

EJERCICIO SOBRE CLASIFICADORES MECÁNICOS

## EJERCICIO

La descarga de un molino de barras consistirá de 100 t/h de pulpa mineral que se envía a un clasificador de tornillo simple para llevar a cabo su clasificación a un corte de tamaño de 200 micras. La alimentación se compone de un 40% en peso de sólidos y el rebose se compondrá de un 35.1% en peso de sólidos. La distribución de tamaños que forma parte de la alimentación al clasificador es la que se facilita en la siguiente tabla:

Tamaño partícula (micras)	% contenido	% paso acumulado
+ 710	2.6	100
-710 +425	8.9	97.4
-425 +250	22.1	88.5
-250 +125	10.8	66.4
-125 +75	7.9	55.6
-75	47.7	47.7
Total	100%	

Se pide:

- Determinar el área de sedimentaria (A) para la cuba del clasificador mecánico de tornillo.

Datos de partida:

Viscosidad del agua = 0.001 Pa·s

Densidad del agua = 1100 kg/m<sup>3</sup>

Densidad de los sólidos minerales = 2740 kg/m<sup>3</sup>

Paso de la hélice helicoidal del tornillo ("pitch") = 0.5·Diámetro espiral

Velocidad de giro del tornillo = 5 rpm

Eficiencia de área = 0.45

Solución:

Obtención de la velocidad terminal,  $v_T$

Se aplica la siguiente expresión (Gupta and Yan, 2016):

$$v_T = \sqrt[3]{g \cdot \frac{\rho_S - \rho_L}{\rho_L} \cdot \frac{\mu}{\rho_L}}$$

Donde,

-  $v_T$  = velocidad terminal de las partículas (m/s).

- $\rho_s$  = Densidad de las partículas sólidas ( $\text{kg/m}^3$ ).
- $\rho_l$  = Densidad del líquido ( $\text{kg/m}^3$ ).
- $\mu$  = Viscosidad del líquido ( $\text{Pa}\cdot\text{s}$ ).
- $g$  = Aceleración de la gravedad,  $9.81 \text{ m/s}^2$ .

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

$$v_T = \sqrt[3]{9.81 \cdot \frac{2740 - 1100}{1100} \cdot \frac{0.001}{1100}} =$$
$$= 0.024 \text{ m/s}$$

Obtención del número de Reynolds corregido,  $Re_R$

Se emplea la siguiente expresión para el número reducido de Reynolds ( $Re_R$ ), donde  $d_{50}$  se tomará el tamaño de corte con el que trabajará el clasificador propuesto (para este ejemplo serán 200 micras, es decir, 0.000200 m):

$$Re_R = \frac{d_{50} \cdot v \cdot \rho_L}{\mu} = \frac{0.000200 \times 0.024 \times 1100}{0.001} = 5.28$$

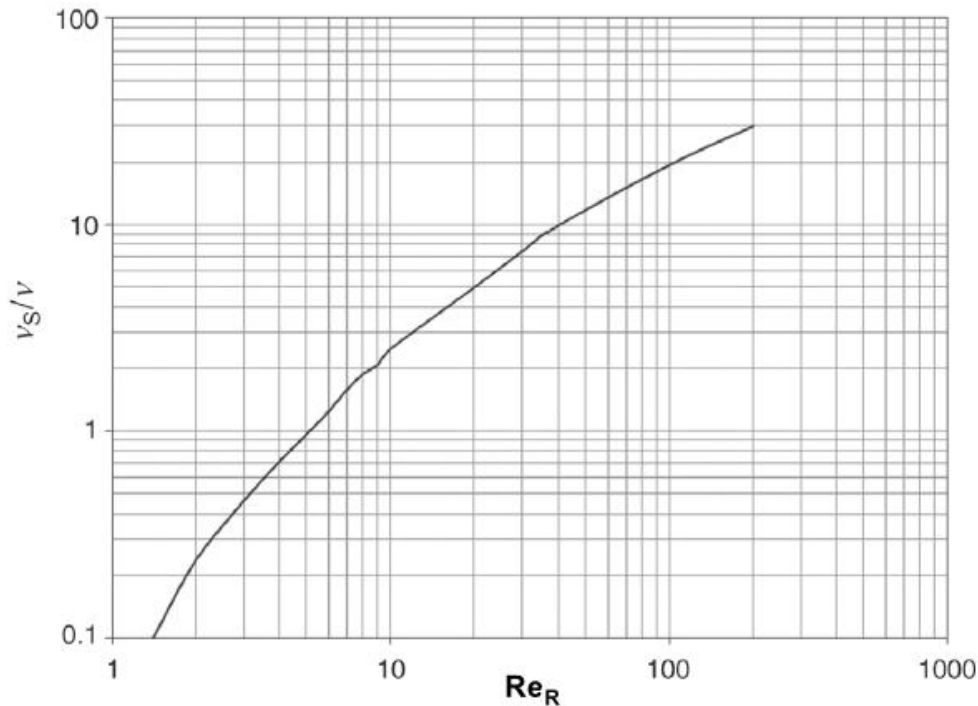
Donde,

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

Obtención de la velocidad de sedimentación,  $v_s$

Entrando con el valor del número reducido de Reynolds ( $Re_R$ ) de 5.28 en la figura siguiente (Gupta and Yan, 2016), se obtiene un valor de  $v_s/v_T$  de aproximadamente 1.10, por lo que ahora se puede escribir:

$$v_s = 1.10 \times 0.024 = 0.0264 \text{ m/s}$$



Obtención del porcentaje de paso de sólidos en alimentación de 200 micras, %

Representando los valores del análisis granulométrico que nos da el enunciado se se obtiene que el porcentaje de paso de partículas inferiores a 200 micras contenidas en la alimentación al clasificador será de aproximadamente del 64%.

Se considera que este porcentaje de partículas inferiores a 200 micras se recogerán en el rebose.

Obtención de la dilución, en volumen, en la alimentación, V<sub>F</sub>

La obtención del valor de dilución, en volumen, de la alimentación (V<sub>F</sub>) se obtiene sustituyendo términos conocidos en la siguiente expresión:

$$V_F = \frac{V_{L(F)}}{V_{S(F)}} = \frac{(100 - \% \text{ sólidos alimentación}) \cdot \rho_S}{(\% \text{ sólidos alimentación}) \cdot \rho_L} =$$
$$= \frac{(100 - 40) \times 2740}{40 \times 1100} = 3.74$$

Otra vía de obtener el valor de dilución, en volumen, de la alimentación ( $V_F$ ) sería a través de la siguiente relación:

40% en peso de sólidos, en alimentación

60% en peso de agua, en alimentación

1 t de pulpa  $\Rightarrow$  | 400 kg sólidos  
600 kg agua

$$V_{S(F)} = 400 \times \frac{1 \text{ m}^3}{2740 \text{ kg}} = 0.15 \text{ m}^3 \text{ sólidos, en volumen, alimentación}$$

$$V_{L(F)} = 600 \times \frac{1 \text{ m}^3}{1100 \text{ kg}} = 0.60 \text{ m}^3 \text{ agua, en volumen, alimentación}$$

$$V_F = \frac{V_{L(F)}}{V_{S(F)}} = \frac{0.60}{0.15} = 4$$

Obtención de la fracción de vacío,  $\varepsilon$

Anteriormente se ha obtenido que el porcentaje de paso acumulado de las partículas sólidas con un tamaño inferior a 200 micras contenidas en la alimentación representan el 64%. Este valor representa el porcentaje en peso de la fracción de sólidos de tamaño inferior al tamaño de corte del clasificador, es decir,  $V_s = 0.64$  (asumiendo que todas las partículas sólidas presentan la misma densidad).

La obtención de la fracción de vacíos entre partículas ( $\varepsilon$ ) se obtiene sustituyendo términos ya calculados en la siguiente expresión:

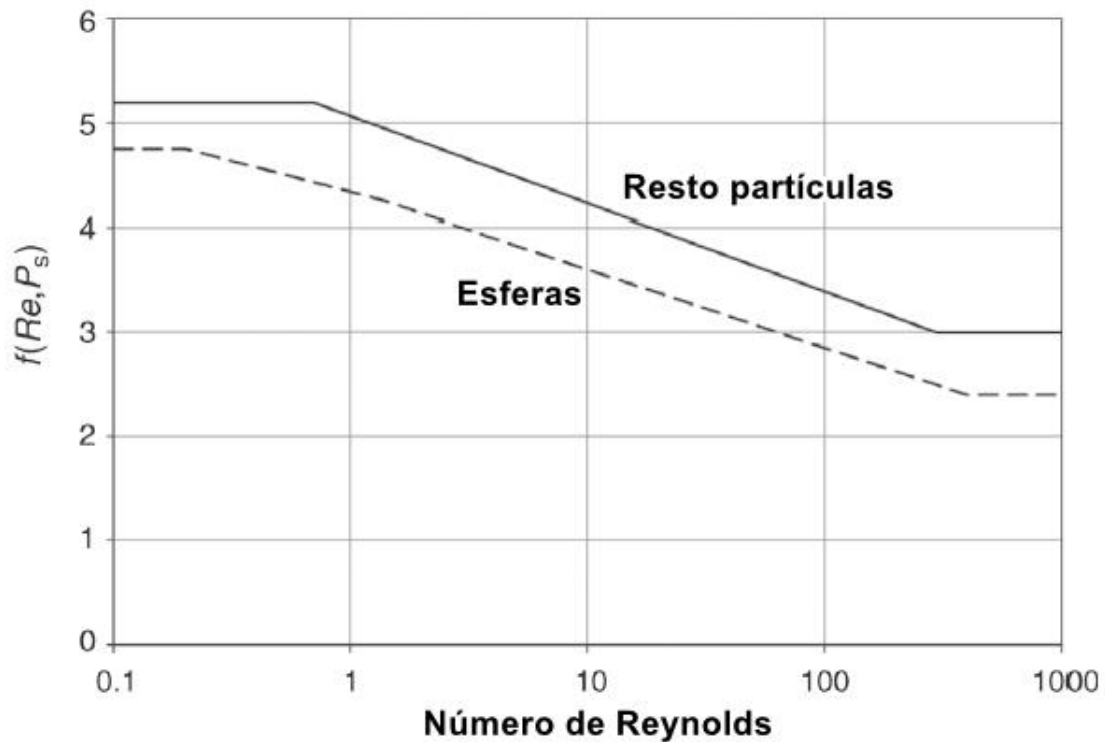
$$\varepsilon = \frac{1}{1 + \frac{V_d}{V_F}} = \frac{1}{1 + \frac{0.64}{3.74}} = 0.85$$

Obtención del factor de obstrucción a la sedimentación, H

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

$$Re = Re_R \cdot \frac{V_S}{V_T} = 5.28 \times 1.1 = 5.808$$

Con el valor de Reynolds ( $Re$ ) conocido de 5.8 se entra en la siguiente gráfica (Gupta and Yan, 2016) para obtener el parámetro  $f(Re, P_s)$ , cuyo valor es de 4.6 (resto de partículas).



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

$$H = \varepsilon^{f(Re, P_s)} = 0.85^{4.6} = 0.47$$

Obtención del factor de forma,  $P_s$

Para una suspensión acuosa o pulpa formada por partículas minerales trituradas, se puede adoptar un factor de forma igual a 0.70 según la siguiente tabla (Gupta and Yan, 2016):

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

Obtención del caudal de agua en el rebose,  $Q_{vl(O)}$

Vamos a calcular el caudal de agua que va por el rebose ( $Q_{vl(O)}$ ), en  $m^3/h$ , para ello sabemos según el enunciado que en rebose se obtendrá un 35.1% de sólidos, en peso, luego el resto, es decir un 64.9% en peso será agua.

En base a lo anterior podemos plantear lo siguiente:

35.1% en peso de sólidos, en rebose

64.9% en peso de agua, en rebose

1 t de pulpa  $\Rightarrow$  | 351 kg sólidos  
649 kg agua

$$V_{s(O)} = 351 \times \frac{1 m^3}{2740 \text{ kg}} = 0.13 m^3 \text{ sólidos, en volumen, rebose}$$

$$V_{l(O)} = 649 \times \frac{1 m^3}{1100 \text{ kg}} = 0.59 m^3 \text{ agua, en volumen, rebose}$$

Por otro lado, según se ha obtenido a través de la curva granulométrica, en la alimentación iría un 64% de partículas inferiores a 200 micras que se recogerían como rebose. La capacidad de tratamiento que se va a demandar será de 100 t/h (pulpa en alimentación), compuesta por un 40% en peso de sólidos y un 60% en peso de líquido, entonces:

40 t/h  $\rightarrow$  100% sólidos (todo rango)

$x \leftarrow$  64% sólidos ( $\leq$  200 micras)

$x = 25 \text{ t/h}$  ( $\leq$  200 micras)

Caudal o capacidad de sólidos en el rebose

Anteriormente se ha determinado que en el rebose se recogerán de sólidos un volumen de  $0.13 \text{ m}^3$  por cada tonelada de pulpa que se obtenga en dicho rebose. Ahora vamos a pasar los  $25 \text{ t/h}$  a  $\text{m}^3/\text{s}$ :

$$25000 \text{ kg/h} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{2740 \text{ kg}} = 0.00253 \text{ m}^3/\text{s} = 9.12 \text{ m}^3/\text{h} \text{ sólidos, en rebose}$$

Ahora, para el caudal de agua en el rebose se plantearía lo siguiente:

$$25 \text{ t/h (sólidos)} \rightarrow 35.1\% \text{ peso (sólidos)}$$

$$y \leftarrow 64.9\% \text{ peso (agua)}$$

$$y = 46.23 \text{ t/h}$$

Caudal agua en el rebose

Por lo que e valor del caudal de agua en el rebose,  $Q_{VL(O)}$ , en  $\text{m}^3/\text{s}$ :

$$Q_{VL(O)} = 46.23 \text{ t/h} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ t}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1100 \text{ kg}} = 42.02 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow 0.012 \text{ m}^3/\text{s}$$

Obtención del área de sedimentación de la cuba, A

Ahora ya se conocen todos los términos para obtener el área de sedimentación de la cuba (A):

$$A = \frac{Q_{VL(O)}}{v_S \times H \times P_S \times A_{EF}} = \frac{0.012 \text{ m}^3/\text{s}}{0.0264 \text{ m/s} \times 0.47 \times 0.70 \times 0.45} = 3.07 \text{ m}^2$$

Referencias:

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