacíos entre partículas (ε) se obtiene sustituyendo términos conocidos en la siguiente expresión:

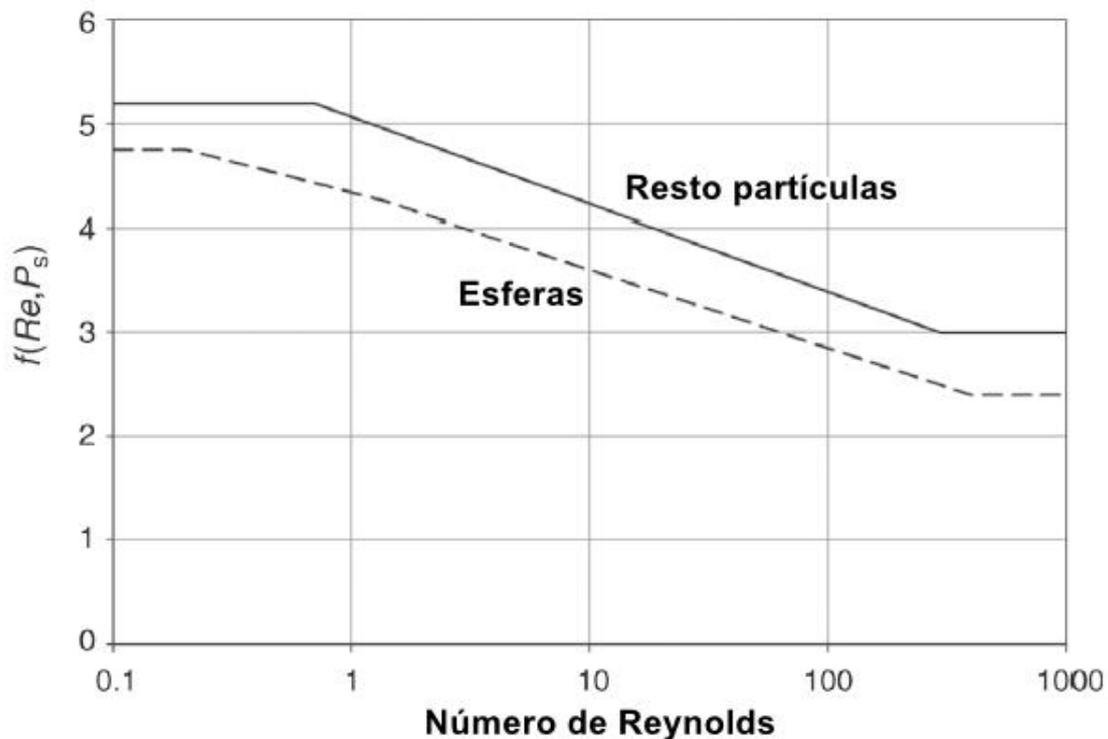
$$\varepsilon = \frac{1}{1 + \frac{V_d}{V_F}} = \frac{1}{1 + \frac{0.65}{2.65}} = 0.803$$

Quinto paso

La obtención del factor de obstrucción a la sedimentación (H) necesita de conocer o determinar el número de Reynolds (Re):

$$Re = Re_R \cdot \frac{V_S}{V_T} = 6.325 \times 1.4 = 8.86$$

Con el valor de Reynolds (Re) conocido de 8.86 se entra en la siguiente gráfica (Gupta and Yan, 2016) para obtener el parámetro $f(Re, P_s)$, cuyo valor es de 4.3 (resto partículas).



Sustituyendo el valor obtenido de ε y de $f(Re, P_s)$ en la siguiente expresión, ya se obtendría el valor de la obstrucción a la sedimentación de las partículas (H):

$$H = \varepsilon^{f(Re, P_s)} = 0.803^{4.3} = 0.389$$

Sexto paso

Para una suspensión acuosa o pulpa formada por partículas de cuarzo, se puede adoptar un factor de forma igual a 0.50 según la siguiente tabla (Gupta and Yan, 2016):

Partículas	Factor de forma	P_s
Spheres Esferas		1.00
Cubes Cubos		0.93
Sand Arena		0.90
Crushed galena Galena triturada		0.70
Crushed dolomite/pyrite Pirita/dolomía triturada		0.67
Crushed quartz Cuarzo triturado		0.50

Ahora ya se conocen todos los términos para obtener el área de sedimentación de la cuba (A), que si se desconoce el caudal de agua que va por el rebose ($Q_{VL(O)}$) se puede expresar como:

$$\begin{aligned} \frac{Q_{VL(O)}}{A} &= v_s \cdot H \cdot P_s \cdot A_{EF} = \\ &= 0.0354 \times 0.389 \times 0.50 \times 0.5 = 0.0034 \text{ (m}^3/\text{s)}/\text{m}^2 \end{aligned}$$

Séptimo paso

A partir de la información disponible podemos establecer lo siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Agua en la alimentación} &= \frac{100 \times (100 - \% \text{ sólidos})}{\% \text{ sólidos}} = \\ &= \frac{100 \times (100 - 50)}{50} = 100 \text{ t/h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Agua en el rebose} &= 100 \times 0.95 = 95 \text{ t / h} \\ &= 95000 \text{ kg/h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{VL(O)} &= \frac{95000 \text{ kg/h}}{1000 \text{ kg/m}^3} = 95 \text{ m}^3/\text{h} \\ &= 0.0264 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Por lo que conociendo el caudal de agua que va por el rebose ($Q_{VL(O)}$) podemos determinar el área necesaria del clasificador mecánico:

$$A = \frac{0.0264}{0.0034} = 7.76 \text{ m}^2$$

La cantidad de sólidos que van en el rebose será $100 \times 0.65 = 65 \text{ t/h}$

El porcentaje de sólidos que van en el rebose será $65 \times 100 / (65 + 95) = 40.6\%$

Referencias:

Gupta A., Yan D. (2016). Mineral processing design operations. An introduction. 2nd edition, Elsevier, 850 pp.