

## EJERCICIO SOBRE EL CÁLCULO DE LA EFICIENCIA DE UNA CRIBA

### TEORÍA

Una criba se dice que se comporta perfectamente si todo el material que se vierte sobre una criba y que posee un tamaño igual o inferior a la dimensión de abertura de malla ( $m$ ) es separado, como pasante. En general, la separación absoluta de partículas con diferentes tamaños usando cribado es difícil de alcanzar debido a diferentes factores como la probabilidad de que el movimiento de una partícula finalmente la enfrente a la abertura de la criba sin verse afectada por otras partículas en su trayectoria. Por ello, se hace necesario expresar la eficiencia del proceso de cribado con el fin de conocer en qué grado de idoneidad se lleva a cabo éste.

Por lo tanto, la eficiencia de la criba es un valor que nos mide cómo de preciso se está llevando a cabo la separación o clasificación de las partículas obtenidas como pasante y las obtenidas como rechazo. Así, la eficiencia de cribado se puede calcular basándose en la cantidad de material obtenido a partir de un determinado tamaño. En las operaciones a escala industrial se debe especificar si este material obtenido o recuperado se trata del pasante o del rechazo. Teniendo en cuenta el material de rechazo, la eficiencia de cribado ( $\eta_r$ ) se define, entonces, como el cociente entre el peso de material total presente en la alimentación que debería recuperarse en el rechazo y el peso del material que es realmente obtenido como rechazo a la salida de la criba. Si lo que tenemos en cuenta es el material pasante, entonces la eficiencia de cribado ( $\eta_p$ ) se define ahora como el cociente entre el peso del material total presente en la alimentación que debería recuperarse como pasante y el peso del material que finalmente es obtenido como pasante a la salida de la criba.

Para una criba industrial se considera que, si la tela no está deformada y tampoco presenta roturas en la malla, no deberían obtenerse partículas formando parte del pasante con un tamaño mayor a la abertura de la malla. Sin embargo, la realidad nos dice que algunas partículas gruesas podrían obtenerse en el pasante y para ello se debe plantear las expresiones de balance de materia con el fin de obtener la eficiencia de cribado, así tenemos que:

Balance de masa del material total,  $A = R + P$

Balance de masa del material de rechazo,  $Af = Rc + Pu$

Balance de masa del material pasante,  $A(1-f) = R(1-c) + P(1-u)$

Siendo,

$A$  = Peso del material total en la alimentación.

$R$  = Peso del material obtenido como rechazo.

$P$  = Peso del material obtenido como pasante.

$f$  = Porcentaje de material en la alimentación con una dimensión superior a la abertura de malla ( $m$ ).

$c$  = Porcentaje, o fracción, de material en el rechazo con una dimensión superior a la abertura de malla ( $m$ ).

$u$  = Porcentaje de material en el pasante con una dimensión superior a la abertura de malla ( $m$ ).

Operando con las diferentes expresiones anteriores de balance de masa se llega a lo siguiente:

$$\frac{R}{A} = \frac{f - u}{c - u}$$

$$\frac{P}{A} = \frac{c - f}{c - u}$$

La recuperación del material con una dimensión superior a la abertura de malla ( $m$ ) que se obtiene en la salida del rechazo es conocida como Eficiencia de la Criba,  $\eta_r$ , basada en el tamaño grueso ( $>m$ ):

$$\eta_r = \frac{Rc}{Af} = \frac{c(f - u)}{f(c - u)}$$

La recuperación del material con una dimensión inferior a la abertura de malla ( $m$ ) que se obtiene como material pasante es conocida como Eficiencia de la Criba,  $\eta_p$ , basada en el tamaño fino ( $<m$ ):

$$\eta_p = \frac{P(1-u)}{A(1-f)} = \frac{(1-u)(c-f)}{(1-f)(c-u)}$$

Por lo que una Eficiencia de la Criba global,  $\eta$ , se obtendría multiplicando las dos expresiones anteriores:

$$\eta = \eta_r \times \eta_p = \frac{c(f-u)(1-u)(c-f)}{f(c-u)^2(1-f)}$$

Por otro lado, si en lugar de expresar los porcentajes en términos de material grueso o de tamaño superior a la abertura de malla, se expresan en términos del material fino o con tamaño igual o inferior a la abertura de malla. Las expresiones serían las siguientes:

Balance de masa del material total,  $A = R + P$

Balance de masa del material de rechazo,  $Aa = Rr + Pp$

Balance de masa del material pasante,  $A(1-a) = R(1-r) + P(1-p)$

Siendo,

$A$  = Peso del material total en la alimentación.

$R$  = Peso del material obtenido como rechazo.

$P$  = Peso del material obtenido como pasante.

$a$  = Porcentaje de material en la alimentación con una dimensión inferior a la abertura de malla ( $m$ ).

$r$  = Porcentaje, o fracción, de material en el rechazo con una dimensión inferior a la abertura de malla ( $m$ ).

$p$  = Porcentaje de material en el pasante con una dimensión inferior a la abertura de malla ( $m$ ).

Operando, al igual que antes, con las diferentes expresiones anteriores de balance de masa se llega a lo siguiente:

$$\frac{R}{A} = \frac{a - p}{r - p}$$

$$\frac{P}{A} = \frac{r - a}{r - p}$$

Ahora, la recuperación del material con una dimensión superior a la abertura de malla ( $m$ ) que se obtiene en la salida del rechazo es conocida como Eficiencia de la Criba,  $\eta_r$ , basada en el tamaño grueso ( $>m$ ):

$$\eta_r = \frac{R(1-r)}{A(1-a)} = \frac{(1-r)(a-p)}{(1-a)(r-p)}$$

La recuperación del material con una dimensión inferior a la abertura de malla ( $m$ ) que se obtiene como material pasante es conocida como Eficiencia de la Criba,  $\eta_p$ , basada en el tamaño fino ( $<m$ ):

$$\eta_p = \frac{Pp}{Aa} = \frac{p(r-a)}{a(r-p)}$$

Por lo que una Eficiencia de la Criba global,  $\eta$ , se obtendría multiplicando las dos expresiones anteriores:

$$\eta = \eta_r \times \eta_p = \frac{p(p-a)(1-r)(a-r)}{a(p-r)^2(1-a)}$$

Por lo tanto la Eficiencia de una Criba se puede calcular utilizando cualquiera de las dos expresiones obtenidas para la eficiencia global.

## EJERCICIO

Un material silíceo se criba con una abertura de malla ( $m$ ) de 1 mm para obtener una fracción granulométrica superior a 1 mm (+1.0 mm). El análisis granulométrico llevado a cabo para la alimentación, el pasante y el rechazo se muestra en la siguiente tabla. Calcular la Eficiencia de la Criba.

Abertura criba (mm)	Porcentaje en peso retenido para dicha abertura de criba		
	Alimentación	Rechazo	Pasante
3.3	3.0	6.0	-
2.3	13.0	37.0	-
1.5	34.0	37.0	15.0
1.0	22.0	12.0	42.0
0.8	16.7	5.0	26.0
0.6	5.0	3.0	7.0
0.4	2.5	-	4.0
0.2	1.3	-	2.5
-0.2	2.5	-	3.5

Solución:

Se calculan los porcentajes de material de tamaño superior a 1 mm para la alimentación, el rechazo y el pasante:

$$\begin{aligned} \text{Porcentaje de material superior a 1 milímetro en la alimentación} &= f \\ &= 3.0 + 13.0 + 34.0 + 22.0 = 72\% = 0.72 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Porcentaje de material superior a 1 milímetro en el rechazo} &= c \\ &= 6.0 + 37.0 + 37.0 + 12.0 = 92\% = 0.92 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Porcentaje de material superior a 1 milímetro en el pasante} &= u \\ &= 15.0 + 42.0 = 57\% = 0.57 \end{aligned}$$

Aplicando la expresión para la Eficiencia de la Criba global:

$$\eta = \frac{c(f-u)(1-u)(c-f)}{f(c-u)^2(1-f)}$$

Se tiene por tanto:

$$\eta = \frac{0.92(0.72 - 0.57)(1 - 0.57)(0.92 - 0.72)}{0.72(0.92 - 0.57)^2(1 - 0.72)} = 0.48 = 48\%$$

Calculando la Eficiencia de la Criba, empleando el porcentaje de finos, quedaría como:

$$\begin{aligned} \text{Porcentaje de material inferior a 1 milimetro en la alimentación} &= a \\ &= 16.7 + 5.0 + 2.5 + 1.3 + 2.5 = 28\% = 0.28 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Porcentaje de material inferior a 1 milimetro en el rechazo} &= r \\ &= 5.0 + 3.0 = 8\% = 0.08 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Porcentaje de material inferior a 1 milimetro en el pasante} &= p \\ &= 26.0 + 7.0 + 4.0 + 2.5 + 3.5 = 43\% = 0.43 \end{aligned}$$

Aplicando la expresión para la Eficiencia de la Criba global:

$$\eta = \eta_r \times \eta_p = \frac{p(p-a)(1-r)(a-r)}{a(p-r)^2(1-a)}$$

Se tiene por tanto:

$$\eta = \frac{0.43(0.43 - 0.28)(1 - 0.08)(0.28 - 0.08)}{0.28(0.43 - 0.08)^2(1 - 0.28)} = 0.48 = 48\%$$

Luego el mismo resultado utilizando en este caso la fracción fina inferior a la abertura de malla de 1 milimetro.