

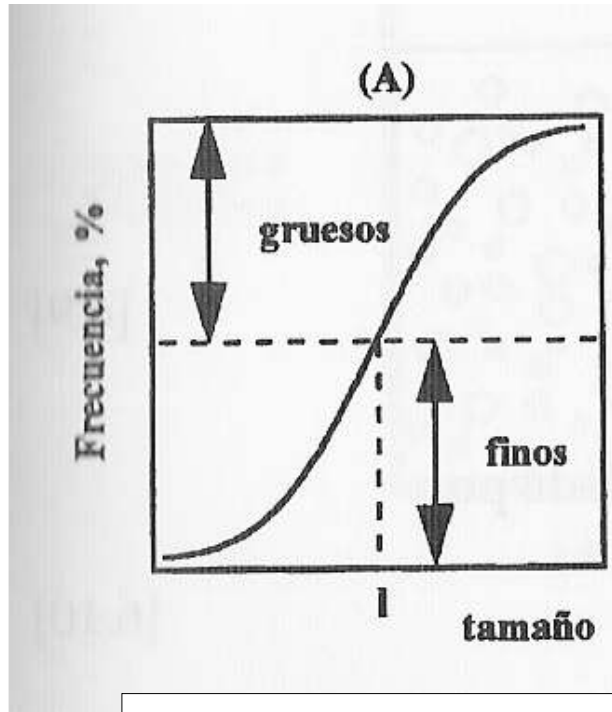
# ➤ **SEPARACIÓN DE SÓLIDOS**

**Proceso de separación de sólidos en función del tamaño de las partículas.**

- **Operación básica**
- **Aplicada con frecuencia en la Industria Farmacéutica**
  - Métodos similares a los utilizados para análisis granulométrico
  - Mayor cantidad de material
  - Carácter preparativo
  - EFICACIA
  - Régimen continuo

# SEPARACIÓN DE SÓLIDOS

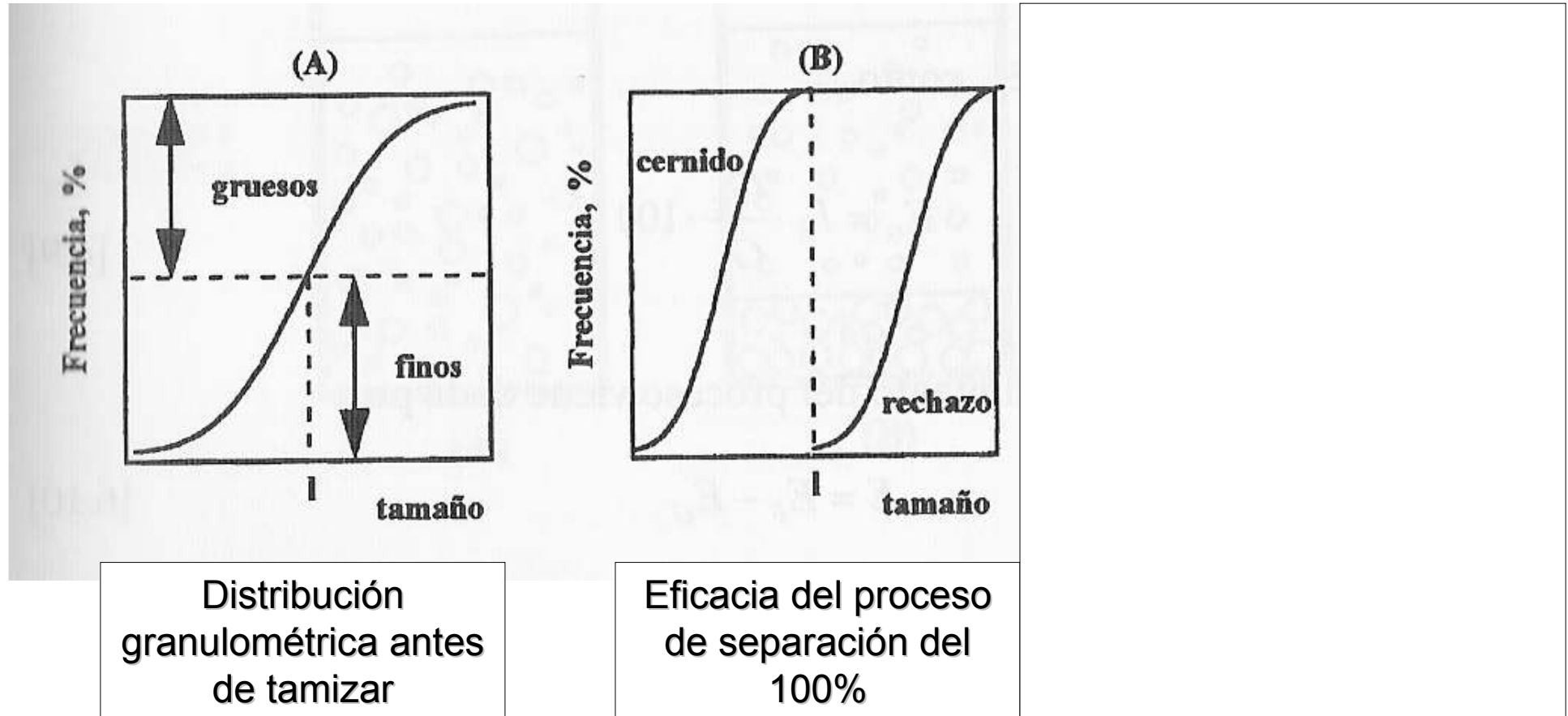
## Eficacia del Proceso (1)



Distribución  
granulométrica antes  
de tamizar

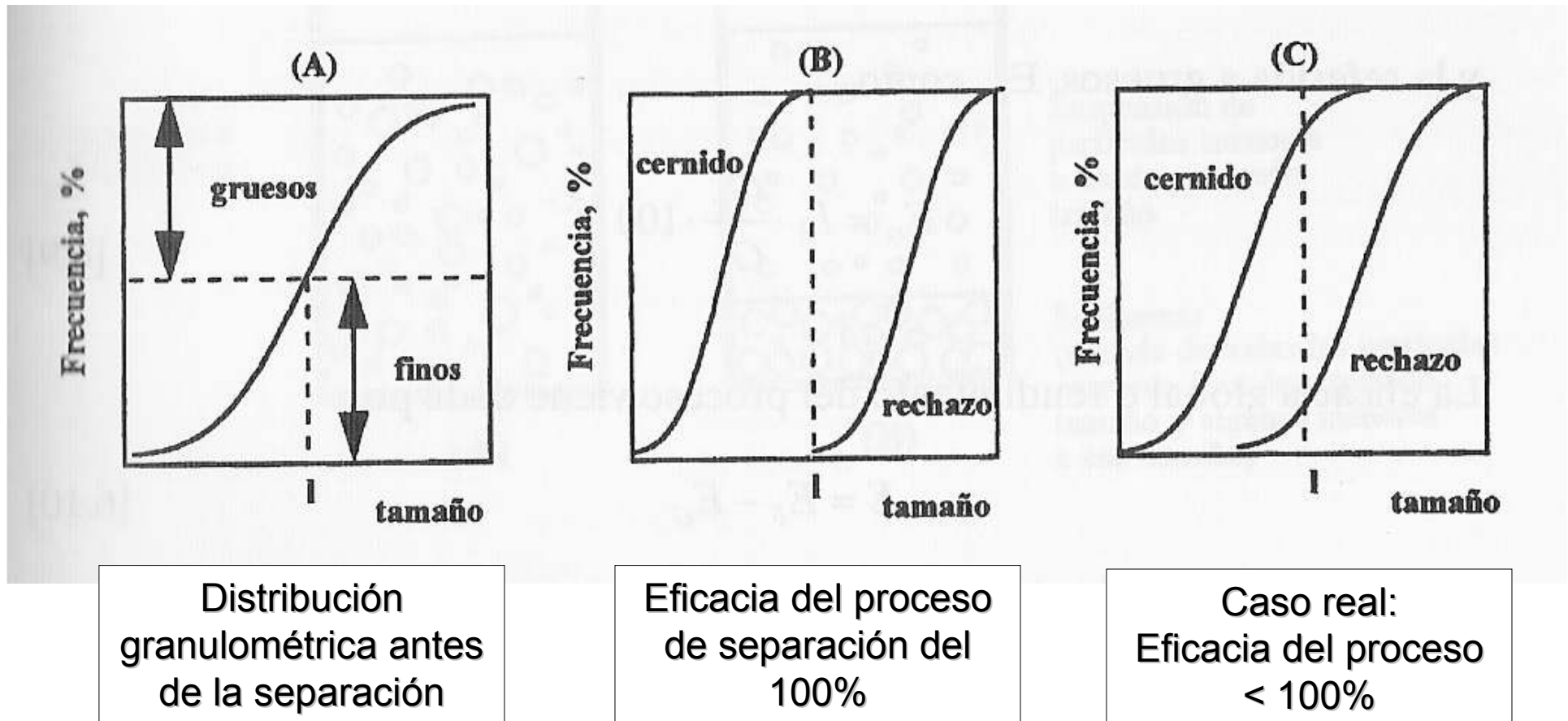
# SEPARACIÓN DE SÓLIDOS

## Eficacia del Proceso (1)



# SEPARACIÓN DE SÓLIDOS

## Eficacia del Proceso (1)



# SEPARACIÓN DE SÓLIDOS

## Eficacia del Proceso (2)

- Índice de cernido

$$I_C = \frac{C}{A} \cdot 100$$

- Índice de Rechazo

$$I_R = \frac{R}{A} \cdot 100$$

$$I_C + I_R = 100$$

Siendo:

A: masa de material  
procesado (Alimentación)

C: masa del cernido

R: masa del rechazo

# SEPARACIÓN DE SÓLIDOS

## Eficacia del Proceso (3)

- Desde el punto de vista del **Cernido**

$$\text{Eficacia para los Finos, } E_F = I_C \cdot \frac{F_C}{F_A}$$

$$\text{Eficacia para los Gruesos, } E_G = I_C \cdot \frac{G_C}{G_A}$$

Siendo:

$F_C$ : proporción de finos en el cernido

$F_A$ : proporción de finos en la alimentación

$G_C$ : proporción de gruesos en el cernido

$G_A$ : proporción de gruesos en la alimentación

$$\text{Eficacia del Cernido } EC = E_F - E_G$$

# SEPARACIÓN DE SÓLIDOS

## Eficacia del Proceso (4)

- Desde el punto de vista del Rechazo

$$\text{Eficacia para los Finos, } E_F = I_R \cdot \frac{F_R}{F_A}$$

$$\text{Eficacia para los Gruesos, } E_G = I_R \cdot \frac{G_R}{G_A}$$

Siendo:

FR: proporción de finos en el rechazo

FA: proporción de finos en la alimentación

GR: proporción de gruesos en el rechazo

GA: proporción de gruesos en la alimentación

$$\text{Eficacia del Rechazo } ER = E_G - E_F$$

## ■ Ejemplo:

Un polvo posee la siguiente distribución granulométrica:

intervalo ( $\mu\text{m}$ )	masa (g)
350-400	45.78
300-350	86.21
250-300	100.21
200-250	115.87
150-200	27.02

■ Se tamizan 2280 g de ese producto con un tamiz de 300  $\mu\text{m}$ . Se obtienen 1430.67 g de cernido y 849.33 g de rechazo. Si usamos los tamices de referencia del laboratorio se comprueba que el 7.91 % del rechazo son finos, y el 1.38 % del cernido son gruesos. Calcular la eficacia del proceso de tamización



## ■ Ejemplo

Desde el punto de vista del **Cernido**

$$I_C = \frac{C}{A} \cdot 100 = \frac{1430.67}{2280} \cdot 100 = 62.75\%$$

$$\text{Eficacia para los Finos, } E_F = I_C \cdot \frac{F_C}{F_A} = 62.75 \cdot \frac{100 - 1.38}{64.798} = 95.50\%$$

$$\text{Eficacia para los Gruesos, } E_G = I_C \cdot \frac{G_C}{G_A} = 62.75 \cdot \frac{1.4}{35.197} = 2.46\%$$

$$\text{Eficacia del Cernido, } EC = E_F - E_G = 95.50\% - 2.46\% = 93.04\%$$

Desde el punto de vista del **Rechazo**

$$I_R = \frac{R}{A} \cdot 100 = \frac{849.33}{2280} \cdot 100 = 37.25\%$$

$$\text{Eficacia para los Finos, } E_F = I_R \cdot \frac{F_R}{F_A} = 4.55\%$$

$$\text{Eficacia para los Gruesos, } E_G = I_R \cdot \frac{G_R}{G_A} = 97.46\%$$

$$\text{Eficacia del Rechazo, } ER = E_G - E_F = 97.46\% - 4.55\% = 92.91\%$$

# SEPARACIÓN DE SÓLIDOS

## Métodos

- 1. Tamización
- 2. Sedimentación
- 3. Elutriación
- 4. Ciclón

# SEPARACIÓN DE SÓLIDOS

## 1. Tamización

- **Más resistentes** que los empleados para Análisis granulométrico
- **Mayor superficie**
  - barras paralelas
  - chapas agujereadas
  - tamiz de tejido.
- **límite inferior** alrededor de **38  $\mu\text{m}$**  (en la práctica, la mayoría de las veces es bastante más elevado)
- existen **tamices especiales** que pueden extender este límite a unas **20  $\mu\text{m}$** .

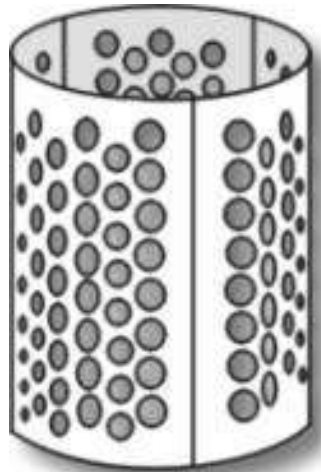


[www.pulverizer.de](http://www.pulverizer.de)

[http://www.cypm.com.mx/paginas/servicio\\_s\\_rolado.htm](http://www.cypm.com.mx/paginas/servicio_s_rolado.htm)

# SEPARACIÓN DE SÓLIDOS Tamización

## Técnicas de tamización



En serie



En cascada

# SEPARACIÓN DE SÓLIDOS

Manual



Vibración



Ultrasonidos



Air - jet

# SEPARACIÓN DE SÓLIDOS

## 2. SEDIMENTACIÓN

### □ Fundamento:

Ecuación de Stoke

$$v = \frac{d^2 (\rho_1 - \rho_2)g}{18 \eta_0}$$

v = velocidad de sedimentación

d = diámetro de las partículas

g = aceleración de la gravedad

$\rho_1$  = densidad del sólido

$\rho_2$  = densidad del líquido

$\eta_0$  = viscosidad del fluido

### □ Limitaciones:

■ Se asume forma esférica (diámetros equivalentes)

■ Supone que no existen interacciones entre las partículas (usar < 1-2 % sólido)

■ Asume flujo laminar (seleccionar  $\rho$  y  $\eta$  para evitar turbulencias)

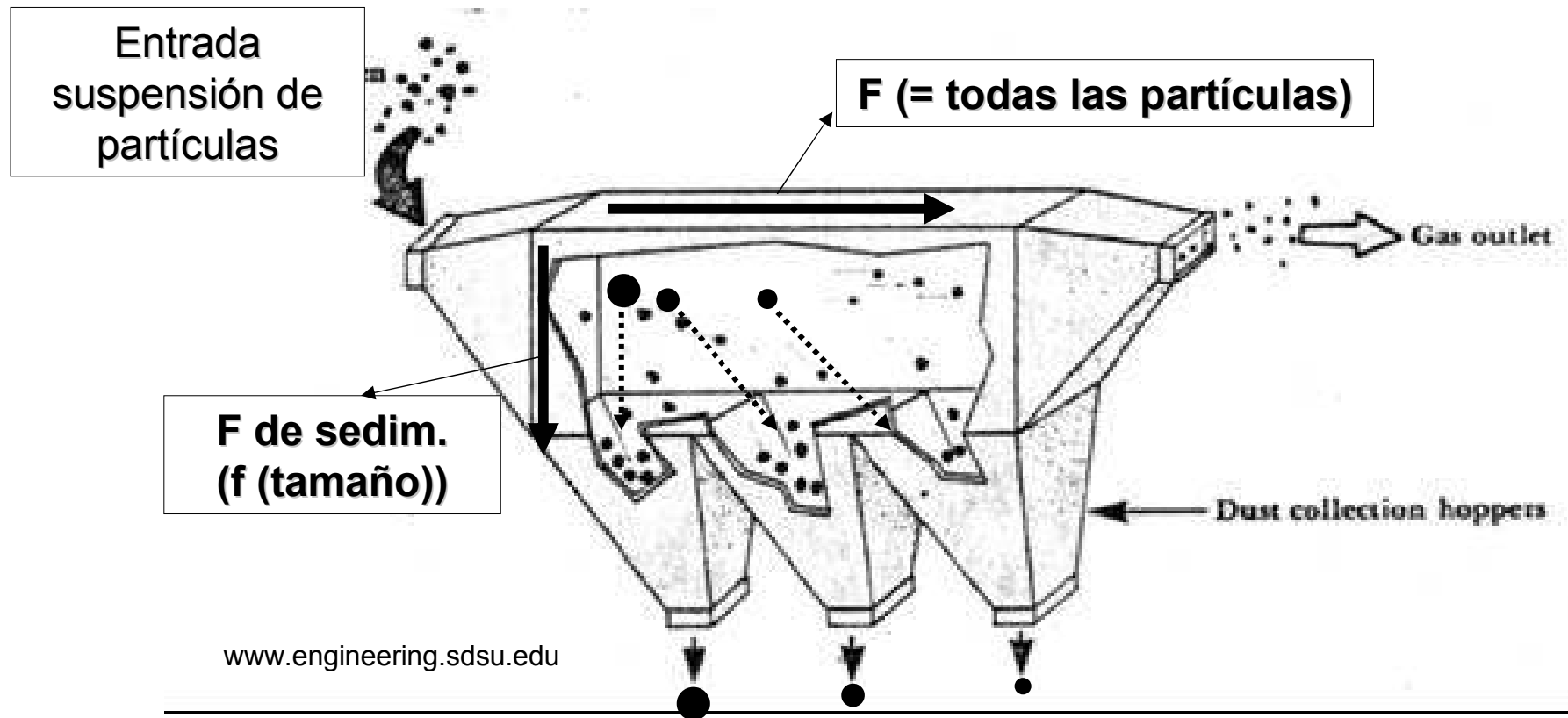
■ Evitar convección por diferencias de T

# SEPARACIÓN DE SÓLIDOS

## Técnicas de sedimentación

### ■ Sedimentación por gravedad

- Ventaja: Se evitan las turbulencias en la toma de muestras
- Inconveniente: **no válido para partículas pequeñas ( $>2 \mu\text{m}$ )**



Cámara de sedimentación continua

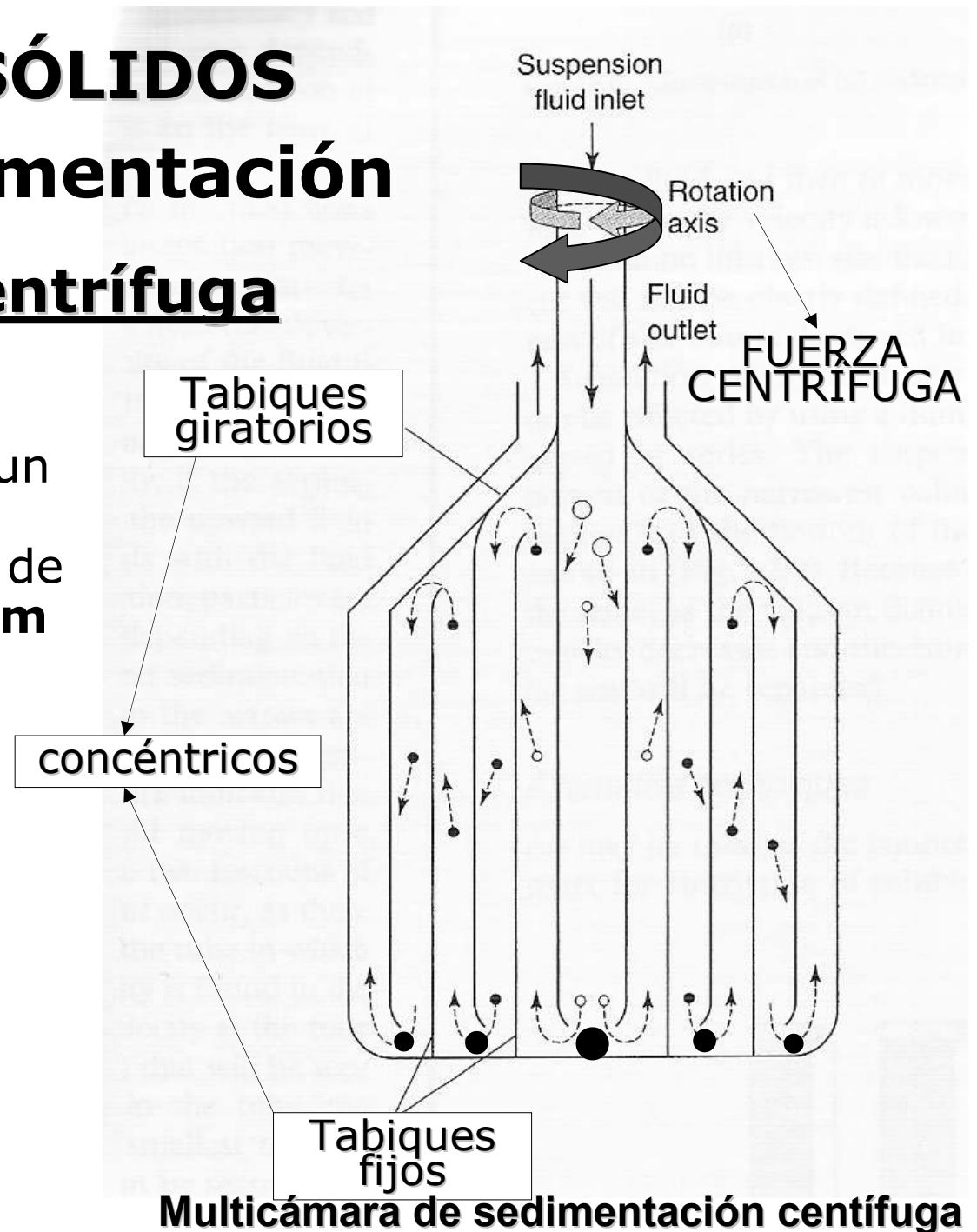
# SEPARACIÓN DE SÓLIDOS

## Técnicas de sedimentación

### ■ Sedimentación centrífuga

Estos equipos utilizan la aceleración centrífuga de un sistema rotatorio para provocar la sedimentación de partículas de **hasta 0.5  $\mu\text{m}$**

**< TAMAÑO**  
↓  
**CÁMARA MÁS EXTERNA**



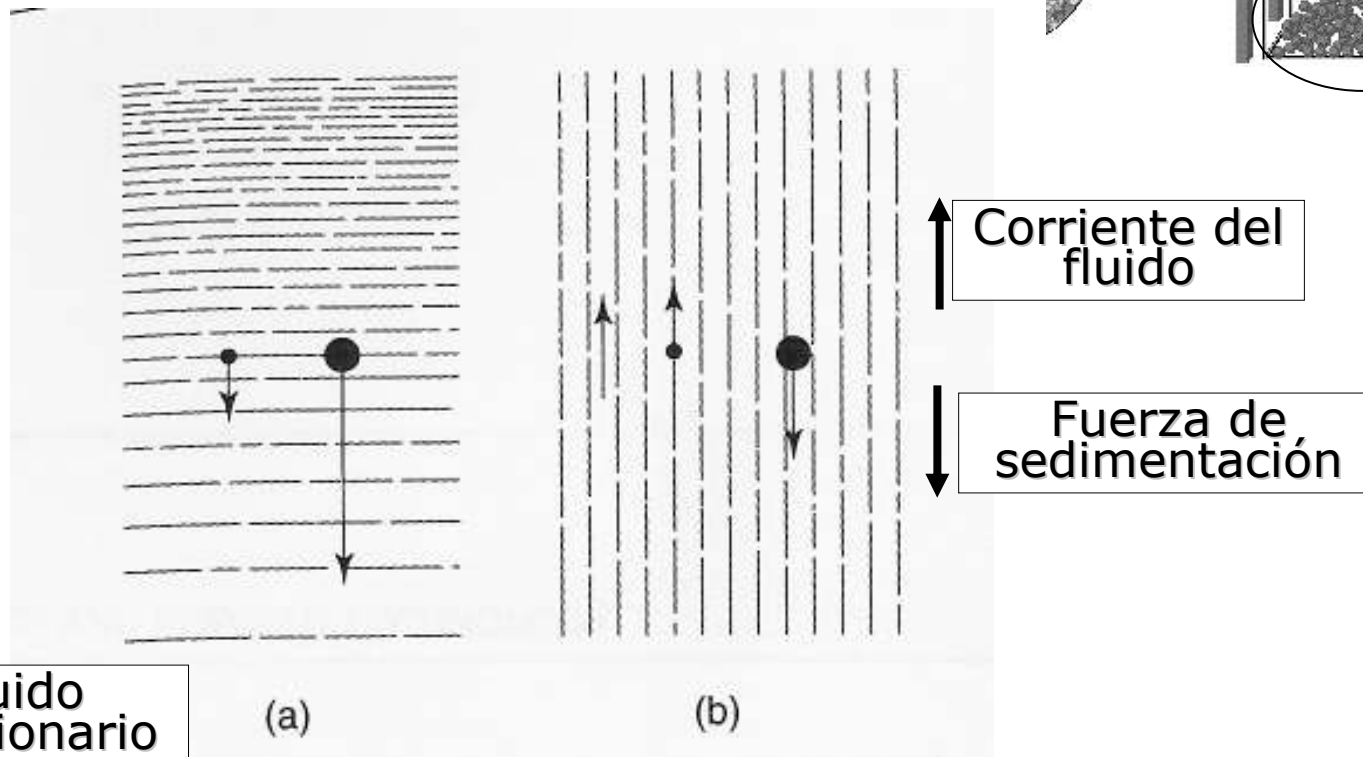
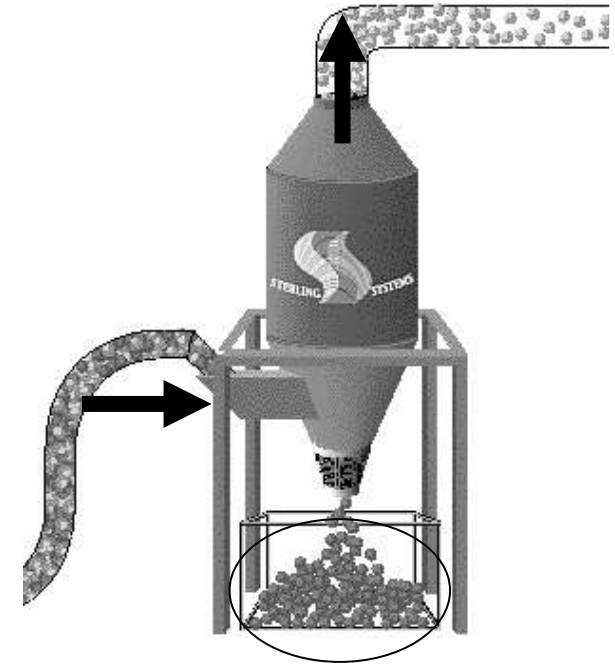
**Multicámara de sedimentación centrífuga**



# SEPARACIÓN DE SÓLIDOS

## 3. ELUTRIACIÓN

- A diferencia de la sedimentación (a), la elutriación (b) se produce contra la corriente del fluido



Aulton "Pharmaceutics:...", 2002

# SEPARACIÓN DE SÓLIDOS

## 3. ELUTRIACIÓN

Una mayor sección del recipiente se traduce en menor corriente del fluido

> SECCIÓN

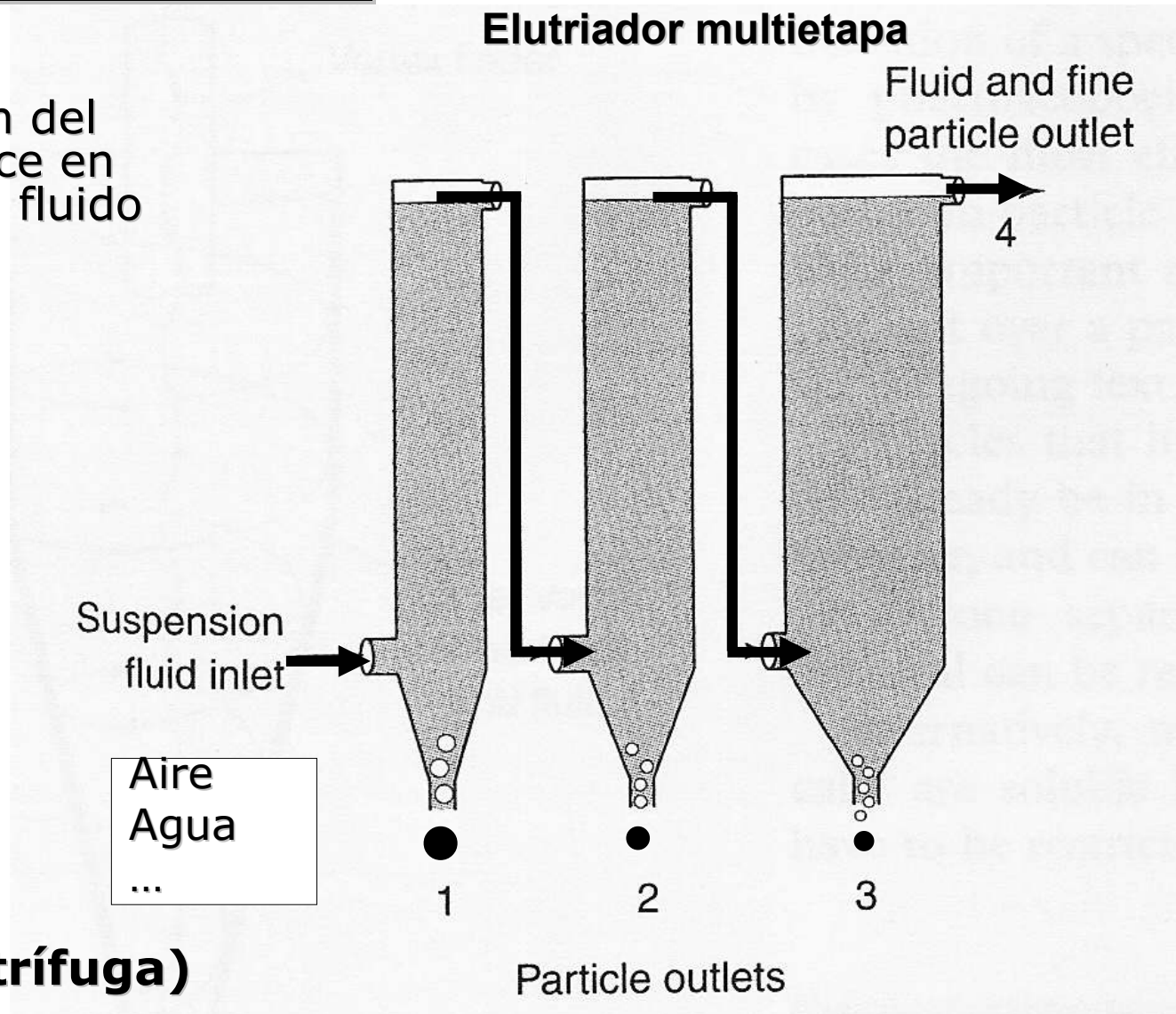


< VELOCIDAD DEL FLUIDO



< TAMAÑO

10 - 0.5  $\mu\text{m}$  (centrífuga)



# SEPARACIÓN DE SÓLIDOS

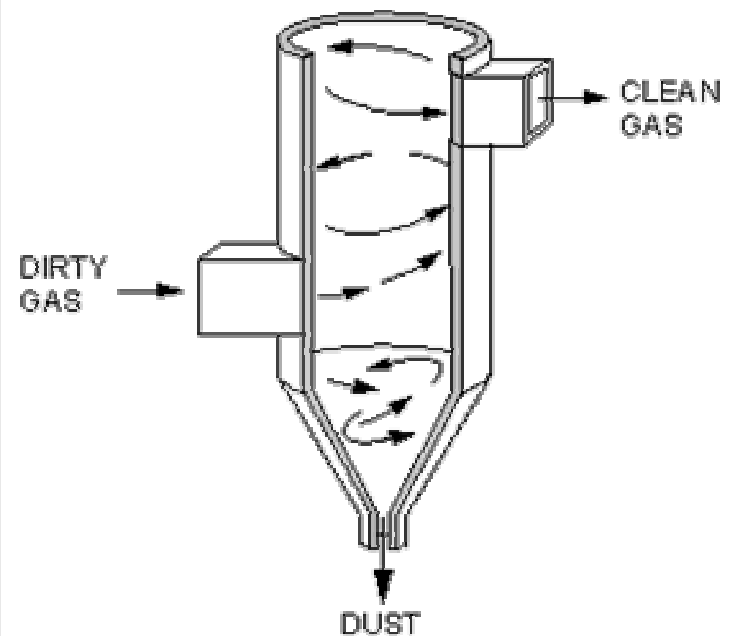
## 4. SEPARADORES CICLÓNICOS

- Se puede considerar como sedimentación o como elutriación



- Dimensiones de la cámara
- Presión entrada

PROCESS CYCLONE SCHEMATIC

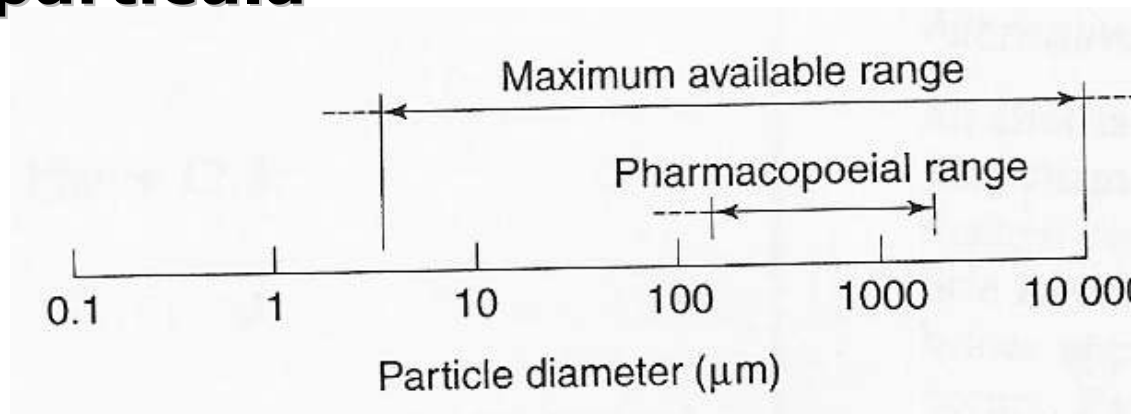


# SEPARACIÓN DE SÓLIDOS

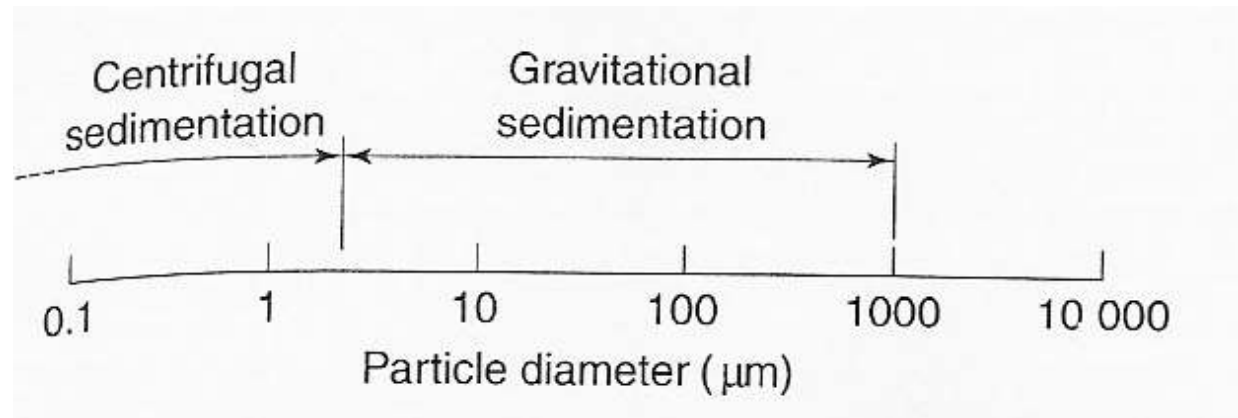
## Elección del proceso (1)

### ■ Tamaño de partícula

#### ■ Tamización



#### ■ Sedimentación

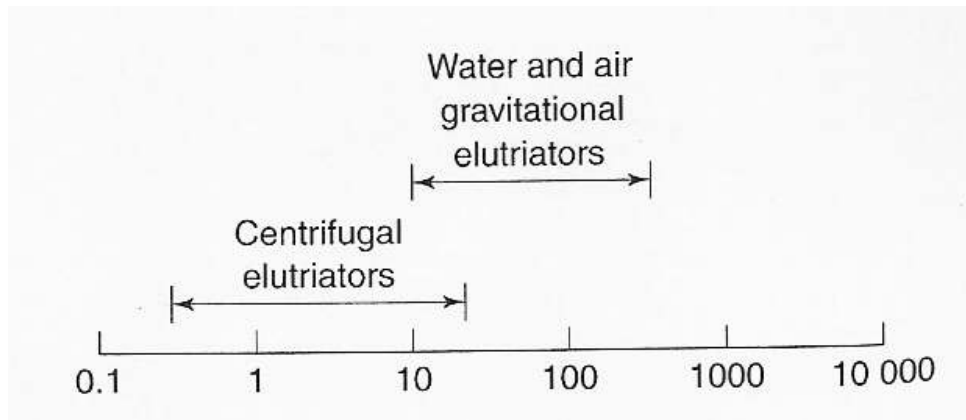


# SEPARACIÓN DE SÓLIDOS

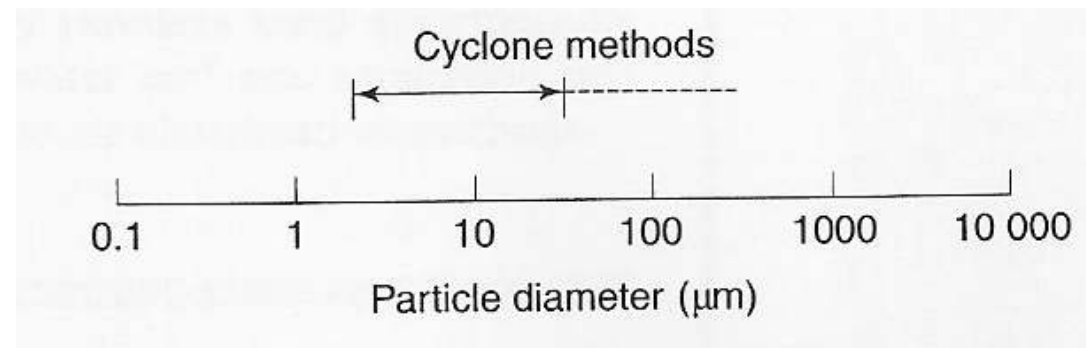
## Elección del proceso (2)

### ■ Tamaño de partícula

#### ■ Elutriación



#### ■ Ciclones



# SEPARACIÓN DE SÓLIDOS

## Elección del proceso (3)

### ■ **Procedencia del polvo**

- Suspendido en un fluido (aire, agua, etc.)
  - Elutriación, ciclón

### ■ **Solubilidad del polvo**

- Si es soluble en agua se restringen la sedimentación y elutriación, salvo que sean en aire