

FILTRACIÓN

Q.F. Alfredo Bernard Claudio Delgado

FILTRACIÓN

Definición

Es una operación unitaria, que consiste en la separación mecánica de un sólido o de un líquido presente en un sistema disperso a *través de un medio poroso o filtrante* en el cual quedan retenidas las partículas sólidas, por acción de una fuerza (gravedad, presión positiva, vacío, fuerza centrífuga).

FILTRACIÓN

Justificación

- **Obtención de principios y excipientes,**
- **Elaboración de formas farmacéuticas líquidas,**
- **Control de calidad (cualitativo, cuantitativo, microbiológico, entre otros),**
- **Esterilización,**
- **Clarificación de líquidos.**

FILTRACIÓN

Mecanismos de Filtración

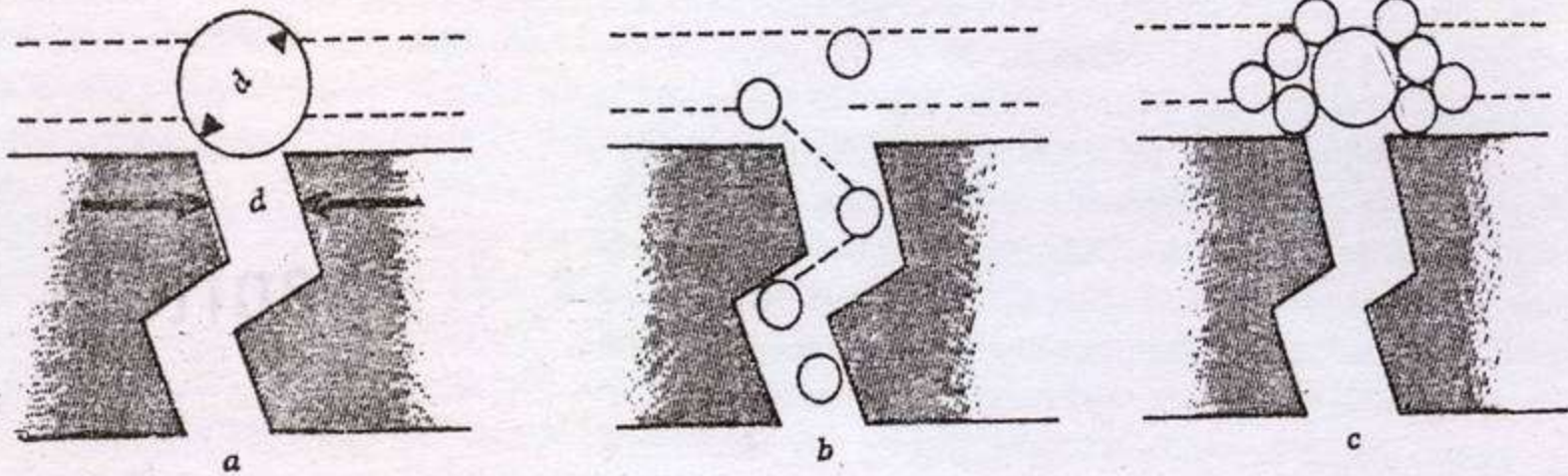


FIG. 24.1. Mecanismos de filtración.

VELOCIDAD DE FILTRACIÓN

- Velocidad de pasaje de un fluido conteniendo partículas sólidas en suspensión a través de un medio filtrante, expresada en base al volumen de filtrado recogido en la unidad de tiempo.

volumen vs. tiempo

VELOCIDAD DE FILTRACIÓN

Considerando el pasaje del líquido a través de la TORTA formada y al filtro mismo, la ecuación de POISEUILLE, es útil para evaluar los factores que estarían involucrados:

$$(-\Delta p)_f = \frac{3\mu L v}{gD^3}$$

Donde:

$(-\Delta p)_f$ = Pérdida de carga debida a la fricción (diferencia de presión que es necesario mantener entre ambas caras del filtro para un determinado flujo de líquido, a sea Δp).

L = Longitud del capilar; **v** = Velocidad de flujo; **μ** = Viscosidad del fluido

g = Aceleración de la gravedad ; **D** = Diámetro del capilar

“En base a la ecuación anterior se puede, escribir ”

$$v = \frac{gD^3 \Delta \rho}{32\mu}$$

Como esta velocidad puede variar conforme transcurre el tiempo, es mejor utilizar el concepto de velocidad instantánea de filtración:

$$v_{\text{filtración}} = \frac{dV}{dt}$$

Donde:

V = volumen de filtrado

t = tiempo

PERMEABILIDAD (k):

Constante empírica particular para cada tipo de **TORTA** y medio filtrante, relacionada con la cantidad de poros existentes, el tamaño y características de los mismos. Estos factores son considerados en la ecuación de **KOSENY**:

$$\frac{dV}{dt} = \frac{AK\Delta p}{uL}$$

Donde:

A = área del filtro

K = permeabilidad

Δp = diferencia de presión entre ambas caras del filtro

L = espesor de TORTA

u = viscosidad del líquido

La fuerza impulsora al pasaje será: **$A\Delta p$** , y

La resistencia al pasaje : **K/uL** .

El caudal y el volumen de filtración

son dos medidas importantes y relacionadas al rendimiento de los materiales y los dispositivos filtrantes. Este rendimiento se ve afectado por muchas variables distintas, así:

La presión diferencial

Es la diferencia entre la presión existente en el sistema antes de que el fluido llegue al filtro (presión de prefiltración) y la que queda después de que lo haya atravesado (presión de posfiltración).

Conforme el filtro comienza a colmatarse, aumentan la presión de prefiltración y la presión diferencial.

La viscosidad

Determina la resistencia de un líquido a fluir. Cuanto mayor sea la viscosidad de un líquido, menor será el caudal y mayor la presión diferencial necesaria para alcanzar un caudal determinado.

La porosidad

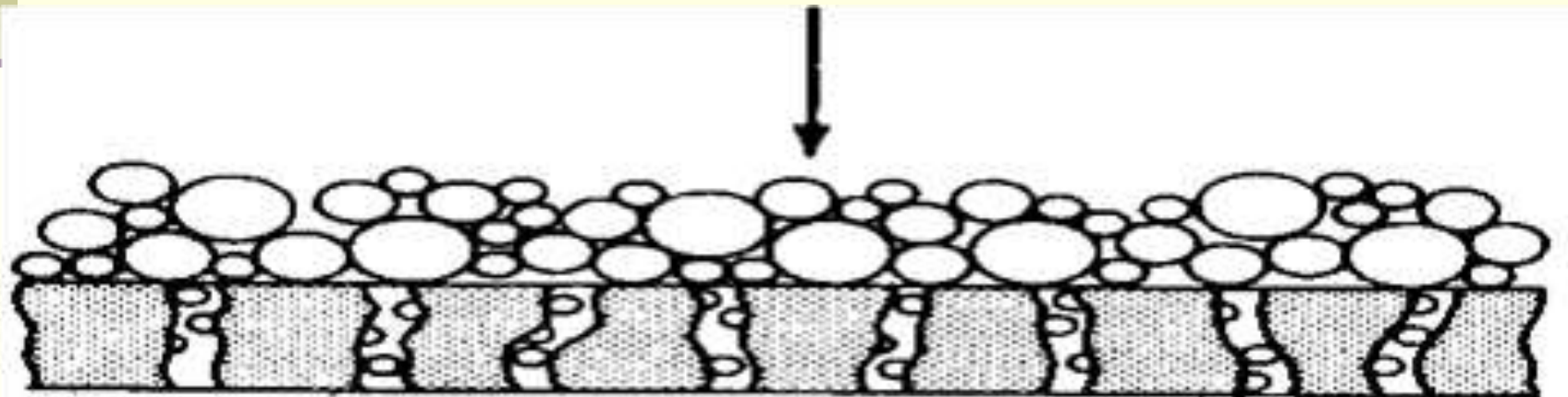
Es la medida de todos los espacios abiertos (poros) de la membrana. Generalmente las membranas tienen de un 50% a un 90% de espacios abiertos. El caudal es directamente proporcional a la porosidad de la membrana (más poros = mayor caudal).

Área de filtración (tamaño del dispositivo)

Los materiales y los dispositivos de filtración se fabrican en una amplia gama de tamaños con diferentes áreas de filtración efectivas (AFE). El AFE es el área del filtro aprovechable para filtración: cuanto mayor es el área de filtración, mayor es el caudal a una presión diferencial determinada y mayor es el volumen de filtración esperado antes de que el filtro se obstruya con una solución dada.

Tipos de tortas:

- **Tortas incompresibles**, cuando no modifican apreciablemente su permeabilidad al modificarse la presión (partículas cristalinas, de dimensiones uniformes).
- **Tortas compresibles**, las que disminuyen su permeabilidad a medida que aumenta la presión (semicoloides, precipitados gelatinosos de ciertos hidróxidos metálicos).



Tipos de filtración:

Filtración por caída o gravitación.- Cuando se efectúa la filtración a presión atmosférica normal.



Filtración a presión.- Cuando se efectúa la filtración a sobre-presión.

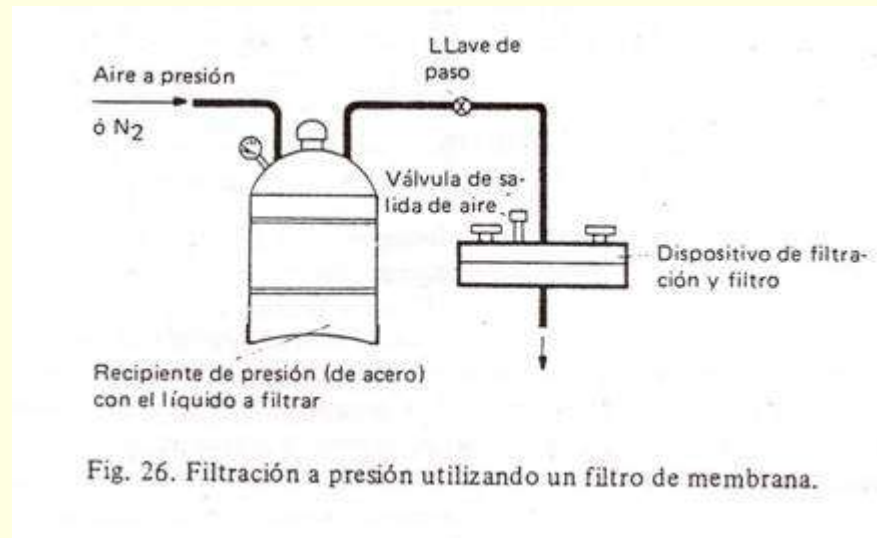
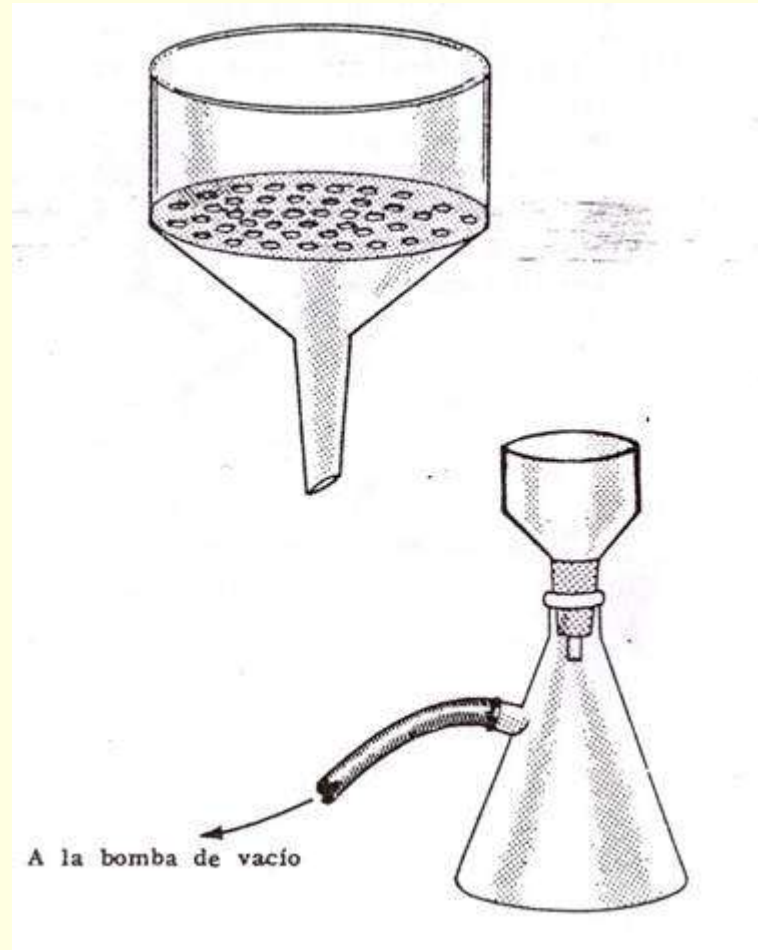


Fig. 26. Filtración a presión utilizando un filtro de membrana.

- **Filtración a presión reducida.**- Cuando se filtra haciendo vacío.



• **Filtración en superficie.**- Se puede requerir el sólido o el líquido, por tamizado. Este es el caso cuando los sólidos tienen un diámetro mayor que el de los poros del filtro.

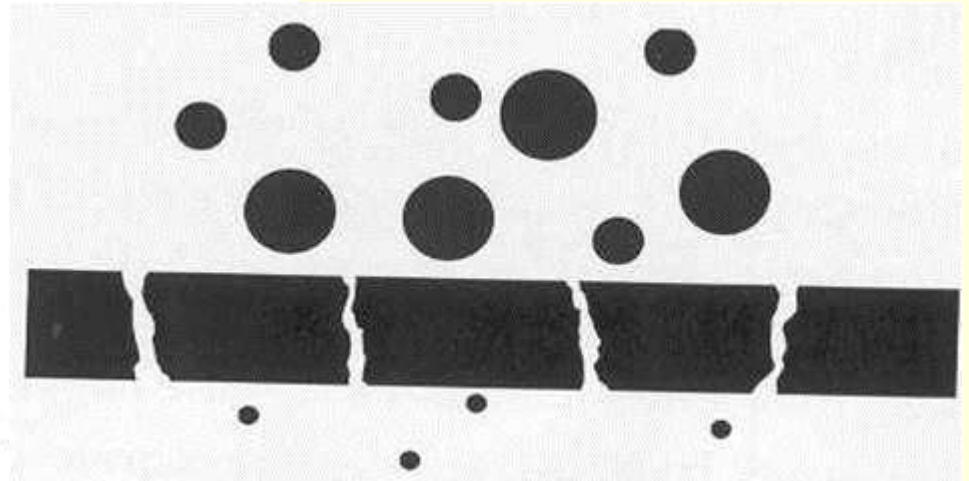
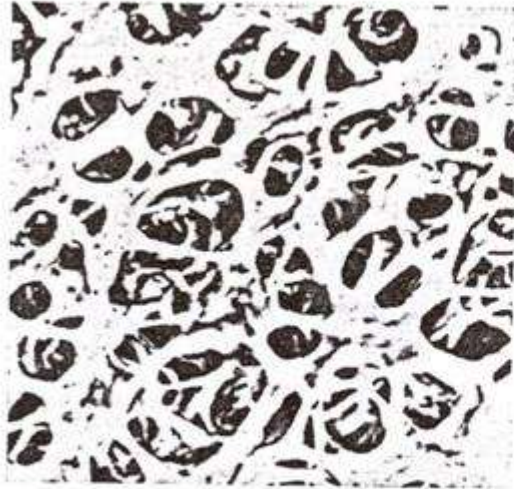


Fig. 24. Aspecto, al microscopio electrónico de barrido, de la superficie de un filtro de membrana (Sartorius-Membranfiltergesellschaft GmbH., Göttingen).

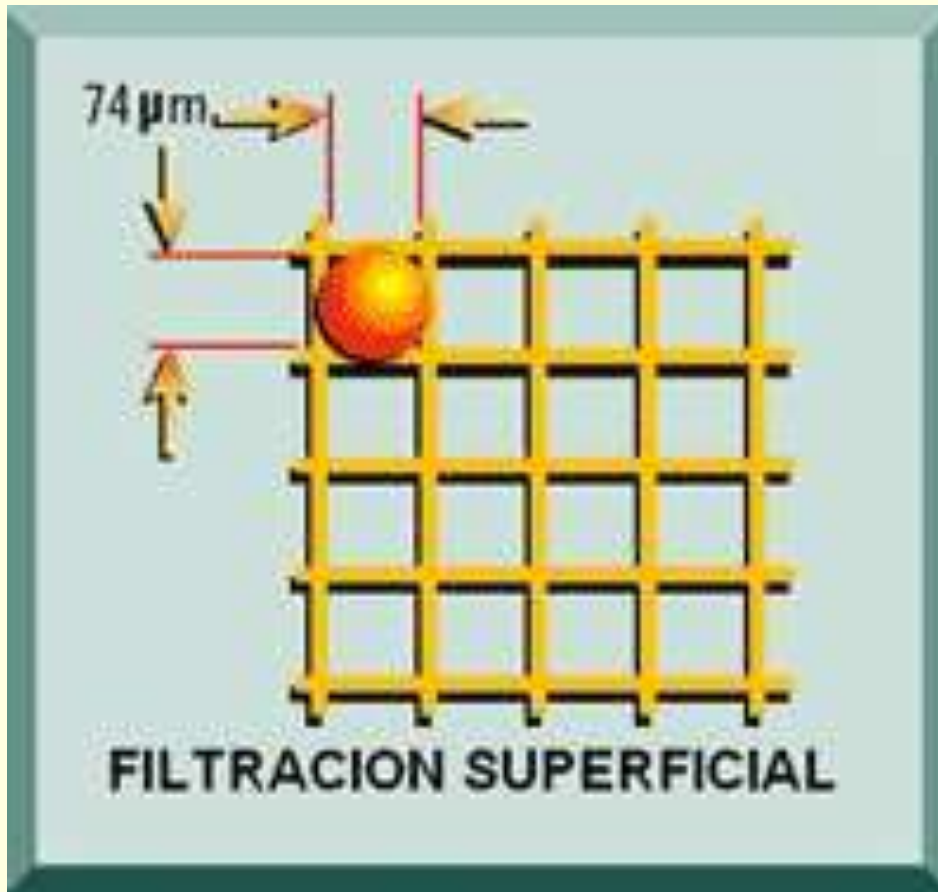
Ventajas:

- Son posibles tamaños absolutos de poro inferiores a la micra
- Puede retener bacterias y partículas (dependiendo del tamaño del poro)
- Generalmente tienen bajo contenido de extraíbles

Desventajas posibles:

- Caudales de flujo menores de poro inferiores a la micra que los materiales profundos
- Más costosos que los materiales profundos

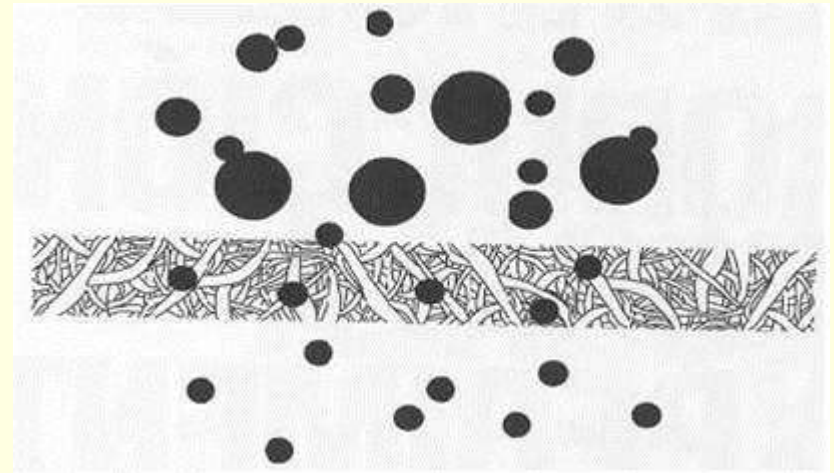
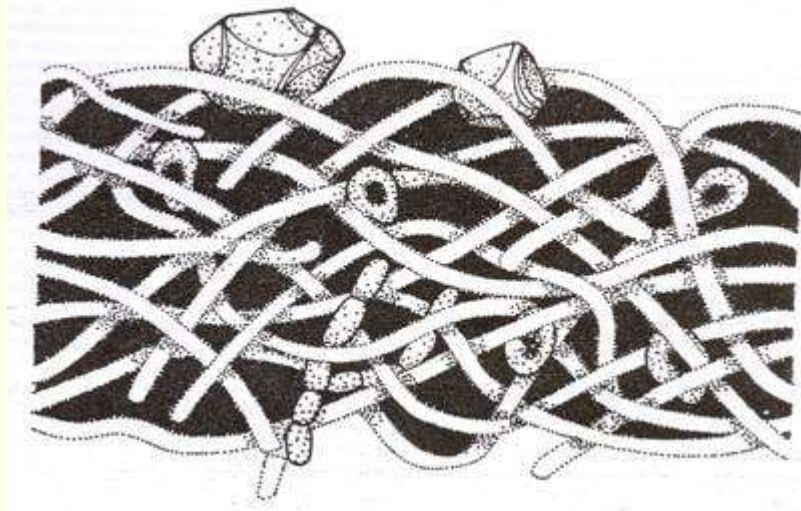
FILTRACION SUPERFICIAL



Tamaño
nominal del
poro.

(tamiz)

• **Filtración en profundidad**.- Cuando las partículas del sólido se retienen en la profundidad de la estructura del filtro, es decir, absorbidas en el interior de los canales angulados o tortuosos.



Ventajas:

- Menor costo
- Volúmenes de filtración elevados
- Capacidad de retención de suciedad elevada
- Protección de los filtros finales
- Eliminación de diversos tamaños de partículas

Desventajas posibles

- Migración del material filtrante
- Tamaño de poro nominal
- Descarga de partículas al aumentar la presión diferencial

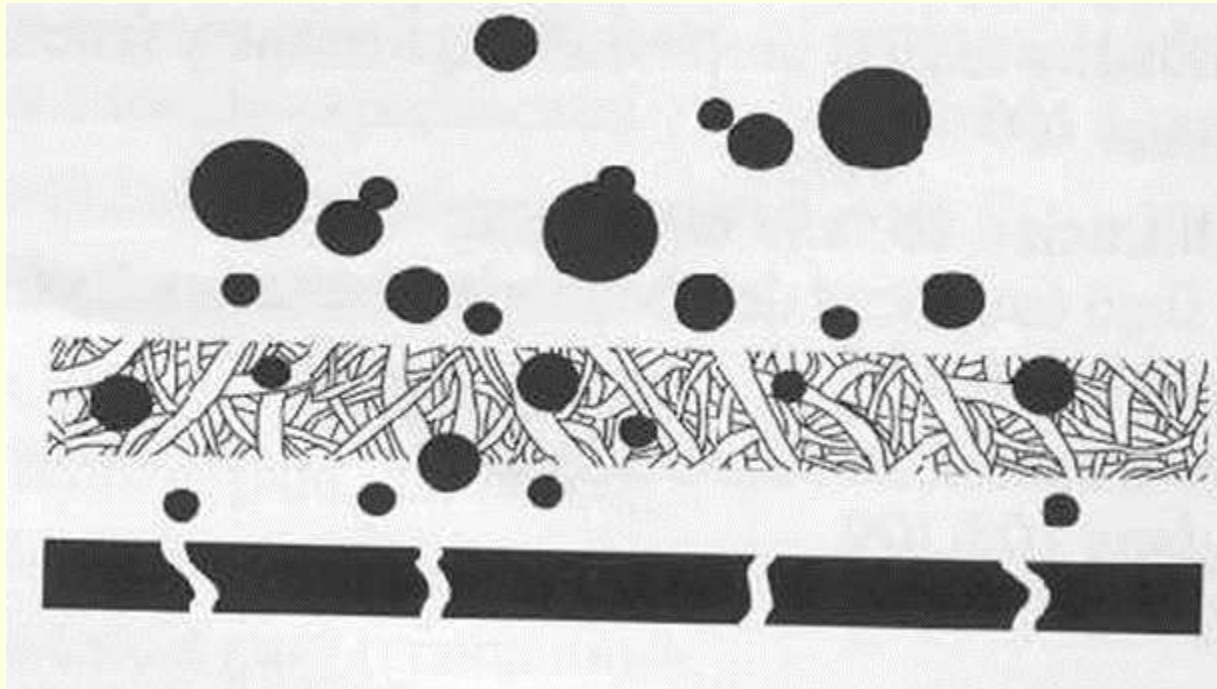
FILTRACION DE PROFUNDIDAD

El material filtrado es retenido en la profundidad del medio filtrante



Filtros de Cartucho Aquacare

• **Filtración combinada**.- Asociación de varios tamaños de poro o es la combinación de materiales profundos y filtros de membrana para crear unidades de filtración en serie de una sola pieza. Pueden constituir una alternativa económica al uso de prefiltros individuales y de filtros finales.



(Fibra de vidrio, sobre Nylon)

MEDIOS FILTRANTES

- **Mínima resistencia al flujo del fluido.**
- **Resistencia mecánica a la presión de trabajo.**
- **Resistencia química al ataque de los materiales a filtrar.**
- **Facilidad de despegue de la torta.**

MATERIALES FILTRANTES

■ Filtros de materiales Filtrantes sueltos:

Pueden ser granulares o fibrosos, para filtrar soluciones cáusticas y corrosivas (no se desecha el sólido). Los gránulos se acondicionan por capas en sentido decreciente de tamaño.

Los materiales más utilizados son: Sílice (soluciones ácidas), sólidos calcáreos (soluciones alcalinas), carbón vegetal, lana de vidrio, pasta de celulosa, entre otros. La torta se elimina por lavado en contracorriente.

■ Materiales filtrantes tipo tejidos (fieltros):

Utilizados para obtener sólidos como producto principal. Se disponen en forma de mallas también de tamaños y aberturas en orden decreciente, los primeros son filtradores y los demás son soportes. Los materiales pueden ser, algodón, nylon, yute, cáñamo, dacrón, o de metal (Cinc, estaño, acero, etc.)

MATERIALES FILTRANTES

■ Filtros de filtrantes porosos:

Se utilizan para obtener líquidos como producto principal. Son masas de sólidos formados por partículas aglomeradas por efecto de una cocción a elevadas temperaturas llamado fritado o sinterizado; al enfriar forma un estructura rígida cruzada por pequeños canales o capilares. El material puede ser cerámica o vidrio.

El tamaño de los poros de estas placas filtrantes varía entre 500 micras y 1 micra, pueden existir diámetros menores (0.3 u para filtración estéril, colirios, soluciones inyectables).

Tienen las ventajas de, ser resistentes a los agentes ácidos y alcalinos, se pueden esterilizar en autoclave, fáciles de limpiar administrando a presión ácidos o agua oxigenada al 30%.

MATERIALES FILTRANTES

■ Membranas filtrantes:

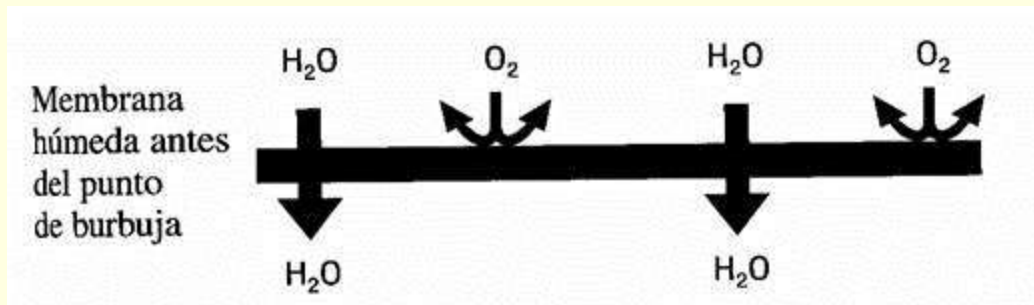
Utilizados para preparar líquidos exentos de partículas e incluso moléculas. Son películas delgadas de ésteres de celulosa (nitratos o acetatos, soportan hasta 75°C); espesor varía entre 100 y 200 micras, que pueden soportar presiones de trabajo hasta de 7 Kg/Cm².

Existen filtros con tamaño de poro de hasta 0.01 μ . Los filtros de politetrafluoroetileno (PTFE- Teflón) son ampliamente compatibles con los diferentes solventes y presentan poros de hasta submicrómetros.

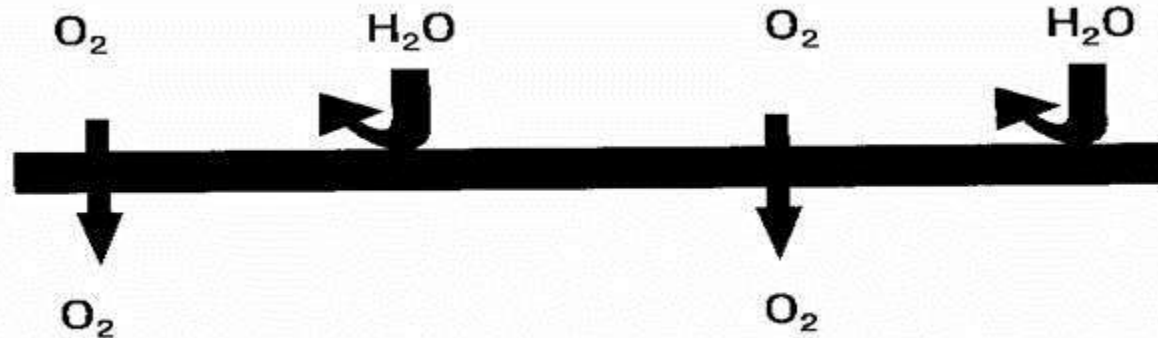
El poliéster y la poliamida son materiales también muy utilizados por su resistencia a la rotura, estables a la temperatura, ácidos y álcalis, y presentan una superficie efectiva. Otros materiales son, polietileno, polipropileno, plata.

Los filtros hidrófilos.- Afinidad por el agua. Los gases se mueven con cierta libertad a través de una membrana hidrófila seca.

Los filtros hidrófilos pueden humedecerse prácticamente con cualquier líquido y son preferidos para las soluciones acuosas. Una vez húmedos, no permiten el libre paso de los gases hasta que la presión aplicada supere el punto de burbuja y el líquido sea expulsado de los poros de la membrana. (Poliétersulfona hidrófila - PES).



Los **filtros hidrófobos** no tienen afinidad por el agua, no se humedecerá con agua pero sí con líquidos de baja tensión superficial, como los disolventes orgánicos. Una vez que el filtro hidrófobo se ha mojado con un disolvente orgánico, las soluciones acuosas también lo atravesarán. Los filtros hidrófobos son los más idóneos para filtración de gases y para venteo o para filtración de disolventes orgánicos.(Politetrafluoruro de etileno).



Los **filtros Nuclepore®** constituyen un nuevo desarrollo en la fabricación de filtros. Son hojas muy delgadas de policarbonato que se someten a un bombardeo de electrones.

El número de poros depende de la densidad del bombardeo y el tamaño de la intensidad de radiación de los neutrones. La porción porosa de estos filtros es pequeña en relación a la de los anteriores, que es 80%.

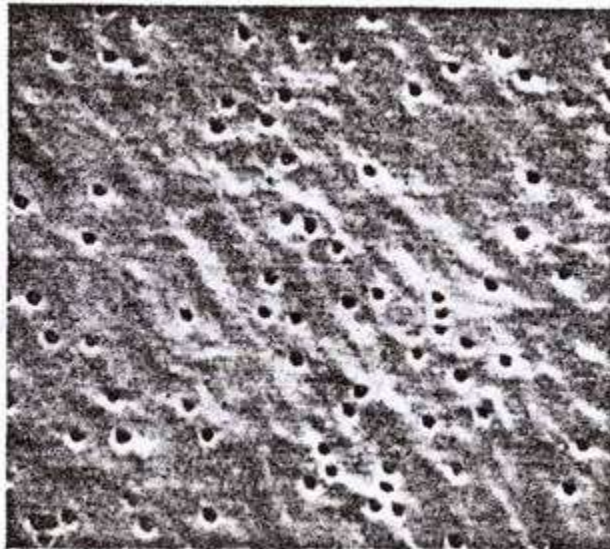


Fig. 25. Aspecto, al microscopio electrónico de barrido, de la superficie de un filtro Nuclepore® (Serva-Technik, GmbH. u. Co, Heidelberg).

El tamaño de poro

- **Nominal** describe la capacidad del material de filtración para retener la mayoría de las partículas (60-98%) del tamaño indicado y mayor.
- **Absoluto** especifica el tamaño de poro al que un microorganismo de un tamaño particular será retenido con una eficacia del 100% bajo condiciones de ensayo estrictamente definidas.



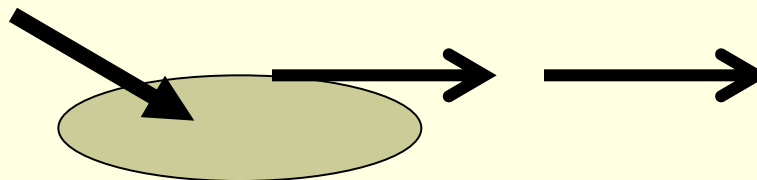
En la siguiente tabla se indican los microorganismos de provocación que suelen utilizarse para tamaños de poro específicos:

Materiales de filtración de tamaños de poro absolutos	Microorganismo de provocación
0,1 μm	<i>Acholeplasma laidlawii</i>
0,2 μm	<i>Brevundimonas diminuta</i>
0,45 μm	<i>Serratia marcescens</i>
0,8 μm	Especies de <i>Lactobacillus</i>
1 μm	<i>Candida albicans</i>

Filtración por flujo tangencial

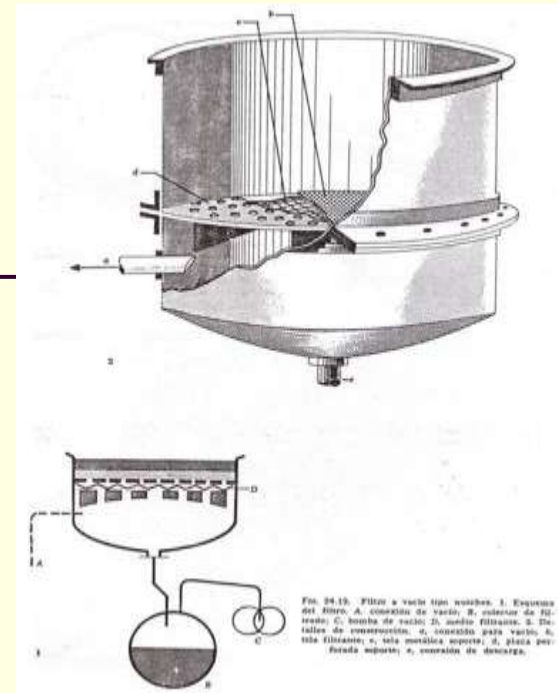
En la filtración por flujo tangencial (FFT), el líquido es bombeado a través de la superficie de la membrana, reduciéndose al mínimo la obturación mediante el barrido de las moléculas retenidas en la superficie.

La filtración se logra creando presión contra la membrana en la corriente de retenido, induciendo de este modo que el soluto y las moléculas pequeñas atraviesen la membrana.



FILTROS NUTCHES

- Apropriados para la separación de grandes cantidades de sólidos.
- Utilizan vacío como fuerza filtrante, esto limita el uso para líquidos con presión de vapor elevada o líquidos calientes.



FILTROS PRENSA

Los filtros prensa están formados por numerosas capas filtrantes acopladas paralelamente y reunidas mediante un sistema que las comprime fuertemente de forma que el conjunto constituye un unidad compacta cerrada.

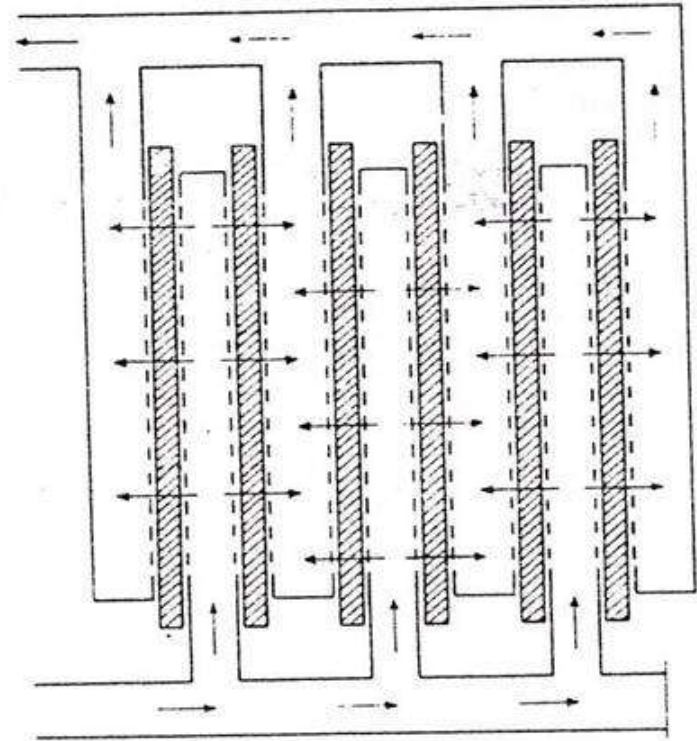


Fig. 23. Dispositivo filtrador de capas múltiples

El material utilizado es de tipo tejido compacto o también hojas o placas de celulosa-asbesto. Son utilizados para para la clarificación de líquidos (zumos extractos), e incluso para soluciones inyectables.

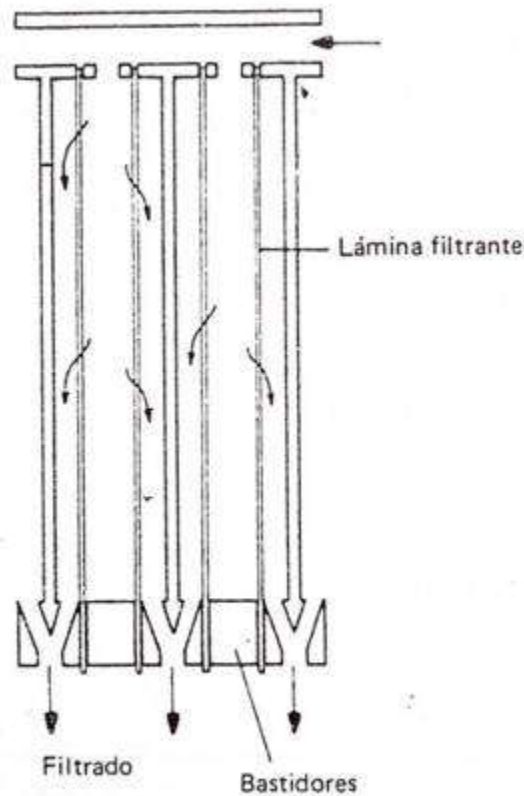


Fig. 27. Prensa filtrante de bastidores.

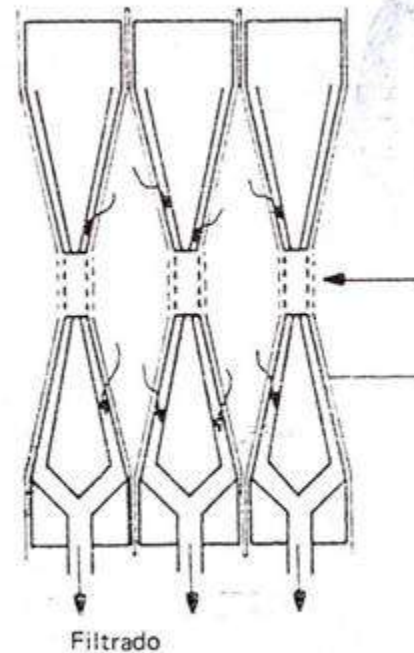


Fig. 28. Prensa filtradora de cámara.

FILTROS TAMBOR

- Son filtros de trabajo continuado. Se construyen como filtros con celdillas o sin ella. El tambor giratorio, que según su construcción puede estar sometido total o parcialmente al vacío, está recubierto con una gruesa capa de material filtrante.
- Los residuos de filtración que se adhieren al tambor se separan con aire a presión o se desprenden o eliminan continuamente mediante un raspador.

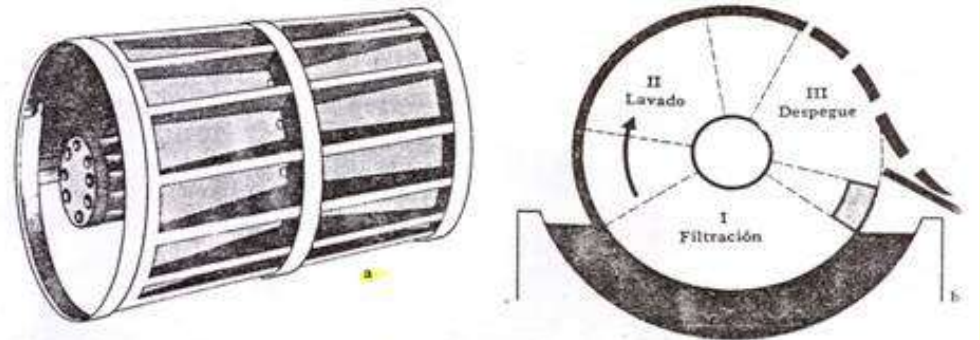


Fig. 24.14. Filtro continuo de tambor: a, tambor de filtración sin tela; b, esquema de funcionamiento.

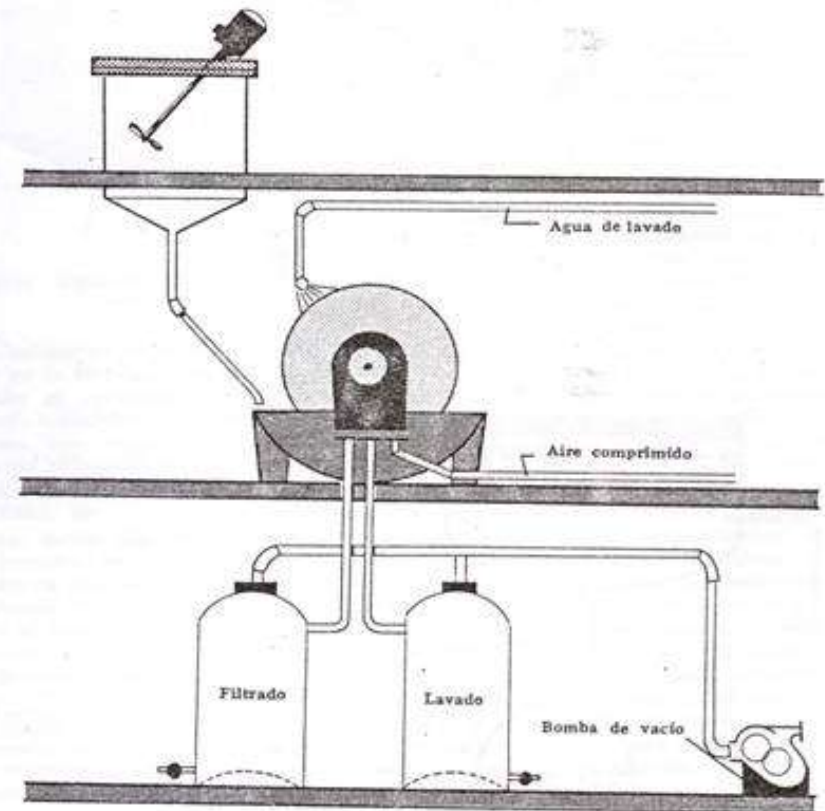


Fig. 24.15. Instalación de un filtro rotatorio de tambor.

BUJIAS FILTRANTES

- Filtros de bujía tipo BERKEFELD, tienen aplicación farmacéutica para el filtrado libre de gérmenes. Son cilindros de harina fósil calcinada (Kieselgur). Utiliza el vacío como fuerza filtrante.
- Son fácilmente esterilizables, el tamaño del poro se alcanza hasta de a.75 micras.
- Su limpieza se realiza por presión en el sentido contrario al de la filtración. Hoy en día se están utilizando los cartuchos filtrantes que desplazan a las bujías.
- Estos cartuchos tienen una gran superficie filtrante, pues constan de membranas enrolladas en espiral sobre soportes adecuados.

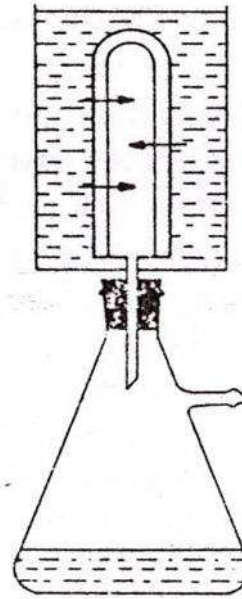


Fig. 30. Filtro de bujía.



PRENSAS PARA EXTRACCIÓN

Equipos representantes de este tipo son, la prensa para tinturas, prensa hidráulica y el compresor de Willmes.

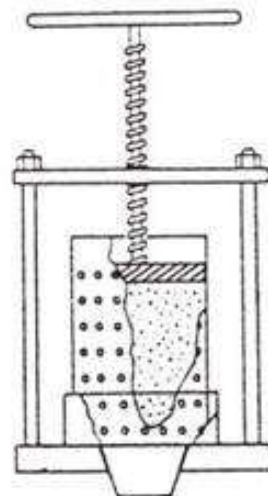


Fig. 31. Prensa para tinturas.

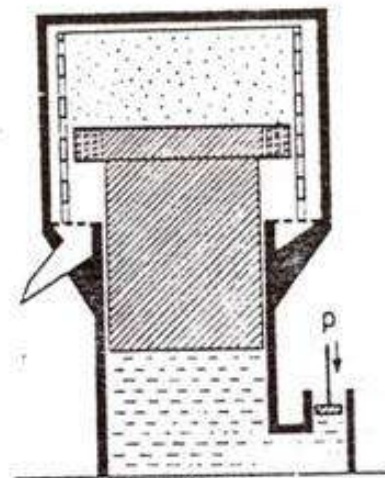


Fig. 32. Prensa hidráulica.

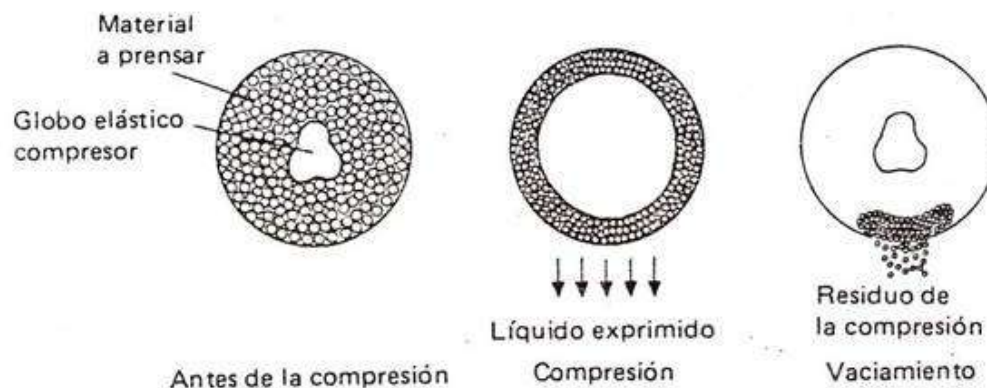


Fig. 33. Compresor Willmes (Fa. J. Willmes K.G., Bensheim).