

Tecnología de Cereales
Operaciones de Manejo de Sólidos
Guión de Prácticas

1. Objetivo

Las operaciones de manejo de sólidos (transporte, almacenamiento, molturación, separación mecánica y mezclado) tienen una gran importancia en la industria de los cereales, ya que forman parte del procesado de los mismos desde que el grano es separado del resto de la planta hasta que las harinas son transformadas en los productos finales.

En la presente sesión práctica, y con la ayuda de un banco de sólidos, observaremos y en algunos casos analizaremos cuantitativamente algunas de estas operaciones:

- Transporte neumático
- Separación de los sólidos de una corriente de aire mediante un ciclón
- Descarga de un silo o tolva.
- Mezclado de sólidos
- Clasificación por tamaños mediante cernido.

2. Equipos y materiales a utilizar

El equipo que se usará en las distintas experiencias es un banco de trabajo para el manejo de sólidos, que se representa en la Figura 1. Consta de un bastidor y un panel vertical sobre el cual están montados los diferentes elementos, que enumeramos a continuación:

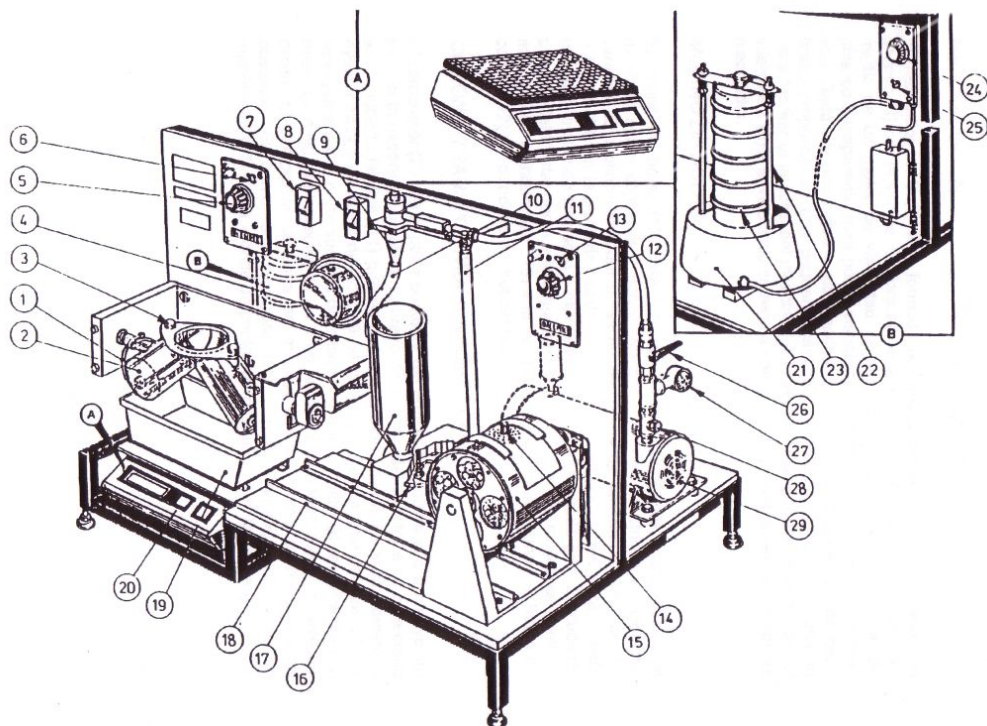


Figura 1. Banco de manejo de sólidos

- **Balanza digital** (20) cuya bandeja (19) dispone de unos deslizadores que le permiten colocarse sobre los raíles (18) y así desplazarse bajo los diferentes dispositivos del montaje.
- **Tolva cilíndrica** (17) de plástico transparente, en cuya base tiene una placa con orificios de diferente diámetro.
- **Mezclador en V** (2) formado por dos cilindros unidos en inglete y con acceso por el vértice superior (3). El conjunto está montado sobre cojinetes y gira gracias a un motor de velocidad variable.
- **Molino de bolas** (15) que consiste en un cilindro de acero inoxidable montado sobre cojinetes y accionado por un motor eléctrico de velocidad variable. En su interior se colocan bolas de porcelana de diferentes tamaños. A pesar de ser un equipo usual en otras industrias (molturación de mineral), no se emplea en la molienda de cereales.
- **Transporte neumático y ciclón.** El equipo consta con un compresor (29) en su parte posterior que suministra aire a un eyector, el cual dispone de una tubería flexible (11) para la succión del material y un ciclón de vidrio (9) en su parte final, que separa el material particulado de la corriente de aire y lo descarga a través de otro tubo flexible (10) colocado en su base.
- **Tamizadora y tamices.** La tamizadora vibratoria se conecta al equipo por su parte posterior. El sistema de sujeción (22) asegura los tamices (23) a la peana vibratoria (21).

Además del equipo que acabamos de describir, usaremos distintos recipientes y espátulas para pesar el material pulverulento.

Los materiales a utilizar en las diferentes experiencias serán: harina integral de trigo, sémola de trigo, harina de trigo y harina de maíz.

3. Experiencias a realizar

3.1. Tamizado de la harina integral de trigo. Estudio de la distribución de tamaños

La harina integral de trigo es el producto directo de la molienda del mismo, y contiene por tanto las diferentes fracciones de tamaño, que van desde la harina propiamente dicha, pasando por las semolinas y sémolas, hasta el salvado.

Partiendo de una cierta cantidad de harina integral de trigo, vamos a tamizarla con ayuda de la serie de tamices vibratorios de la que disponemos (23 en la Figura 1), que realizan la misma operación que en las harineras convencionales se lleva a cabo en los cernedores o planchisters.

El conjunto de tamices se monta en la peana vibratoria según se indica en la Figura 2, siendo la bandeja del fondo un tamiz ciego (receptor). En la parte superior se coloca una tapadera para impedir el escape de polvo al exterior.

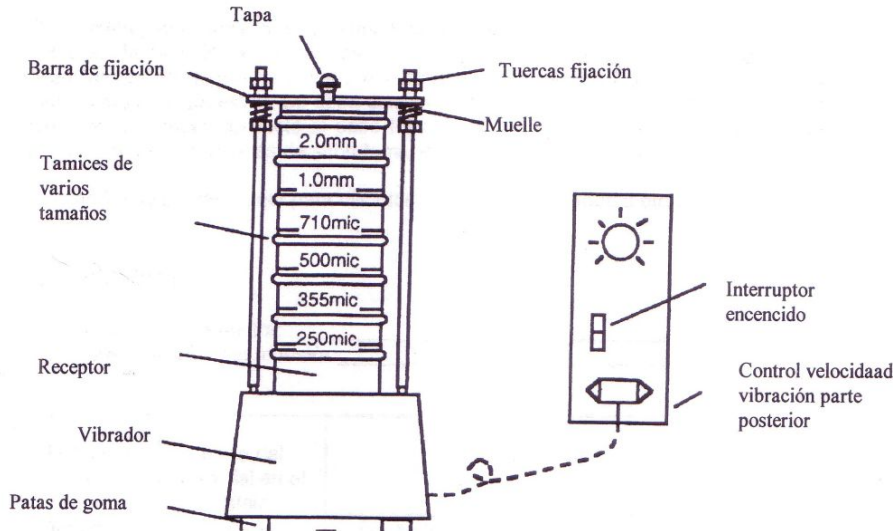


Figura 2. Tamizadora vibratoria y serie de tamices

Tal y como puede apreciarse en la Figura 2, cada uno de los tamices tiene una determinada luz de malla (2.0 mm, 1.0 mm, 710 micras, 500 micras, 355 micras y 250 micras). Así a través del tamiz de 500 micras no podrán pasar partículas mayores de dicho tamaño, y así sucesivamente. Al colocar los tamices en serie, podemos clasificar por tamaños el sólido tamizado, ya que en un tamiz quedarán las partículas mayores que su luz de malla, pero menores que la luz de malla de los tamices superiores. Por ejemplo, en el tamiz de 500 micras de la Figura 2 quedarán las partículas de tamaños comprendidos entre 500 y 710 micras.

Los pasos a seguir para llevar a cabo el tamizado de la harina integral son los siguientes:

1. Montar los tamices en el orden indicado en la Figura 2 y colocar en el tamiz superior la harina previamente pesada, y finalmente poner la tapadera a dicho tamiz.
2. Asegurar el conjunto de tamices en la peana vibratoria usando las sujeciones y sus correspondientes tornillos.
3. Conectar el dispositivo vibrador y tamizar durante 1 hora.
4. Transcurrido este tiempo desmontar el conjunto de tamices y pesar las distintas fracciones obtenidas.
5. Completar la siguiente Tabla con el peso de las distintas fracciones y representar la correspondiente distribución de tamaños.

TABLA DISTRIBUCIÓN DE TAMAÑOS

Intervalo de Tamaño (μm)	Tamaño Medio (μm)	Peso (g)	Fracción de peso	Fracción de peso acumulada
< 250				
250 – 355				
355 – 500				
500 – 710				
710 – 1000				
1000 – 2000				
> 2000				

Peso Total:

DISTRIBUCIÓN DE TAMAÑOS DE LA HARINA INTEGRAL



3.2. Transporte neumático y separación mediante ciclón

El objetivo de esta práctica es observar el funcionamiento de un sistema de transporte neumático y de un mecanismo de separación sólido-gas, concretamente un ciclón.

El transporte neumático es ampliamente utilizado en la industria harinera, ya que está especialmente indicado para materiales ligeros y pulverulentos, y evita la contaminación del material transportado. Los sólidos son arrastrados en suspensión en una corriente de aire a través de una conducción cerrada. En todo sistema de transporte neumático ha de incluirse al final un mecanismo de separación sólido-gas, para separar el sólido transportado de la corriente de aire.

En la Figura 3(a) se representa el esquema del montaje para transporte neumático a utilizar en la práctica. Los sólidos son aspirados desde la tolva (17 en la Fig. 1), gracias al efecto venturi que se produce en el eyector. Al final de la conducción se ha incluido un ciclón (9 en la Fig. 1) que permite separar los sólidos del aire, el cual abandona el ciclón por la parte superior.

Los ciclones son separadores de inercia, que se basan en que las partículas poseen una cantidad de movimiento mucho mayor que el gas, por lo que no siguen el mismo camino que éste si la dirección del movimiento varía súbitamente. Funcionan impartiendo una fuerza centrífuga a la corriente de gas, gracias a su forma cilíndrico-cónica y a la entrada tangencial del gas en los mismos, como puede apreciarse en la Figura 3(b).

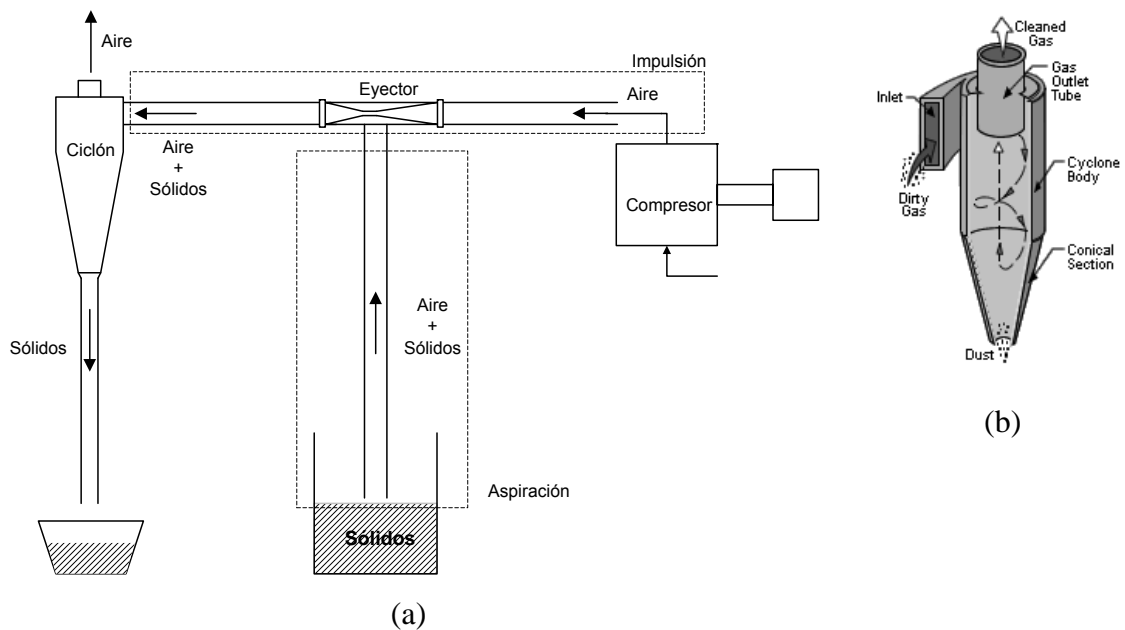


Figura 3. (a) Montaje para transporte neumático usado en la práctica y (b) esquema de un ciclón

En la práctica usaremos el dispositivo de transporte neumático para transportar sémola desde la tolva (17) hasta un depósito que situaremos bajo el ciclón (9). El patrón de movimiento de las partículas dentro del ciclón puede apreciarse claramente, al ser sus paredes de vidrio.

3.3. Descarga de una tolva

Una de las situaciones más frecuentes cuando se manipulan y transportan sólidos a escala industrial es la descarga del material contenido en un silo o en una tolva.

En esta práctica se pretende estudiar la influencia del diámetro del orificio de descarga y de la altura del material en la velocidad de descarga. Para ello procederemos del modo siguiente:

1. Llenaremos dos terceras partes (aproximadamente) del silo/tolva (17) con sémola de trigo, anotando la altura total después de nivelar la superficie.
2. El orificio de salida de la tolva está colocado sobre un disco giratorio que dispone a su vez de aberturas de distintos tamaños (6, 9, 12 y 15 mm). Para iniciar la descarga, haremos coincidir la abertura deseada con el fondo de la tolva, modificando así el tamaño del orificio de salida.
3. Antes de que la descarga finalice se para ésta, girando el disco, y se pesa el sólido descargado. El tiempo de descarga se mide con ayuda de un cronómetro. Se calcula el caudal másico de descarga, de acuerdo con:

$$Q \left(\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right) = \frac{\text{masa descargada (kg)}}{\text{tiempo (s)}}$$

4. Se repite la misma operación para los diferentes orificios de salida, calculando en cada caso el caudal másico.

Normalmente el caudal de descarga se relaciona con el tamaño del orificio de salida mediante una relación potencial como la siguiente, donde el exponente “n” suele estar comprendido entre 2.5 y 3.0.

$$Q = k \cdot D^n$$

Completando la siguiente Tabla con los resultados obtenidos:

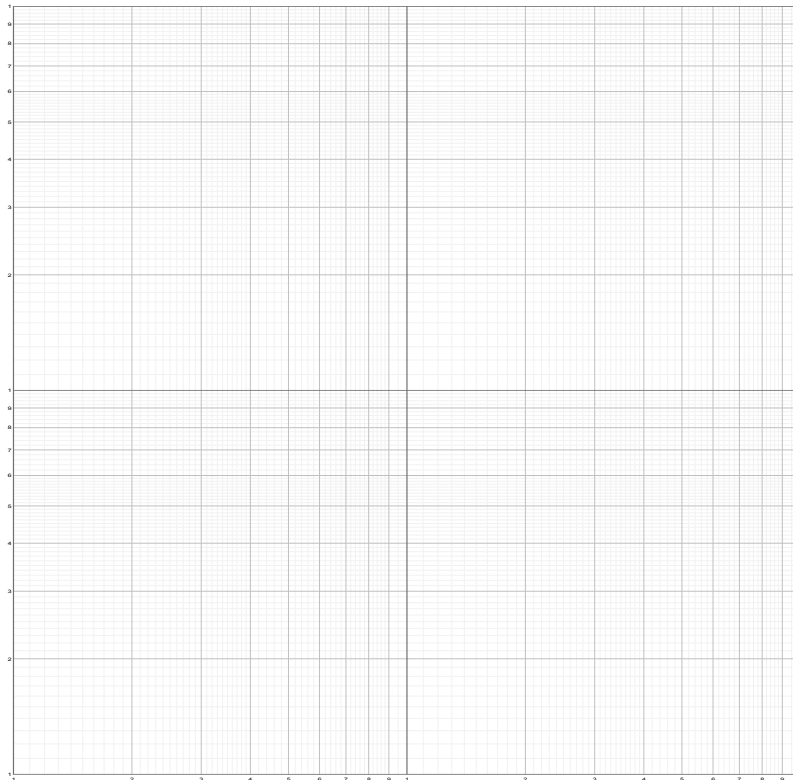
Altura de descarga: cm						
D, mm	D, m	masa, kg	tiempo, s	Q, kg/s	log (Q)	log (D)

Es posible obtener el valor de la constante “k” y del exponente “n” realizando una regresión lineal de $\log(Q)$ vs $\log(D)$.

k =

n =

Gráficamente se debe verificar también dicha relación representando Q frente a D en un papel doble logarítmico:



Para finalizar, y usando el orificio de 9 mm, repetiremos la descarga a dos alturas diferentes de la ya realizada.

altura, cm	masa, kg	tiempo, s	Q, kg/s

¿Afecta la altura inicial al caudal másico de descarga?

3.4. Mezclador en V.

En la industria alimentaria en general, y en la de los cereales en particular, con frecuencia es necesario mezclar materiales sólidos de forma eficaz para obtener un resultado lo más uniforme posible. El mezclado de sólidos requiere normalmente más energía que el de líquidos, Ejemplos de procesos de la industria alimentaria que requieren mezclado de sólidos son: producción de papillas infantiles, harina de confitería, preparados para elaborar cremas, dextrinas, leche en polvo, chocolate, féculas, etc.

Un equipo de mezcla que puede usarse en las aplicaciones anteriormente descritas es el mezclador en V, el cual consiste en dos cilindros unidos en forma de V y que giran alrededor de un eje horizontal. Funciona dividiendo la muestra granular en dos partes aproximadamente iguales y después volviendo a combinarla. Esta operación se repite hasta producir una muestra bien mezclada. Las principales ventajas de este tipo de mezclador son su gran capacidad de producción y calidad de mezcla unidas a un bajo consumo energético y escasos requerimientos de mantenimiento.

La práctica a realizar consistirá en observar el funcionamiento del mezclador en V (2 en la Fig. 1) el cual, al estar construido de plástico transparente, permite apreciar el creciente grado de mezcla entre los dos sólidos pulverulentos. Como materiales usaremos sémola de trigo y arroz, lo que nos permitirá la separación posterior por tamizado de la mezcla. El equipo permite también ir sacando muestras de cada uno de los brazos del mezclador, para estudiar la progresión en el tiempo del grado de mezcla.