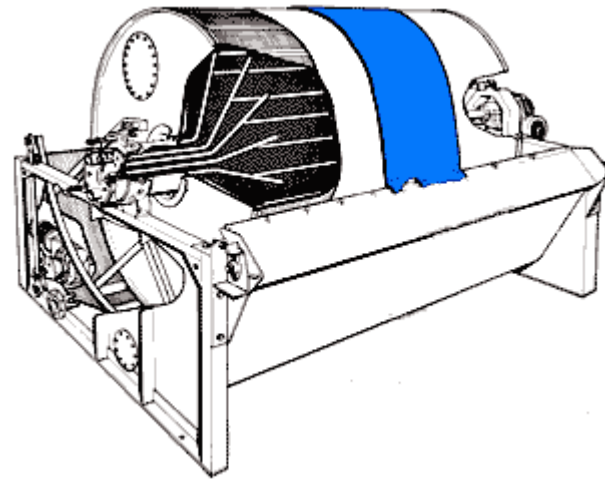
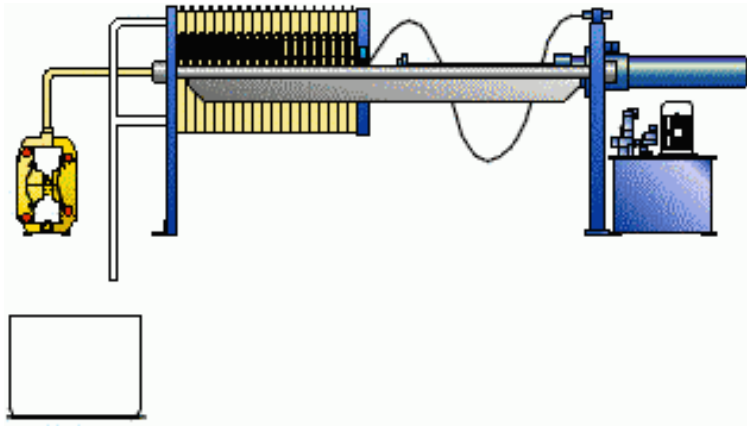
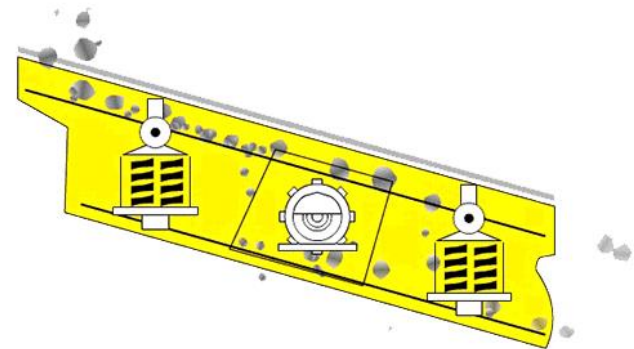
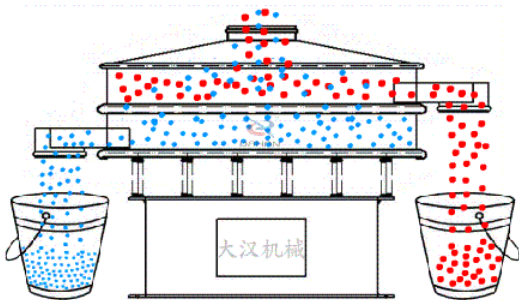


Operaciones Unitarias 1

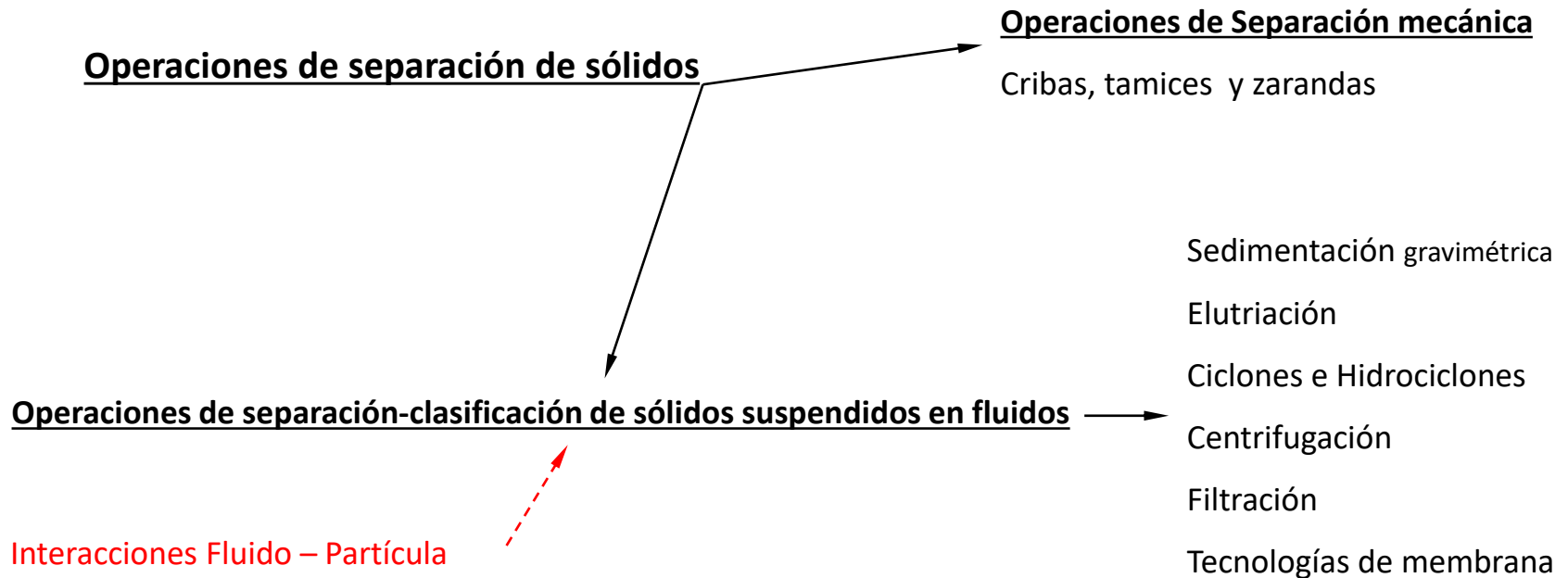
Tecnología de los sistemas particulados

❖ Operaciones de separación de sólidos



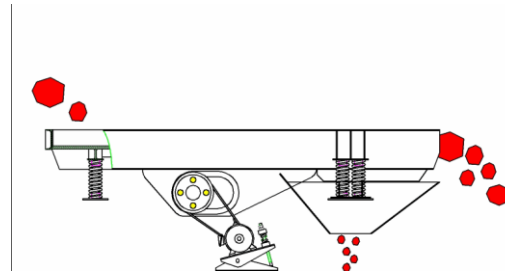
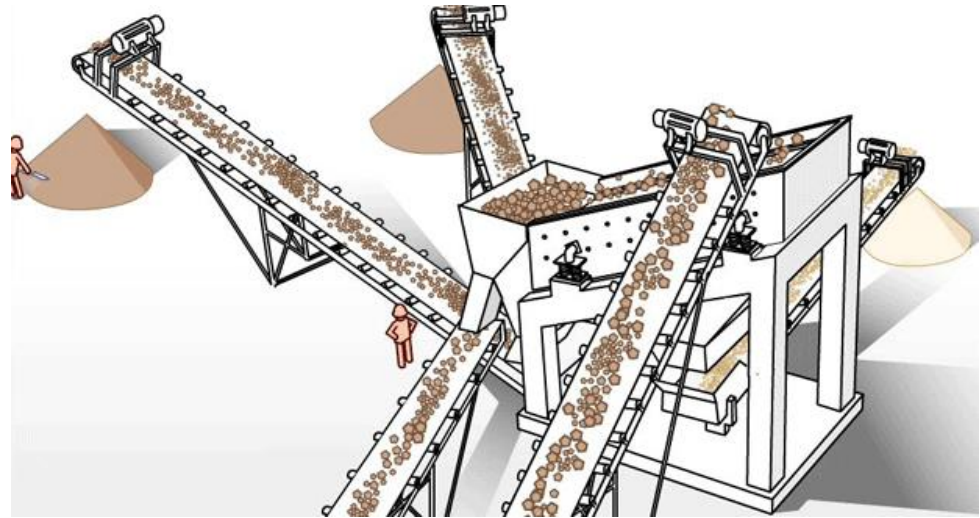
Tecnología de los sistemas particulados (TSP)

❖ Operaciones de separación de sólidos



Operaciones de separación de sólidos, Cribas, tamices y zarandas

<https://youtu.be/ZTsd0z7bzll>



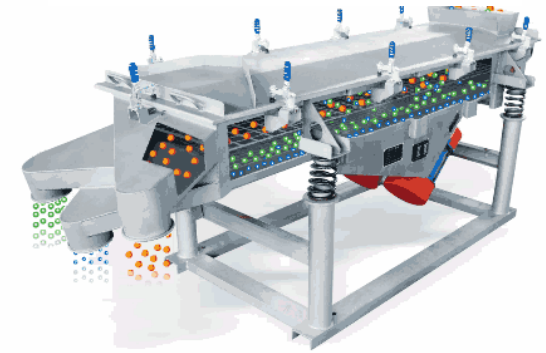
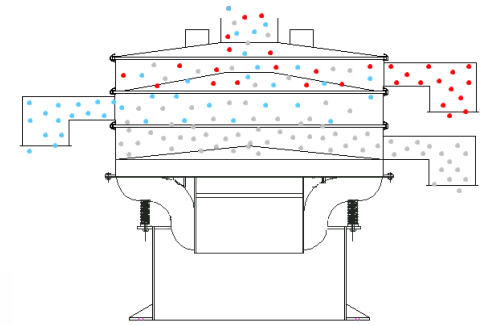
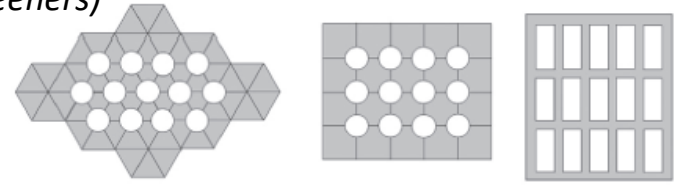
Operaciones de separación mecánica, Cribas, tamices y zarandas (*screeners*)

El cribado es un método de separación de partículas basado exclusivamente en el tamaño de éstas.

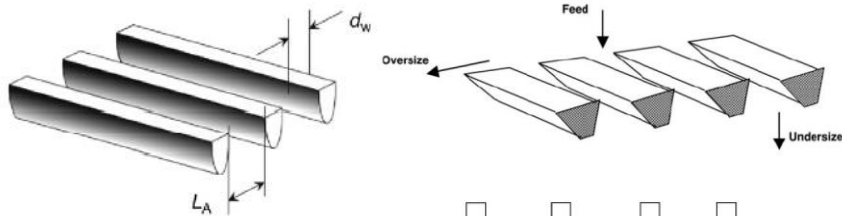
Los sólidos se colocan sobre la superficie de la zaranda. Las partículas de menor tamaño, *finos o cernido o aceptado*, pasan a través de las aberturas; mientras que las de mayor tamaño, *grueso o rechazo o retenido*, no pasan.

Una sola criba puede realizar una separación en dos fracciones.

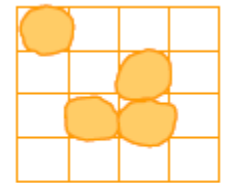
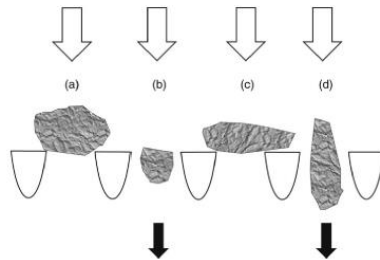
Para separaciones múltiples, el material se hace pasar a través de una serie de cribas de diferentes tamaños que separa en fracciones clasificadas por tamaños, es decir, fracciones cuyas partículas se conocen por su tamaño máximo y mínimo. En ocasiones, la operación se realiza en húmedo, si bien lo más frecuente es operar en seco.



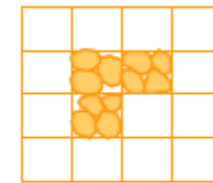
Eficiencia



a) No pasa; b) pasa; c) y d) pasa o no pasa según su orientación

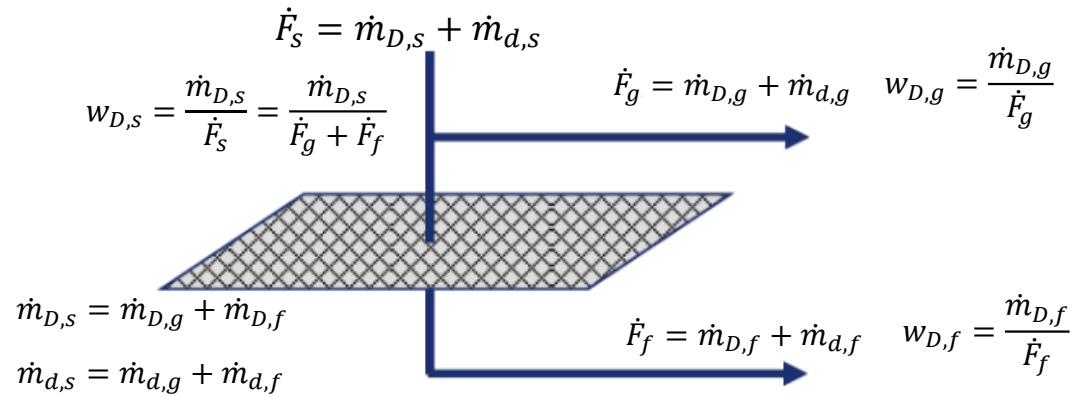
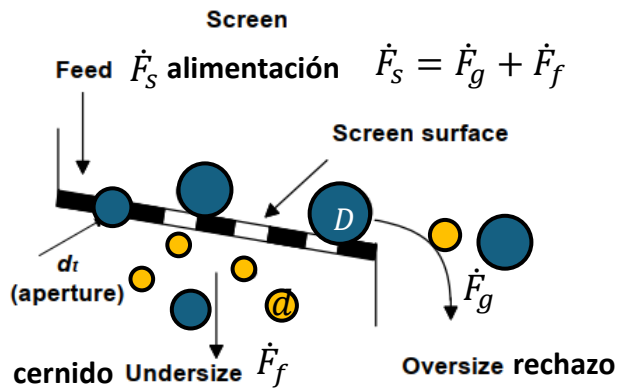


Obstrucción por tamaño de partícula cercano a la apertura



Ensuciamiento por puentes de finos

Operaciones de separación mecánica, Cribas, tamices y zarandas balance de masa



$$\dot{F}_s = \dot{m}_{D,s} + \dot{m}_{d,s} \left[\frac{kg}{s} \right] \quad \dot{F}_g = \dot{m}_{D,g} + \dot{m}_{d,g} \left[\frac{kg}{s} \right] \quad \dot{F}_f = \dot{m}_{D,f} + \dot{m}_{d,f} \left[\frac{kg}{s} \right]$$

$$\dot{m}_{D,s} = \dot{m}_{D,g} + \dot{m}_{D,f} \quad \dot{m}_{d,s} = \dot{m}_{d,g} + \dot{m}_{d,f}$$

$$w_{D,s} = \frac{\dot{m}_{D,s}}{\dot{m}_{D,s} + \dot{m}_{d,s}} = \frac{\dot{m}_{D,s}}{\dot{F}_g + \dot{F}_f} \rightarrow 1 - w_{D,s} = 1 - \frac{\dot{m}_{D,s}}{\dot{m}_{D,s} + \dot{m}_{d,s}} = \frac{\dot{m}_{d,s}}{\dot{F}_s}$$

$$w_{D,f} = \frac{\dot{m}_{D,f}}{\dot{m}_{D,f} + \dot{m}_{d,f}} = \frac{\dot{m}_{D,f}}{\dot{F}_f} \rightarrow 1 - w_{D,f} = 1 - \frac{\dot{m}_{D,f}}{\dot{m}_{D,f} + \dot{m}_{d,f}} = \frac{\dot{m}_{d,f}}{\dot{F}_f}$$

$$w_{D,g} = \frac{\dot{m}_{D,g}}{\dot{m}_{D,g} + \dot{m}_{d,g}} = \frac{\dot{m}_{D,g}}{\dot{F}_g} \rightarrow 1 - w_{D,g} = 1 - \frac{\dot{m}_{D,g}}{\dot{m}_{D,g} + \dot{m}_{d,g}} = \frac{\dot{m}_{d,g}}{\dot{F}_g}$$

$w_{D,k}$ $k = s, f, g$ es la fracción másica acumulativa de la partícula mayor (total retenido hasta la malla considerada)

Operaciones de separación mecánica, Cribas, tamices y zarandas; balance de masa; eficiencia

Diagram illustrating the mass balance for a mechanical separation process (e.g., screening, sieving, or riddling). The feed stream has a mass flow rate \dot{m}_s and a flow rate \dot{F}_s . The feed splits into two product streams: a top stream with mass flow rate \dot{m}_g and flow rate \dot{F}_g , and a bottom stream with mass flow rate \dot{m}_f and flow rate \dot{F}_f . The top stream has a weight fraction $w_{D,g}$ and the bottom stream has a weight fraction $w_{D,f}$.

Mass balance equations:

$$\dot{F}_s = \dot{m}_{D,s} + \dot{m}_{d,s} \left[\frac{kg}{s} \right]$$

$$\dot{F}_g = \dot{m}_{D,g} + \dot{m}_{d,g} \left[\frac{kg}{s} \right]$$

$$\dot{F}_f = \dot{m}_{D,f} + \dot{m}_{d,f} \left[\frac{kg}{s} \right]$$

Weight fraction definitions:

$$w_{D,s} = \frac{\dot{m}_{D,s}}{\dot{m}_{D,s} + \dot{m}_{d,s}} = \frac{\dot{m}_{D,s}}{\dot{F}_g + \dot{F}_f}$$

$$w_{D,f} = \frac{\dot{m}_{D,f}}{\dot{m}_{D,f} + \dot{m}_{d,f}} = \frac{\dot{m}_{D,f}}{\dot{F}_f}$$

$$w_{D,g} = \frac{\dot{m}_{D,g}}{\dot{m}_{D,g} + \dot{m}_{d,g}} = \frac{\dot{m}_{D,g}}{\dot{F}_g}$$

Component mass balances:

$$\dot{m}_{D,s} = \dot{m}_{D,g} + \dot{m}_{D,f}$$

$$\dot{m}_{d,s} = \dot{m}_{d,g} + \dot{m}_{d,f}$$

Flow rate relationships:

$$\dot{F}_s = \dot{F}_g + \dot{F}_f \rightarrow 1 = \frac{\dot{F}_g}{\dot{F}_s} + \frac{\dot{F}_f}{\dot{F}_s} \rightarrow \frac{\dot{F}_g}{\dot{F}_s} = 1 - \frac{\dot{F}_f}{\dot{F}_s}$$

$$\dot{m}_{D,s} = w_{D,s}(\dot{F}_g + \dot{F}_f) = w_{D,s}\dot{F}_s$$

$$\dot{m}_{D,s} = \dot{m}_{D,g} + \dot{m}_{D,f} = w_{D,g}\dot{F}_g + w_{D,f}\dot{F}_f$$

$$w_{D,s}\dot{F}_s = w_{D,g}\dot{F}_g + w_{D,f}\dot{F}_f \rightarrow w_{D,s} = w_{D,g}\frac{\dot{F}_g}{\dot{F}_s} + w_{D,f}\frac{\dot{F}_f}{\dot{F}_s}$$

Derivation of $\frac{\dot{F}_f}{\dot{F}_s}$:

$$w_{D,s} = w_{D,g} \left(1 - \frac{\dot{F}_f}{\dot{F}_s} \right) + w_{D,f} \frac{\dot{F}_f}{\dot{F}_s} \rightarrow w_{D,s} = w_{D,g} + \frac{\dot{F}_f}{\dot{F}_s} (w_{D,f} - w_{D,g}) \rightarrow \frac{\dot{F}_f}{\dot{F}_s} = \left(\frac{w_{D,s} - w_{D,g}}{w_{D,f} - w_{D,g}} \right)$$

Derivation of $\frac{\dot{F}_g}{\dot{F}_s}$:

$$\frac{\dot{F}_s - \dot{F}_g}{\dot{F}_s} = \left(\frac{w_{D,s} - w_{D,g}}{w_{D,f} - w_{D,g}} \right) \rightarrow \frac{\dot{F}_g}{\dot{F}_s} = 1 - \left(\frac{w_{D,s} - w_{D,g}}{w_{D,f} - w_{D,g}} \right) \rightarrow \frac{\dot{F}_g}{\dot{F}_s} = \left(\frac{w_{D,s} - w_{D,f}}{w_{D,g} - w_{D,f}} \right)$$

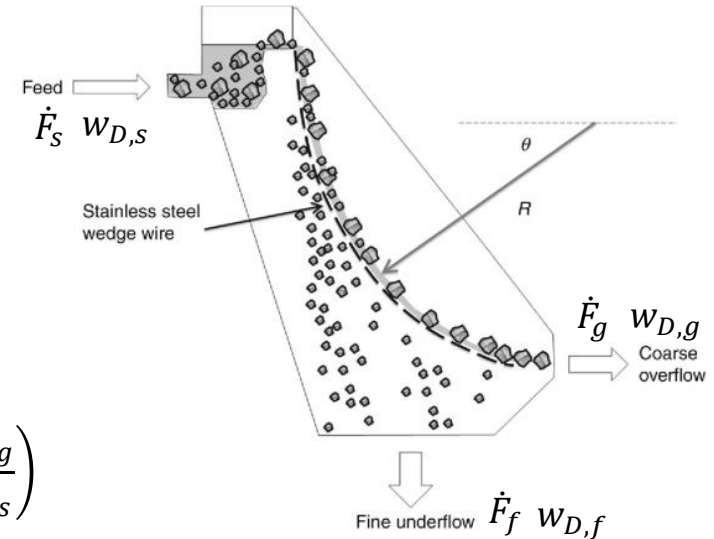
Operaciones de separación mecánica, Cribas, tamices y zarandas; balance de masa; eficiencia

$Ef_{finos,(gruesos)}$ eficiencia de separación de finos, (gruesos) es la fracción de partículas menores (mayores) a la apertura de la malla que sale por la corriente de finos (gruesos) respecto de la alimentada.

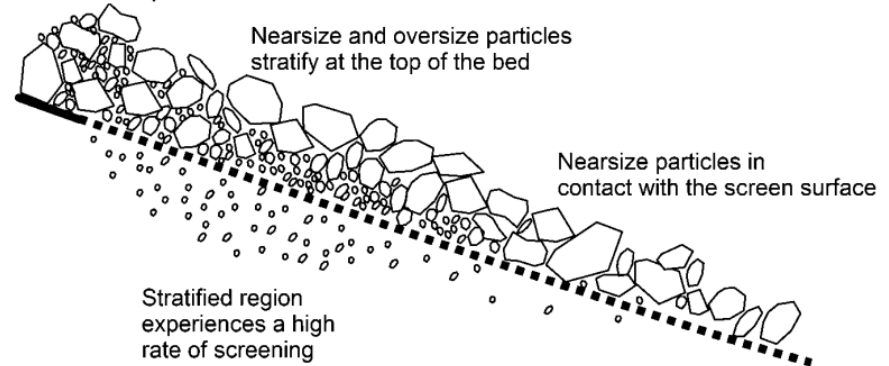
$$Ef_{gruesos} = \frac{\dot{m}_{D,g}}{\dot{m}_{D,s}} = \frac{\dot{F}_g}{\dot{F}_s} \left(\frac{w_{D,g}}{w_{D,s}} \right) \quad Ef_{gruesos} = \left(\frac{w_{D,s} - w_{D,f}}{w_{D,g} - w_{D,f}} \right) \left(\frac{w_{D,g}}{w_{D,s}} \right)$$

$$Ef_{finos} = \frac{\dot{m}_{d,f}}{\dot{m}_{d,s}} = \frac{\dot{F}_f}{\dot{F}_s} \left(\frac{1 - w_f}{1 - w_s} \right) \quad Ef_{finos} = \left(\frac{w_{D,s} - w_{D,g}}{w_{D,f} - w_{D,g}} \right) \left(\frac{1 - w_{D,f}}{1 - w_{D,s}} \right)$$

$$Ef_{global} = Ef_{finos} * Ef_{gruesos}$$



Mixed feed of coarse and fine particles



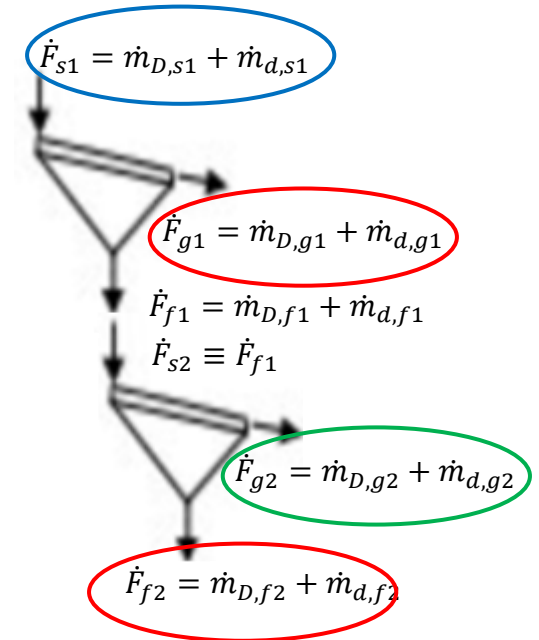
Un proceso industrial que tiene como producto un sólido granular, requiere procesar $1.5 \text{ tonne}\cdot\text{hr}^{-1}$ de sólido con el objetivo de obtener un rango de tamaño limitado entre $-5 / +12$ escala Tyler para cumplir con las especificaciones del cliente. A fin de especificar el proceso de separación se ha realizado un análisis de tamaño sobre una muestra sólida, el cual arroja los siguientes resultados:

Malla Tyler #	$2^{1/2}$	5	8	12	20	28
Masa retenida (gm)	0	43	128	117	32	0



TSPD_ selección de malla

- Especifique la distribución de tamaños de partículas para el sólido.
- Represente la fracción másica retenida en función del diámetro de partículas.
- Proponga un sistema de cribas que permita obtener el rango de tamaños requerido por el proceso.
- Informe la producción de sólido que se obtiene que cumple con el requerimiento y la eficiencia del proceso, asumiendo eficiencias de cribado del 100%.
- Informe la producción de sólido que se obtiene que cumple con el requerimiento, la eficiencia del proceso y la contaminación de los efluentes, si las eficiencias de cribado son del 92% para el rechazo y 95% para el cernido.



Operaciones de separación-clasificación de sólidos suspendidos en fluidos

Separación fluidodinámica

Sedimentación gravimétrica

Elutriación

Ciclones e Hidrociclones

Centrifugación

Filtración

Tecnologías de membrana

Separación	Operación unitaria
Separación – clasificación, sólido gas SG	Ciclones, elutriación, clasificadores a aire, filtración
Separación – clasificación, sólido líquido SL	Sedimentación, elutriación, hidrociclones, filtración, tecnología de membranas

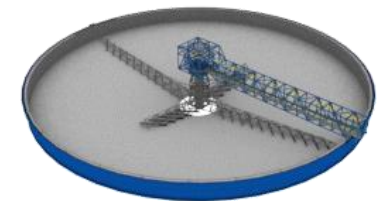
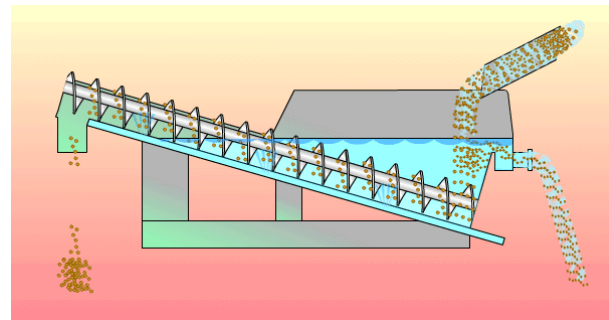


Separaciones sólido gas



Clasificador Denver

Separaciones sólido líquido



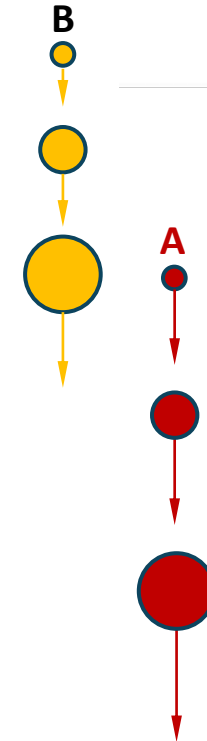
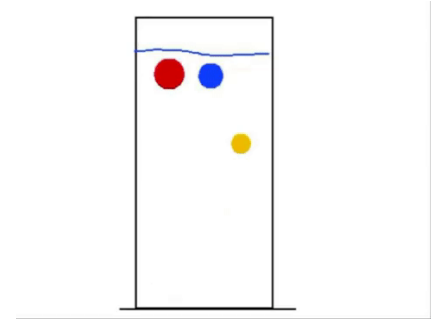
Separación fluidodinámica, partículas isódromas

Considerar partículas de diferente naturaleza i , tamaño D_{pi} y densidad ρ_{pi} ; las mismas se encuentran inmersas en un fluido estacionario o con movimiento ascendente, de un líquido o gas (de densidad ρ);

$$\text{su velocidad terminal es } v_{ti} = \sqrt{\frac{4 D_{pi} g (\rho_{pi} - \rho)}{3 \rho C_D}}, C_{D,i} = \phi \left(Re_{p,i} \left(= \frac{\rho v_{t,i} D_{p,i}}{\mu} \right), \psi_i \right)$$

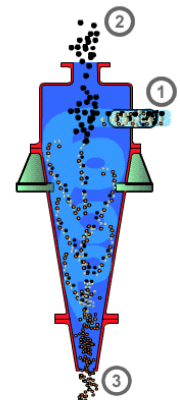
Si el sistema está conformado por dos tipos de partícula: **A** (ρ_{pA}), $v_{tA} = \sqrt{\frac{4 D_{pA} g (\rho_{pA} - \rho)}{3 \rho C_D}}$ y **B** (ρ_{pB}), $v_{tB} = \sqrt{\frac{4 D_{pB} g (\rho_{pB} - \rho)}{3 \rho C_D}}$, con $\rho_{pA} > \rho_{pB}$, si $v_{tA} = v_{tB}$ se presenta la condición de partículas isódromas o equescendentes (*equal falling*).

La isodromía implica que A (con D_{ptA}) y B (con D_{ptB}) tendrán el mismo comportamiento en el fluido y no podrán separarse entre sí, por interacción con éste.

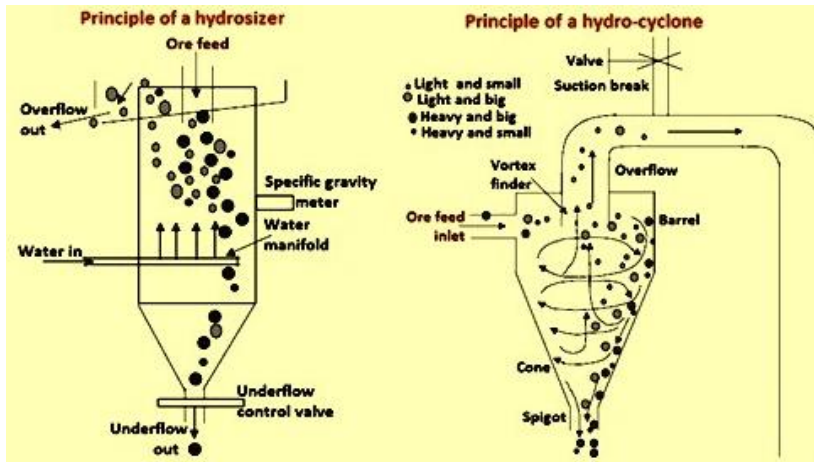


Operaciones de separación sólido – fluido clasificación

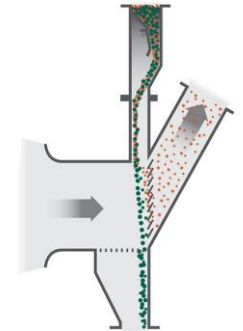
La clasificación consiste en separar las partículas sólidas suspendidas en un fluido, en dos o más fracciones de tipo y tamaño de partícula distintas: fina (o desbordamiento) y gruesa (o subdesbordamiento). El principio de separación se basa en las diferencias de velocidades de sedimentación en el fluido.



1. FEED IN
2. OVERFLOW FINE PARTICLES
3. COARSE/GRANULAR PARTICLES



Según el campo al cual se somete el sistema, existen dos tipos de equipos de clasificación: clasificadores gravitacionales o de sedimentación simple y los clasificadores centrífugos



clasificador gravitacional y centrífugo

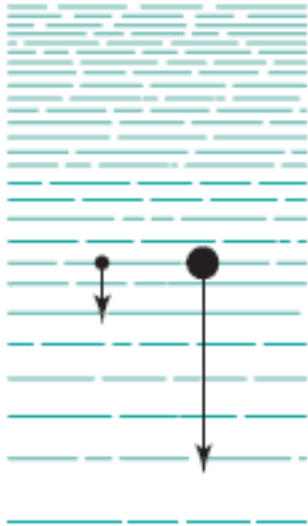
Según el fluido, los clasificadores se dividen en: clasificadores hidráulicos, que utilizan un líquido (normalmente agua); y clasificadores neumáticos basados en normalmente en aire. Los primeros también se denominan clasificadores húmedos y los segundos secos.

Se cuentan, por lo tanto, con 4 posibilidades o agrupaciones de operaciones de clasificación

Operaciones de separación sólido – fluido Condición del fluido

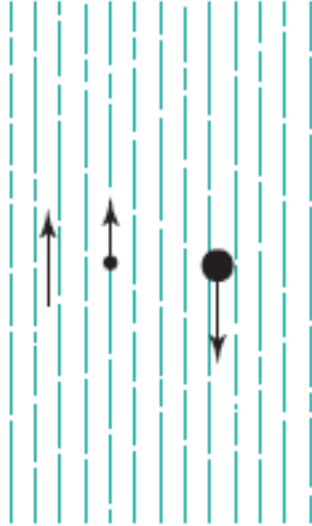
Fluido estacionario. Fluido en movimiento relativo

fluido estacionario



(a)

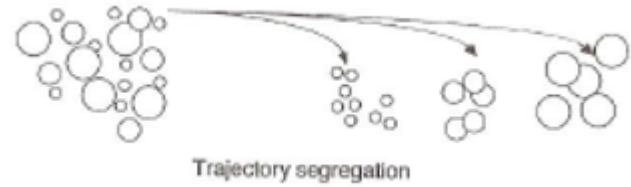
Fluido con movimiento ascendente



(b)



Segregation by elutriation



Trajectory segregation

