

Equipos e Instalaciones Industriales



Separadores

Definiciones



- ⌘ Un **separador** es un recipiente en el cual la mezcla de hidrocarburos se separa en sus diferentes fases: ***gas, petróleo y agua*** a determinada condición de presión y temperatura.
- ⌘ La mayoría de los recipientes están diseñados para separar una mezcla de vapor - líquido o para separar dos líquidos inmiscibles.
- ⌘ Los fundamentos pueden extenderse a mezclas vapor-líquido, líquido-líquido.

Función

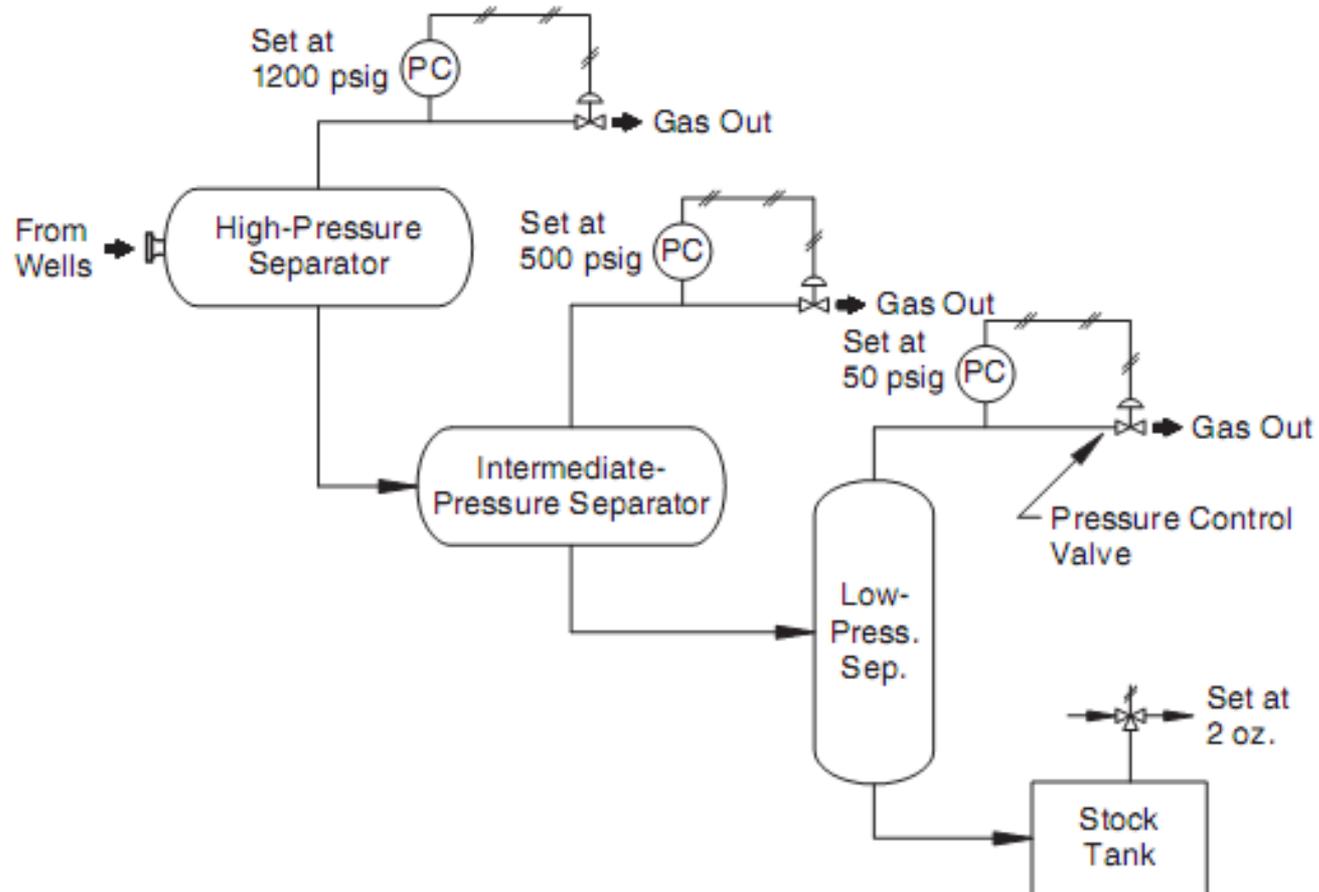


- ⌘ Permite aislar o separar componentes de otros componentes indeseables o no, ej: el agua o la arena del crudo. Gas de pozo del petróleo
- ⌘ En plantas de tratamiento, se emplea para separar el glicol (deshidratante del gas natural de las naftas, que se condensan dentro de las torres de absorción) o en el uso de aminas, los separadores se emplean para eliminar los componentes ácidos, como el sulfuro de hidrógeno y el dióxido de carbono que se absorben en la solución.

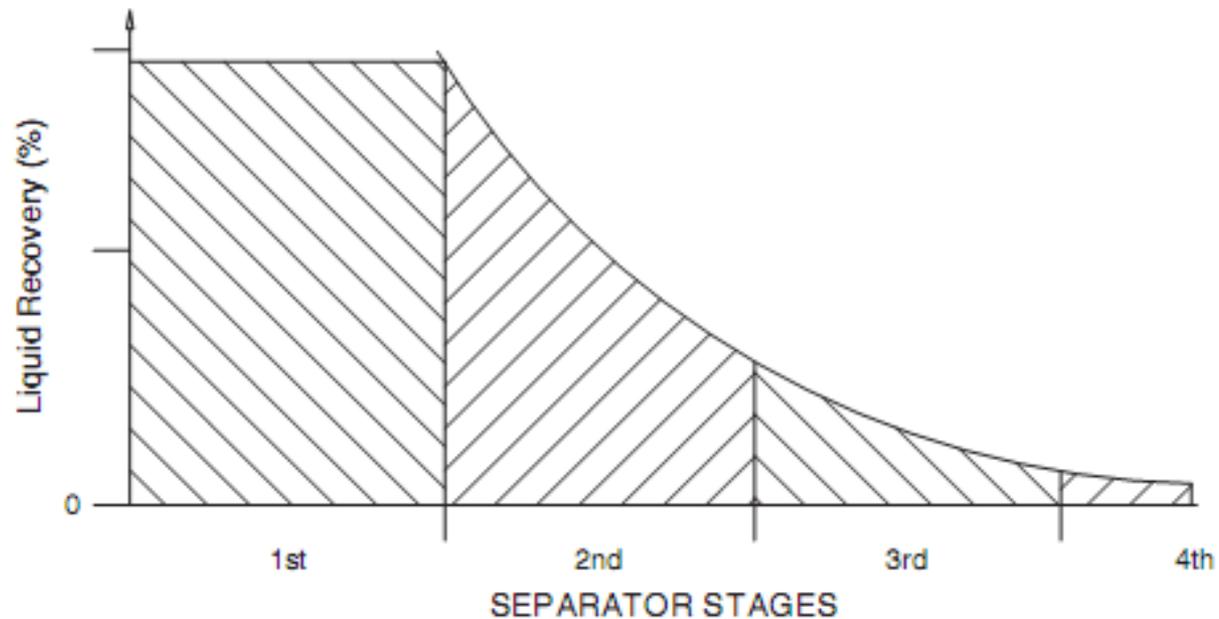
Tipos Básicos de Separadores

Tipo	Ventajas	Desventajas
Vertical	<ul style="list-style-type: none">✓ Menos Arrastre✓ Mejor Control de Nivel	<ul style="list-style-type: none">✓ Mas Caros✓ Para una velocidad de gas dada , mayor diámetro
Horizontal	<ul style="list-style-type: none">✓ Soportes más económicos✓ Para una velocidad de gas dada , menor diámetro✓ Mayor superficie de líquido disponible para separar.	<ul style="list-style-type: none">✓ Control de nivel más dificultoso.
Esférico	<ul style="list-style-type: none">✓ Unidades compactas✓ Ahorro de espacio	<ul style="list-style-type: none">✓ Son de poca capacidad✓ Control de nivel muy difícil

Usos de Separadores



Mejora en la Recuperación



Clasificación de Separadores Gas-Líquido y Líquido - Líquido

⌘ Por su Configuración

◆ Vertical

◆ Horizontal

◆ Esférico

⌘ Por su Función

❖ Separar 2 fases (gas - líquido)

❖ Separar 3 fases (gas - líquido/líquido)

⌘ Por la Presión de Operación

📄 Baja Presión (10 - 225 psi)

📄 Media Presión (225 -700 psi)

📄 Alta Presión (700 - 1500 psi)

⌘ Principio Usado en la Separación Primaria

∞ Separación Por Gravedad

∞ Separación por Impacto y/o Coalescencia

∞ Separación por Fuerza Centrífuga

Separadores



Separadores Horizontales



Principios de Diseño Básico



- ✓ Proveer una velocidad suficientemente baja de gas o vapor para separar el líquido del vapor.
- ✓ Proveer un tiempo de residencia del líquido lo suficientemente largo para separar el vapor o gas de la fase líquida o dos fases líquidas.
- ✓ **Tiempo de Residencia:** Tiempo donde el líquido y el gas alcanzan el equilibrio con la presión del separador. Este tiempo está entre 30 segundos y 3 minutos. Cuando hay presencia de espumas este tiempo cuatriplica el requerido.

Factores que Influyen en la Selección de un Separador

- ∩ Tamaño del Separador (Longitud , Diámetro)
- ∩ Diseño y Arreglo Interno
- ∩ Número de etapas de Separación
- ∩ Presión y Temperatura de Separación
- ∩ Características Físico - Químicas del Fluido
- ∩ Tiempo de retención o residencia requerido para los líquidos.
- ∩ Relación Gas - Líquido
- ∩ Tamaño y Distribución de las Partículas en el Gas
- ∩ Nivel de Líquido en el Separador
- ∩ Materiales Extraños Transportados
- ∩ Tendencia a Producir Espuma

Tamaño de un Separador



Para nuestros propósitos el tamaño del separador podría estar limitado por:

- ✓ El tipo de Separador.
- ✓ Presión y temperatura de Diseño
- ✓ Diámetro y longitud del Recipiente
- ✓ Presencia de extractor de Nieblas (Mist extractor)

Principios de la Separación



Los principales mecanismos involucrados en la Separación de corrientes bi o trifásicas involucran:

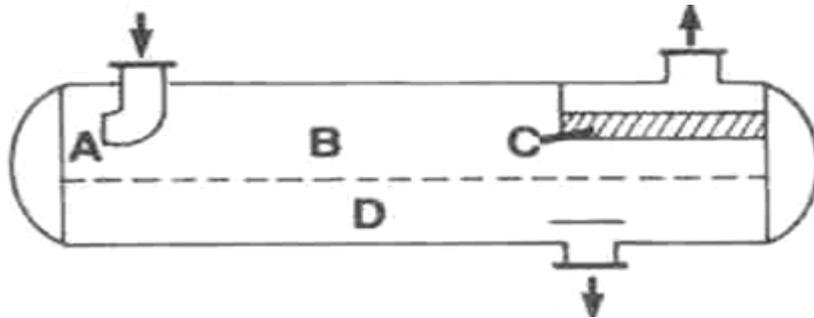
- ✓ Cantidad de Movimiento o Inercia
- ✓ Decantación o Asentamiento por Gravedad
- ✓ Coalescencia

Partes de un Separador

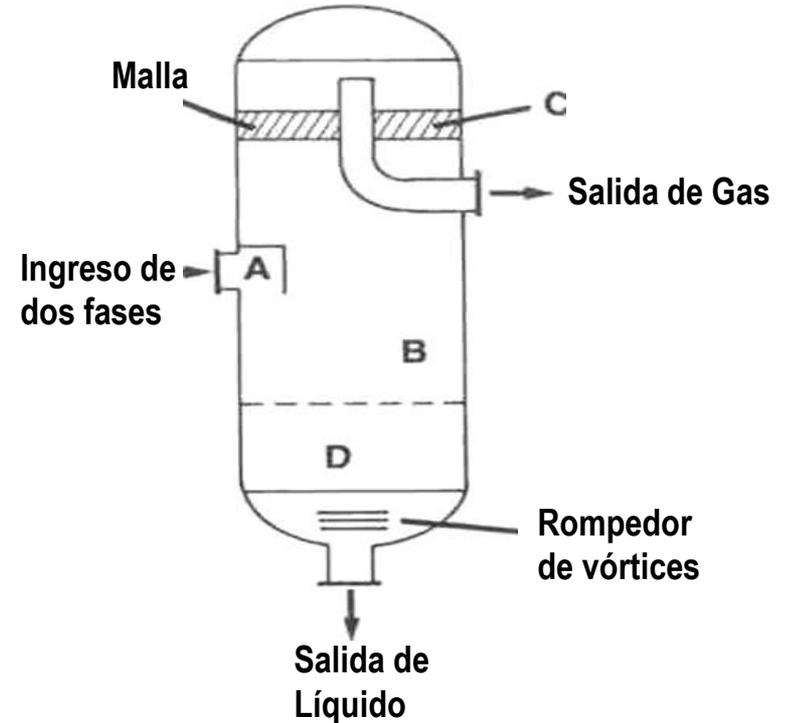
VERTICAL

HORIZONTAL

Ingreso de dos fases



Salida de Líquido



A - Separación primaria

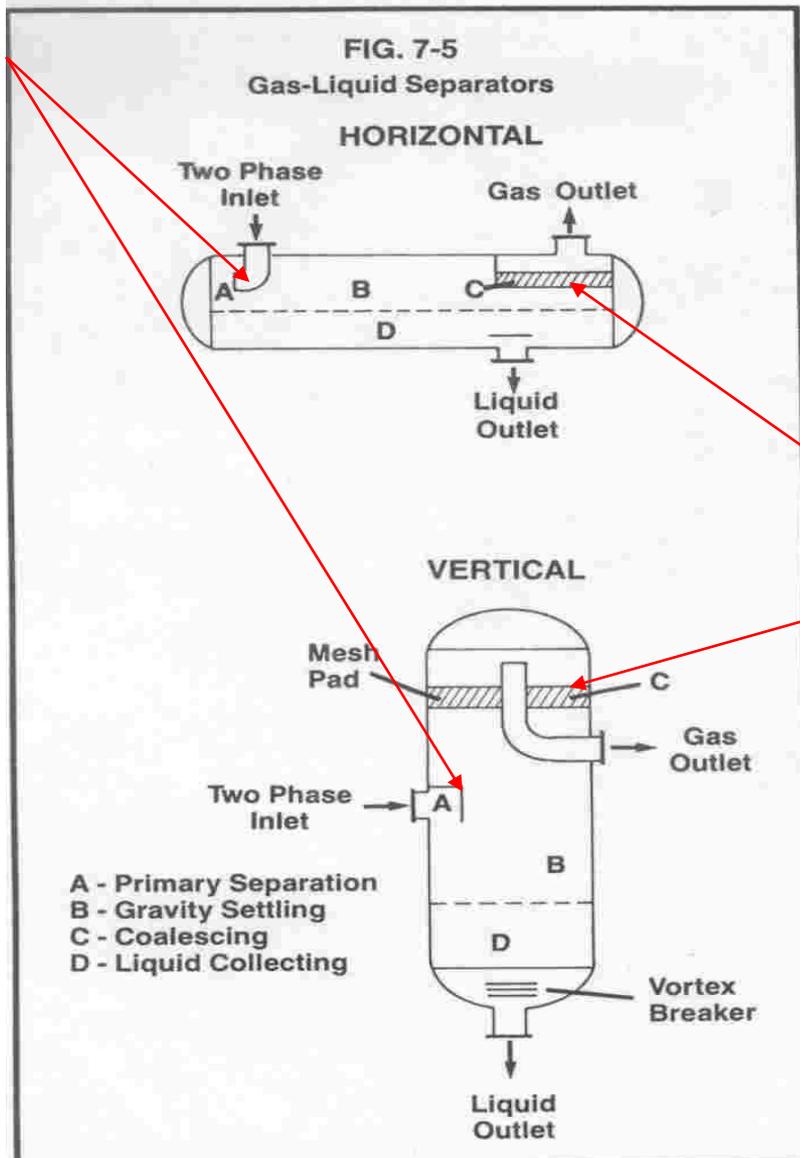
B - Separación secundaria o por gravedad

C - Coalescencia

D - Colección de líquido

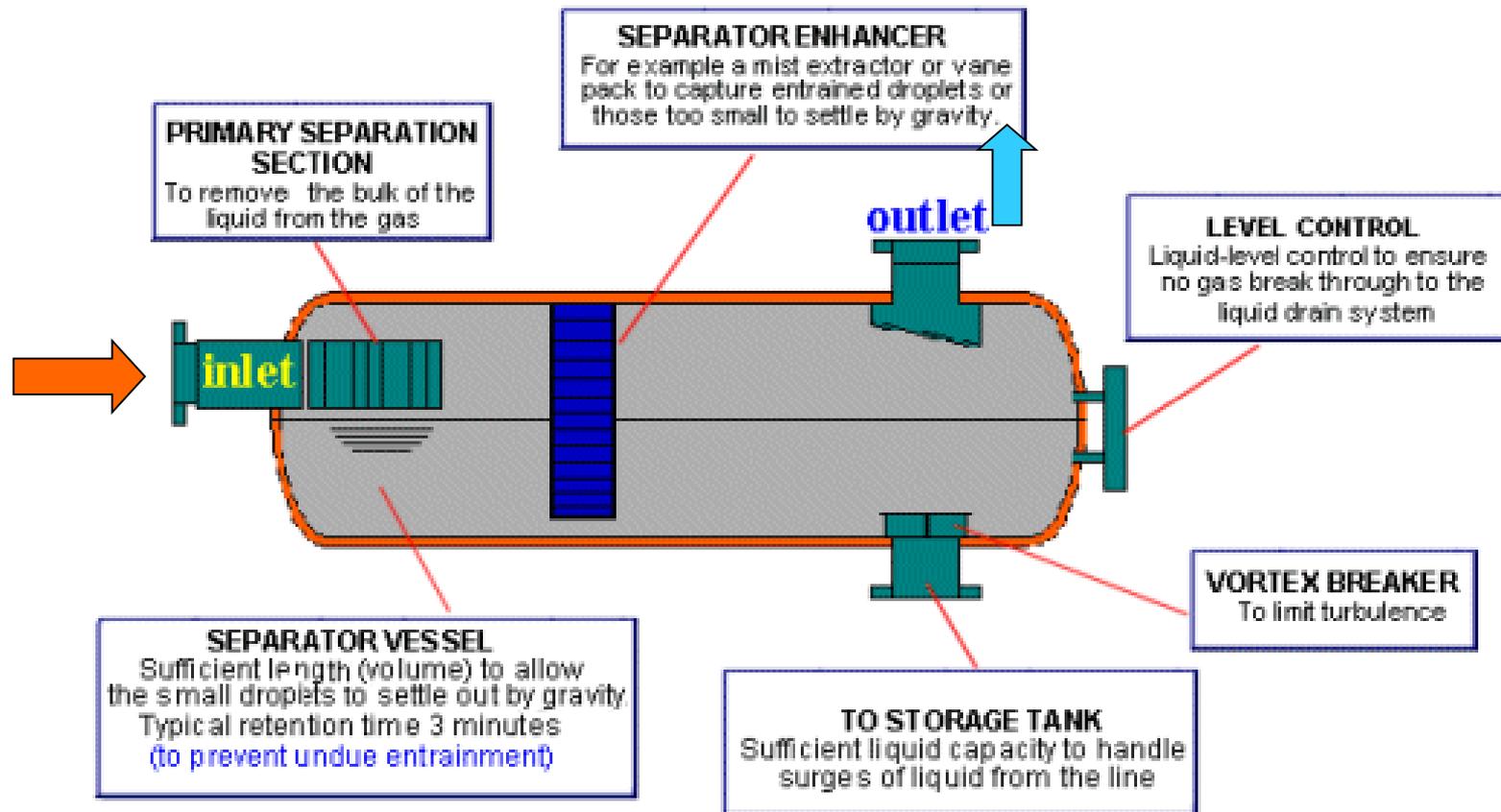
Partes de un Separador

A

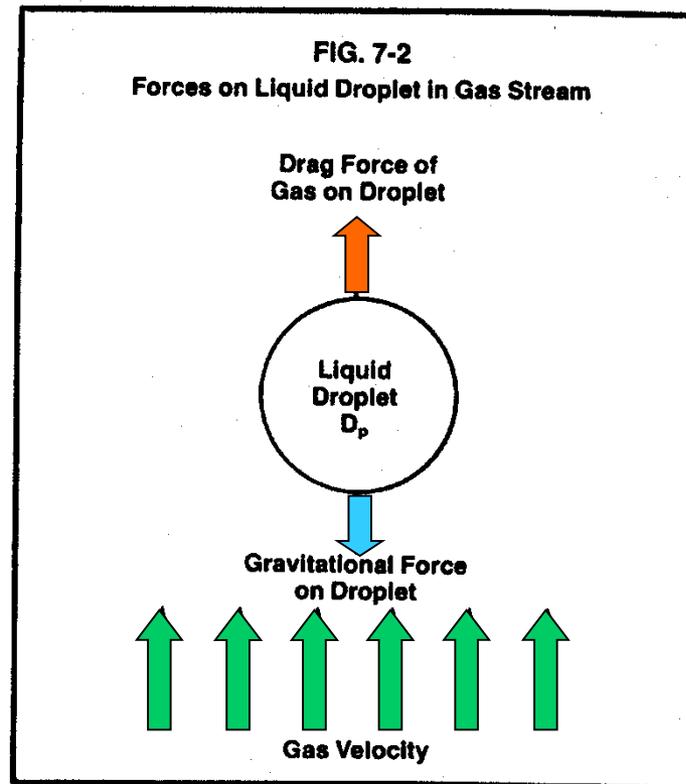


- ⌘ A) Separación Primaria
- ⌘ B) Separación Secundaria o por Gravedad
- ⌘ C) Extractor de Humedad o Coalescencia
- ⌘ D) Colector de Líquidos

Partes de un Separador

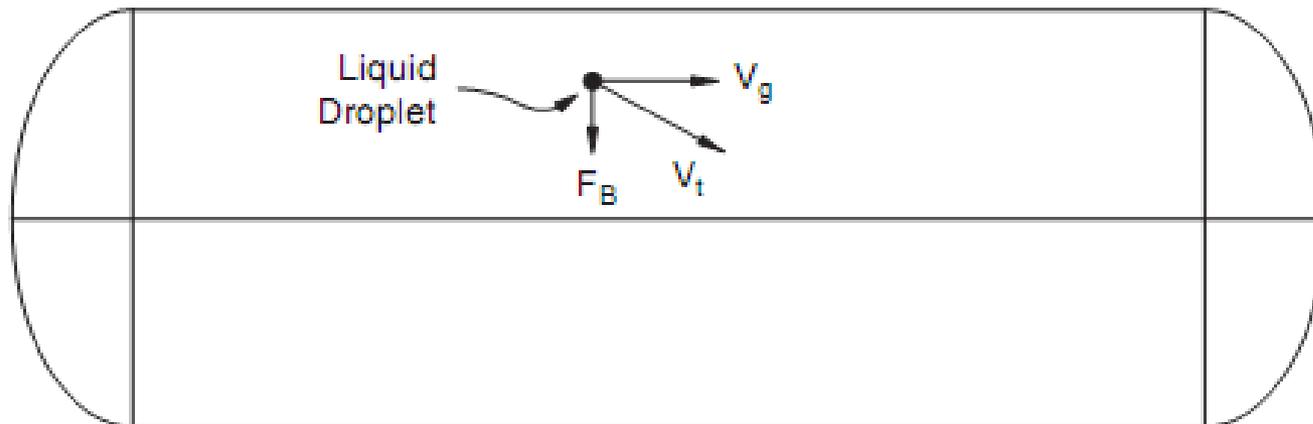


Fuerzas que Actúan sobre una Gota de Líquido



velocity from the surrounding gas stream.

Fuerzas que Actúan sobre una Gota de Líquido



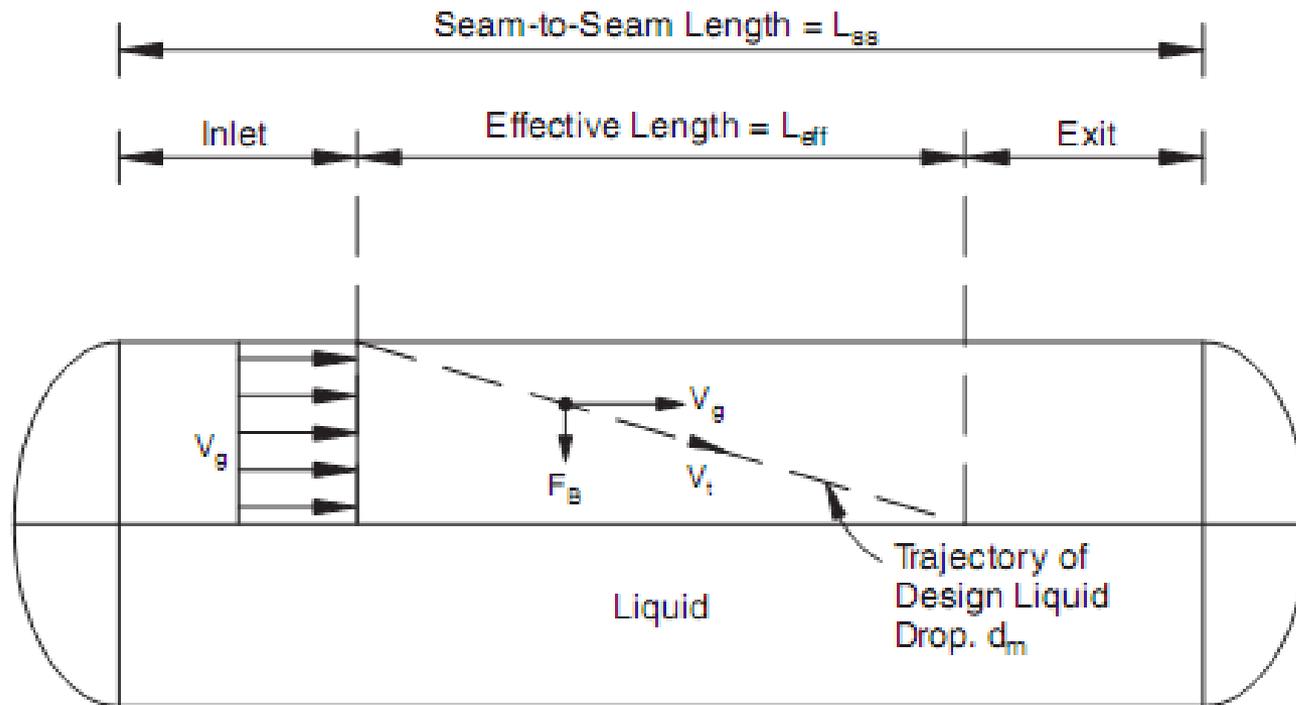
Legend:

F_B = Buoyant Force

V_g = Gas Velocity

V_t = Terminal or Settling Velocity Relative to Gas

Fuerzas que Actúan sobre una Gota de Líquido



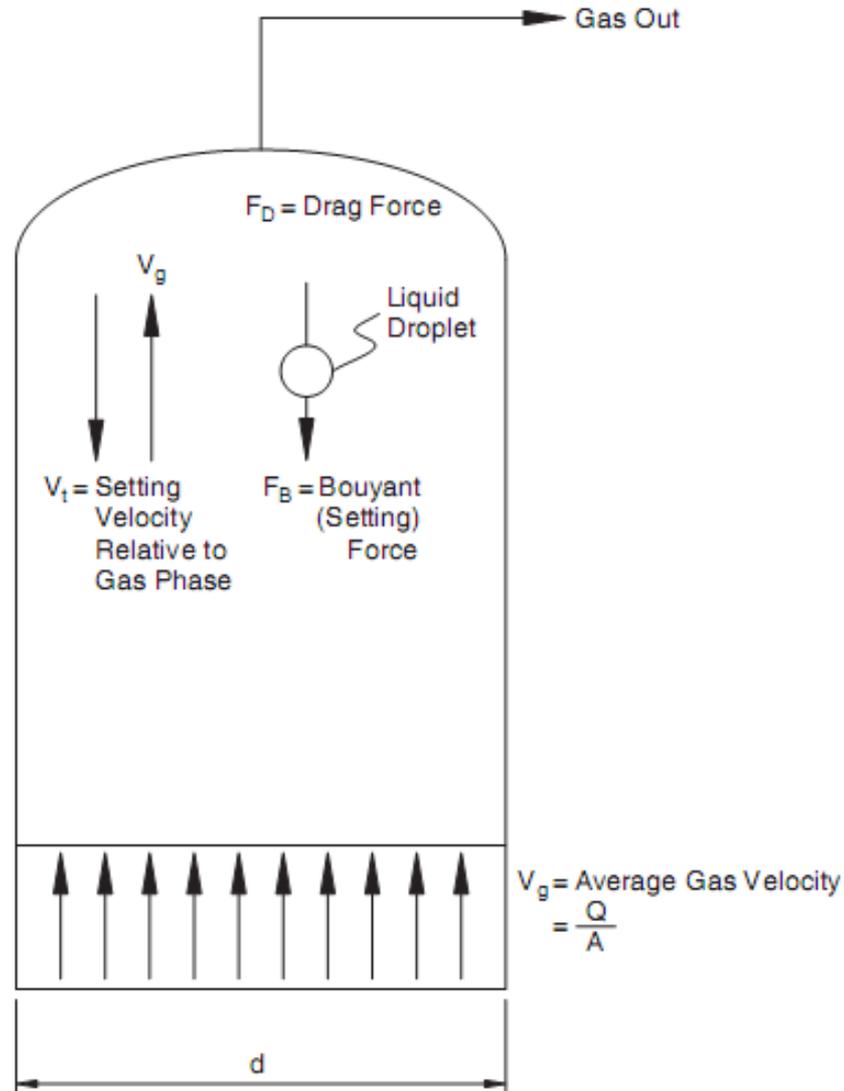
Legend:

$$V_g = \text{Average Gas Velocity} = \frac{Q}{A}$$

V_t = Terminal or Setting Velocity Relative to Gas

F_B = Buoyant Force

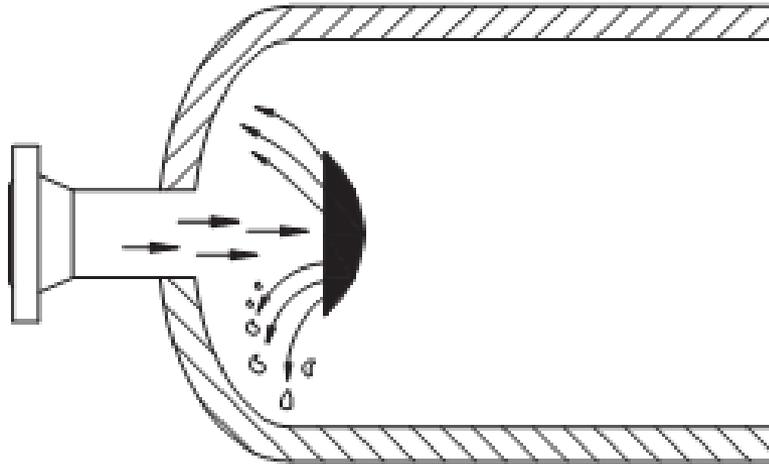
Fuerzas que Actúan sobre una Gota de Líquido



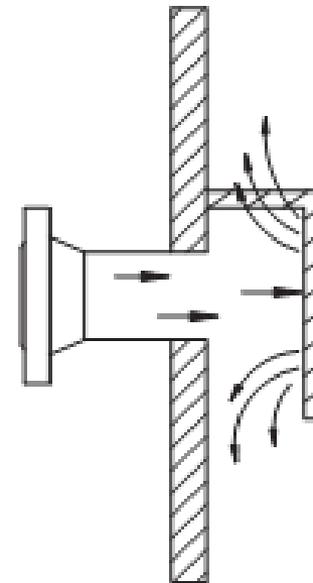
Componentes Internos

⌘ Desviador de Entrada

⌘ Baffle Deflector



Diverter Baffle

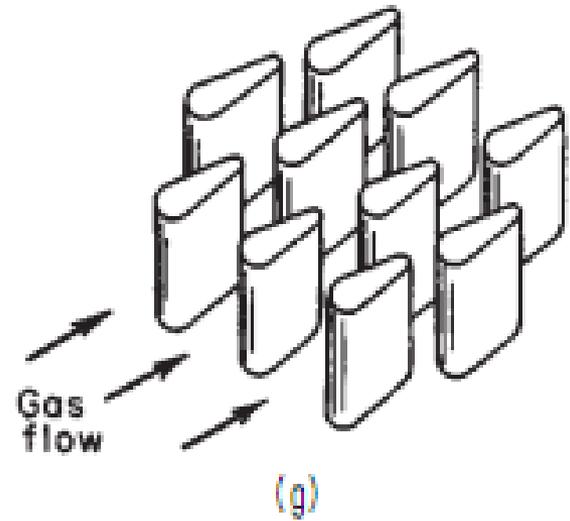
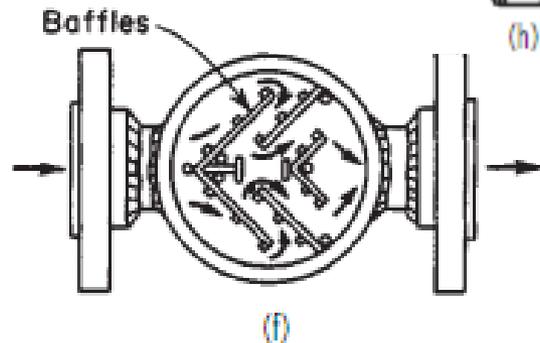
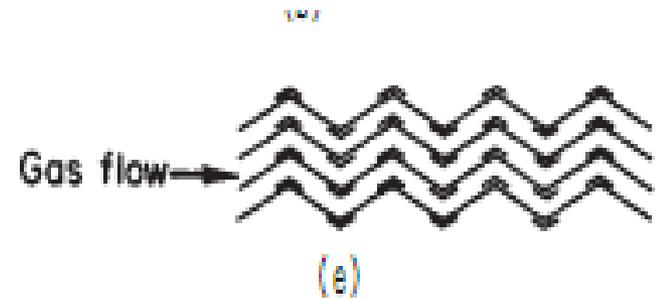
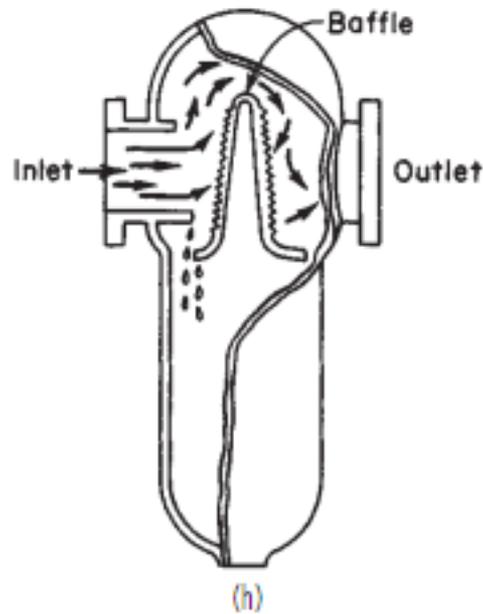
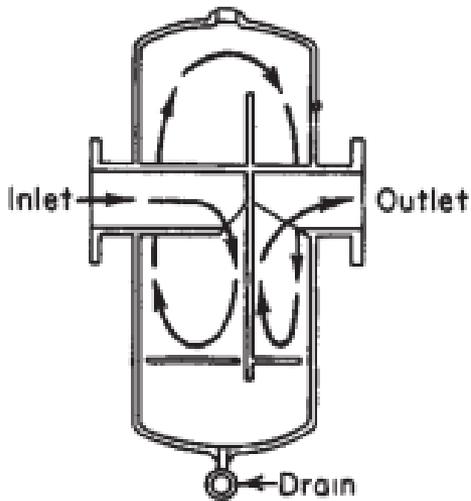


Tangential Baffle

Componentes Internos

⌘ Desviador de Entrada

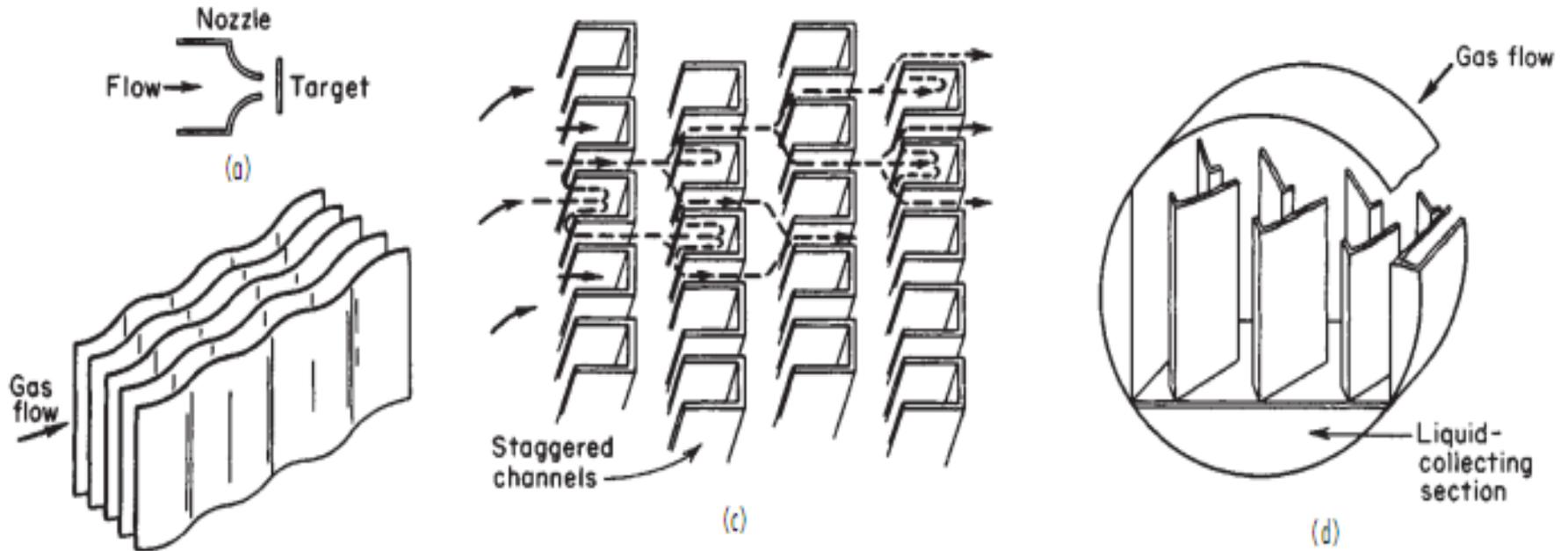
⌘ Bafle Deflector



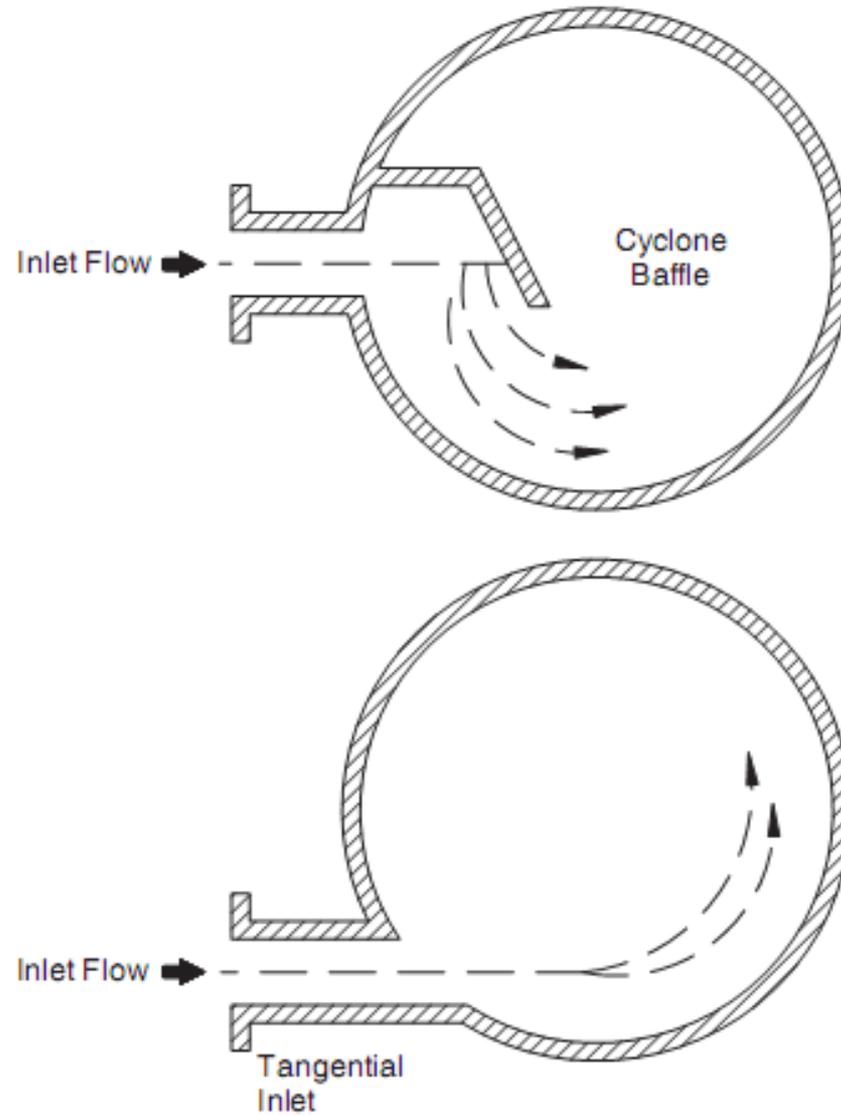
Componentes Internos

⌘ Desviador de Entrada

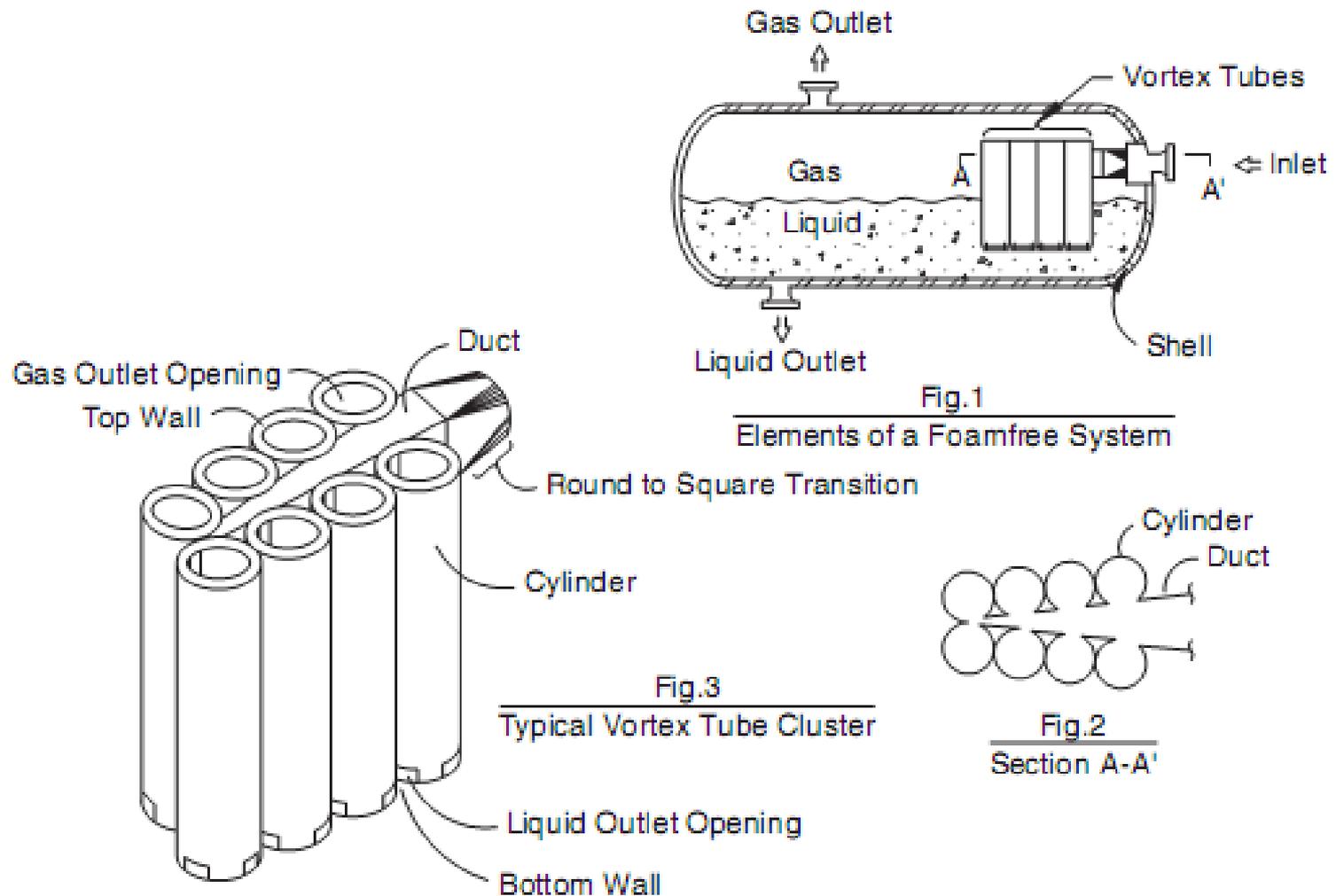
🌀 Bafle Deflector



❖ Entrada Ciclónica



❖ Entrada Ciclónica



❖ Entrada Ciclónica

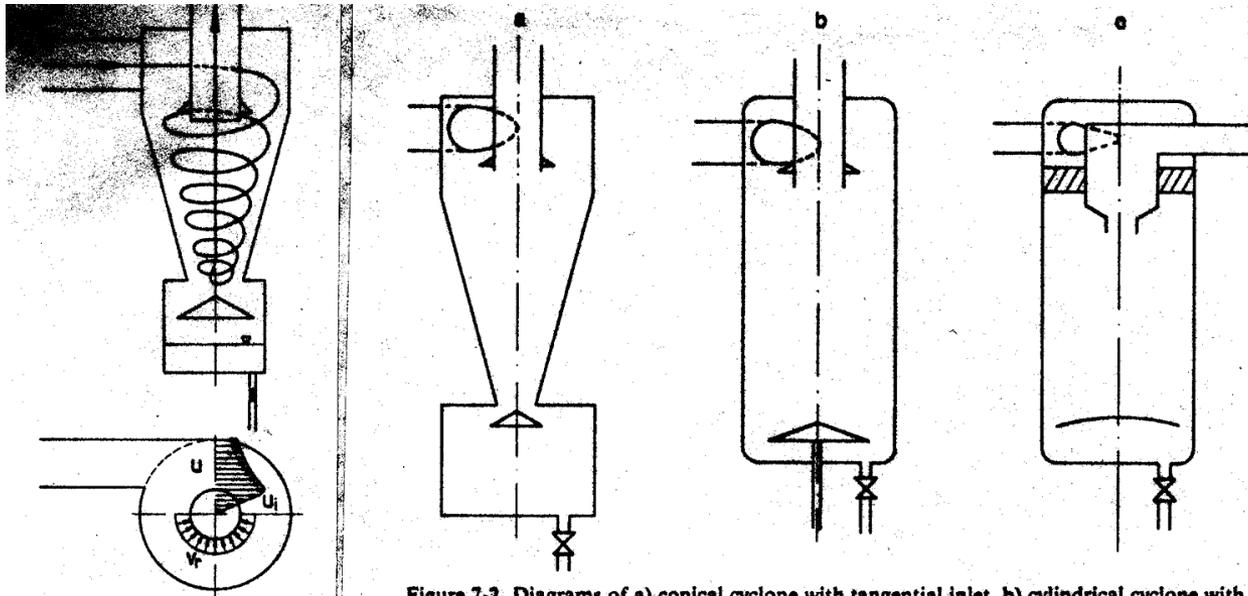
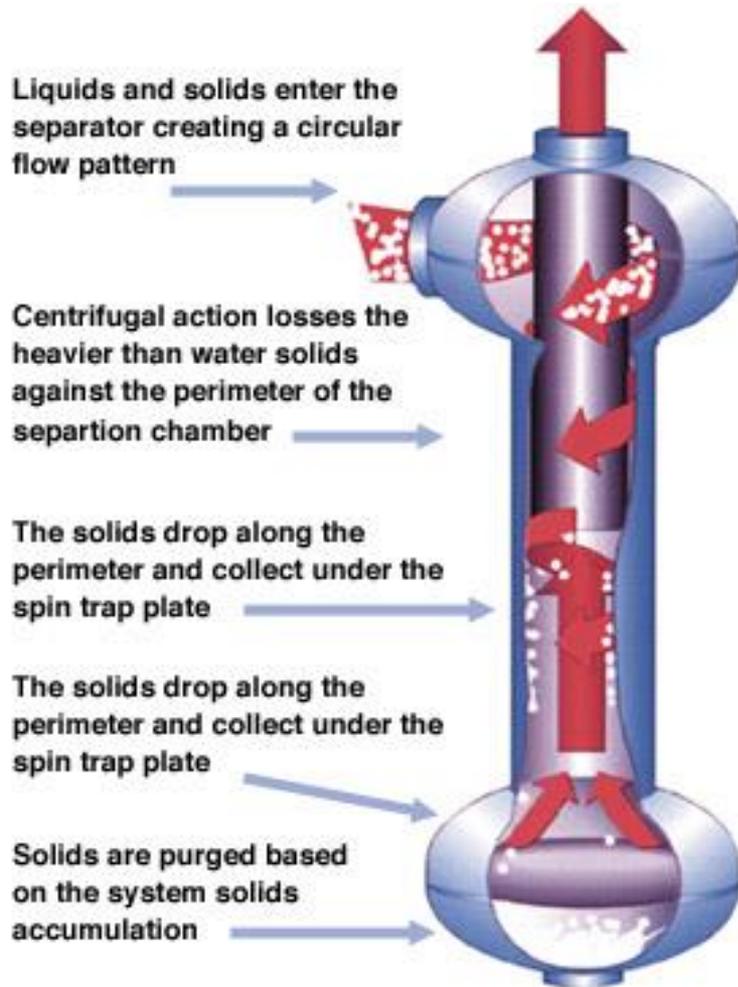
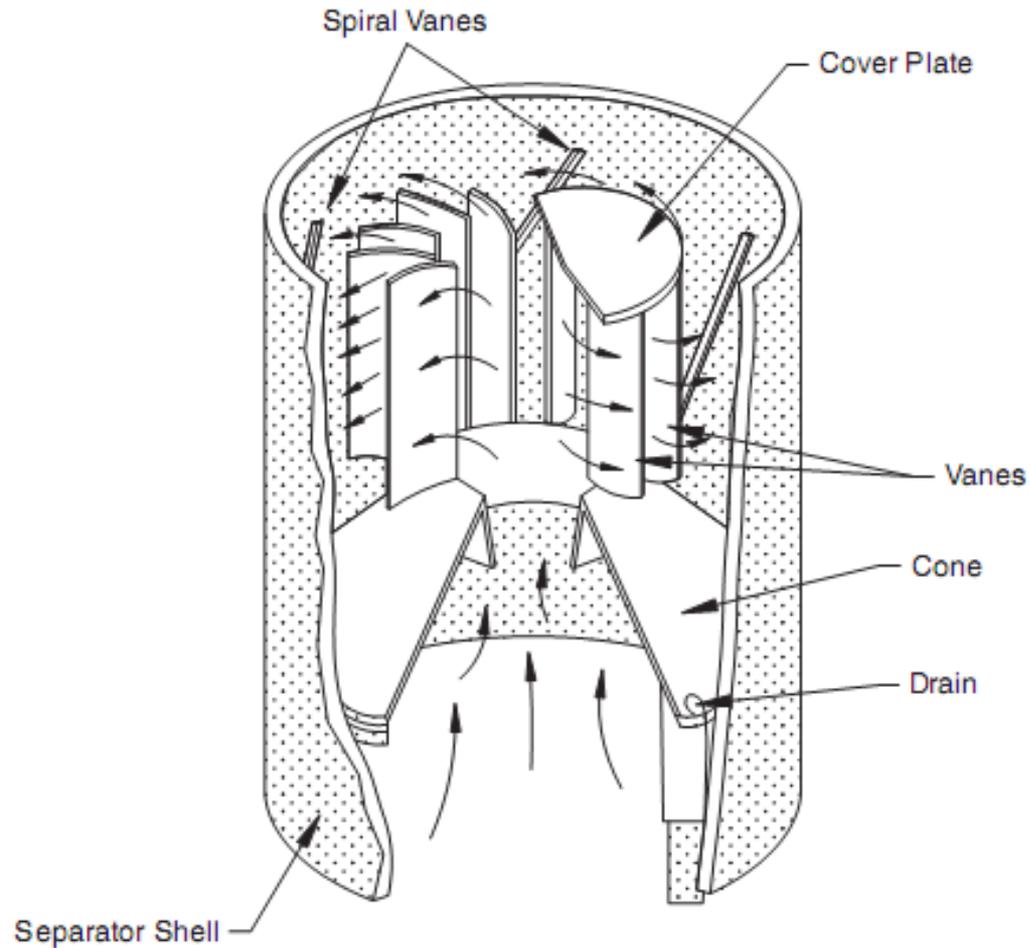


Figure 7.2 Diagrams of a) conical cyclone with tangential inlet, b) cylindrical cyclone with tang.

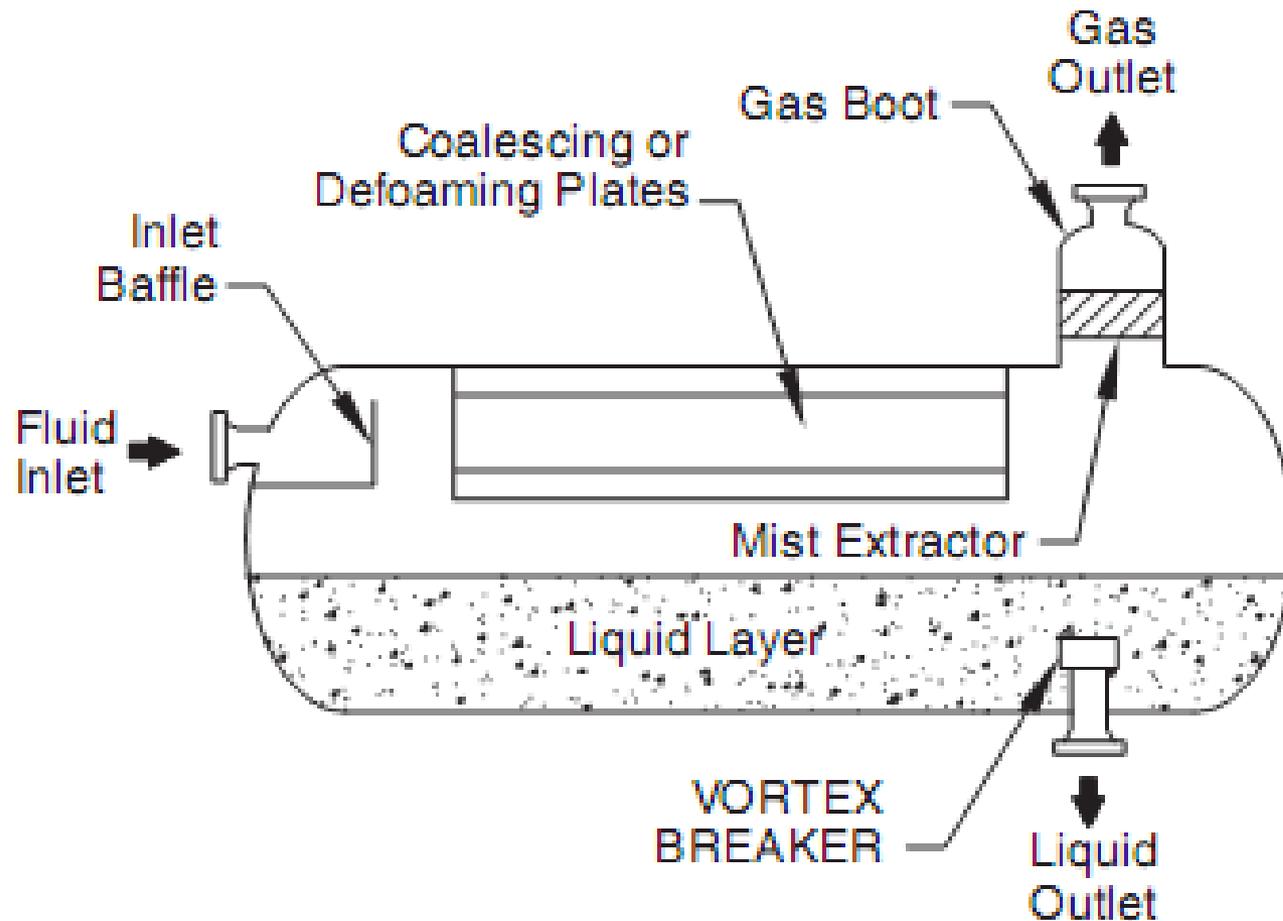
Separador Centrífugo



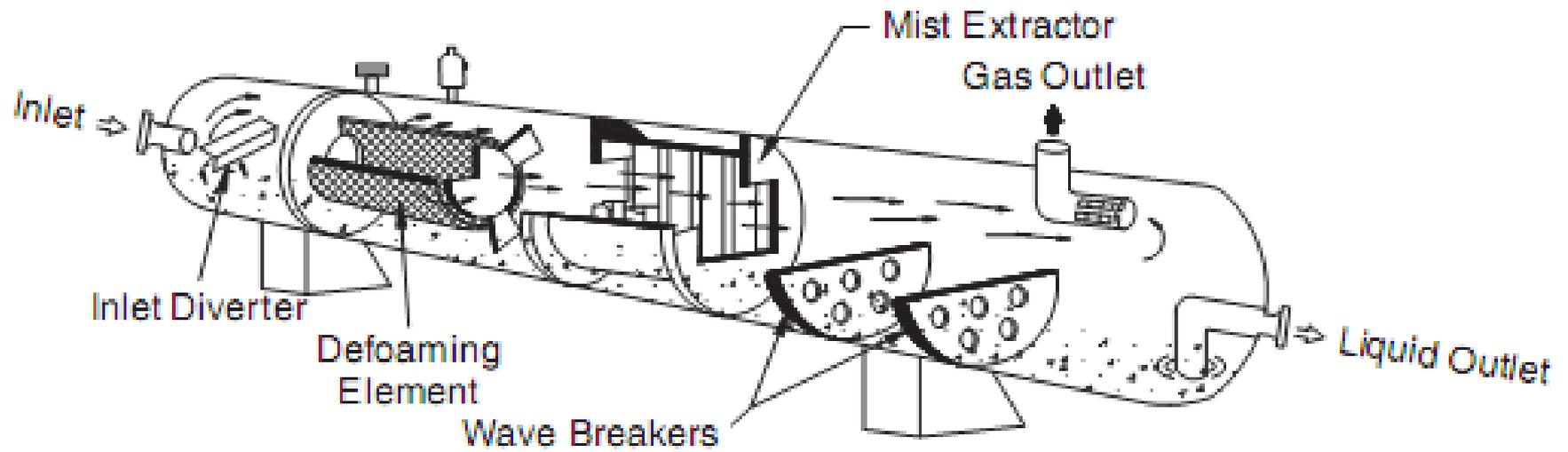
Separador Centrífugo



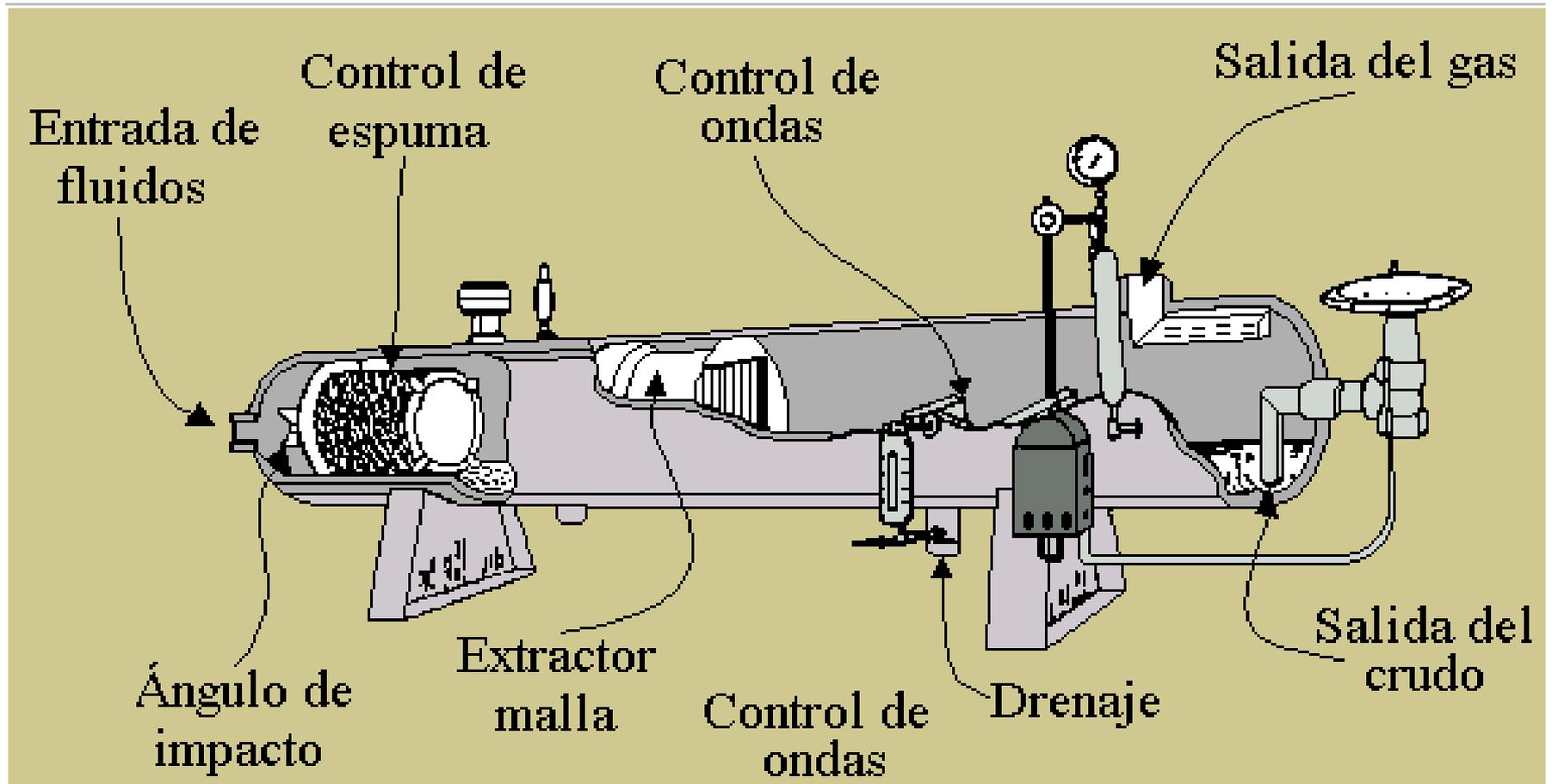
Componentes Internos



Componentes Internos

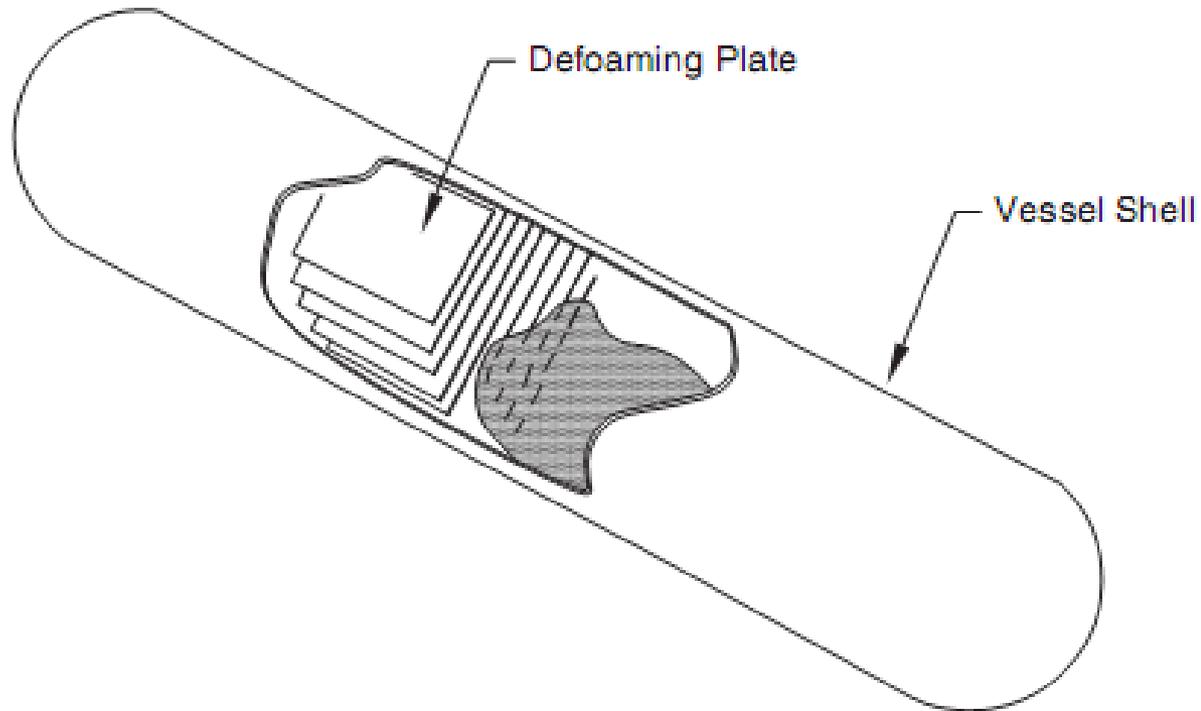


Componentes Internos



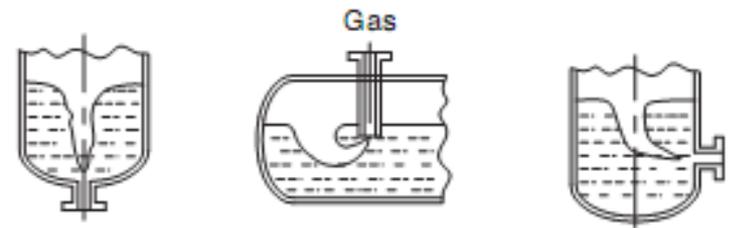
Componentes Internos

Platos Desespumantes

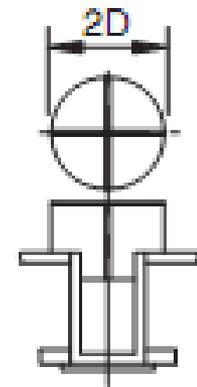
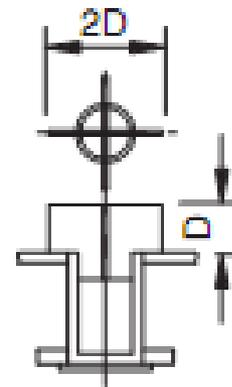
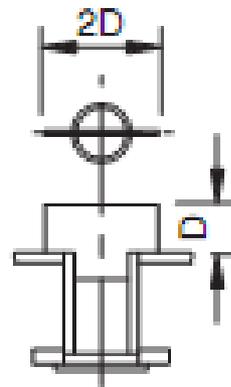
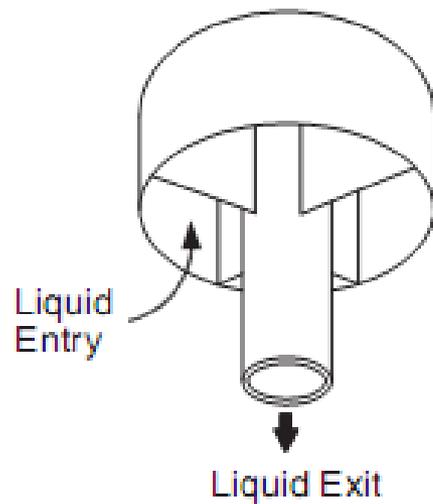


Componentes Internos

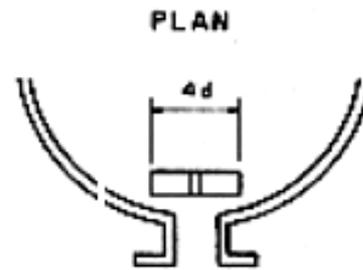
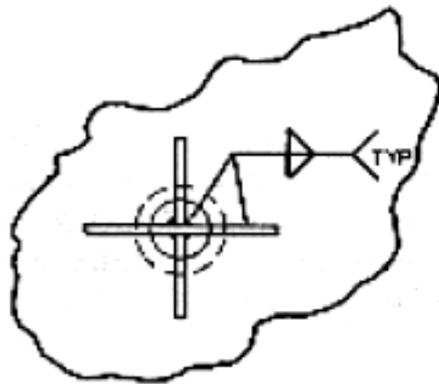
🕯 Rompedores de Vortices



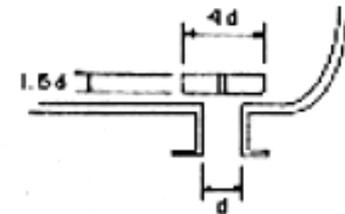
VORTEXING OF LIQUIDS



Rompevórtices



CROSS SECTION



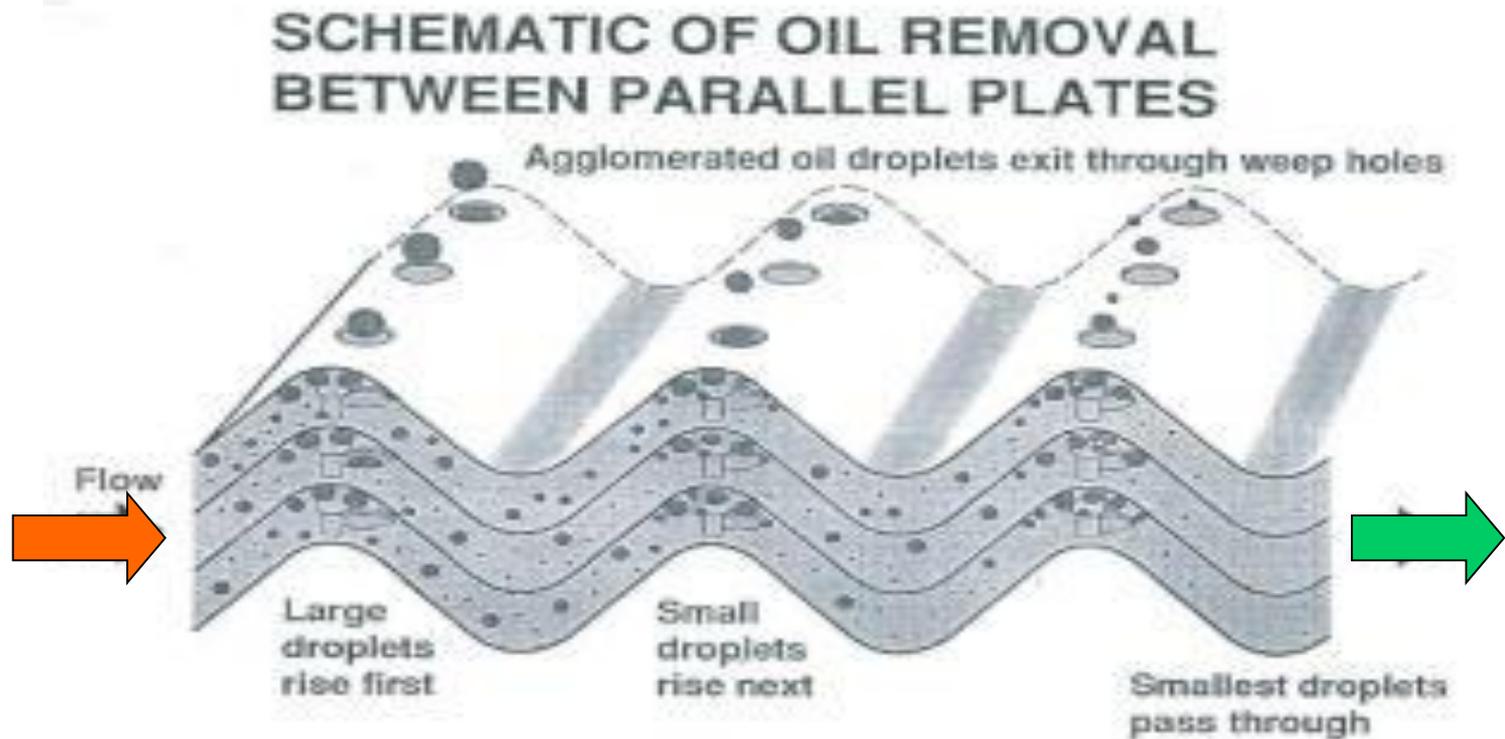
LONGITUDINAL SECTION

NOTE:

1. VORTEX BREAKER TO BE MADE OF MINIMUM
 $3/8"$ R.

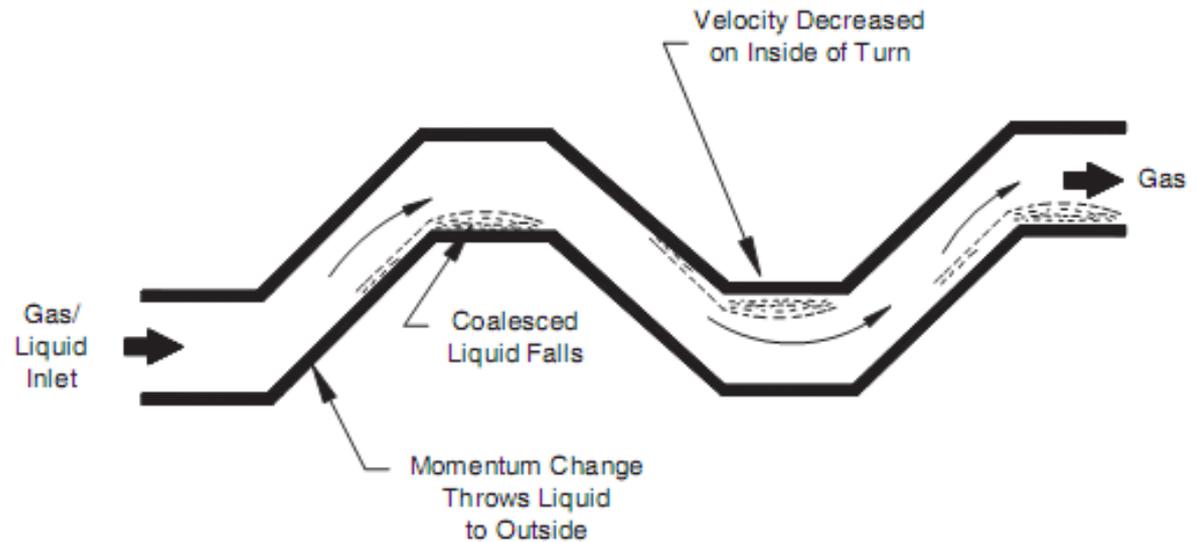
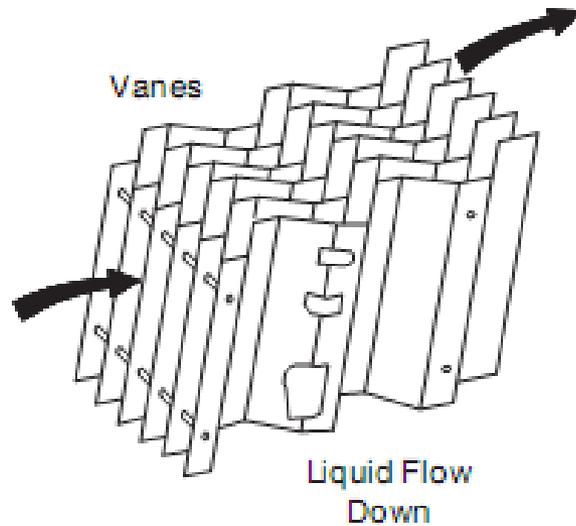
Figure 4-8. Typical vortex breaker.

Separación Por Placas Paralelas

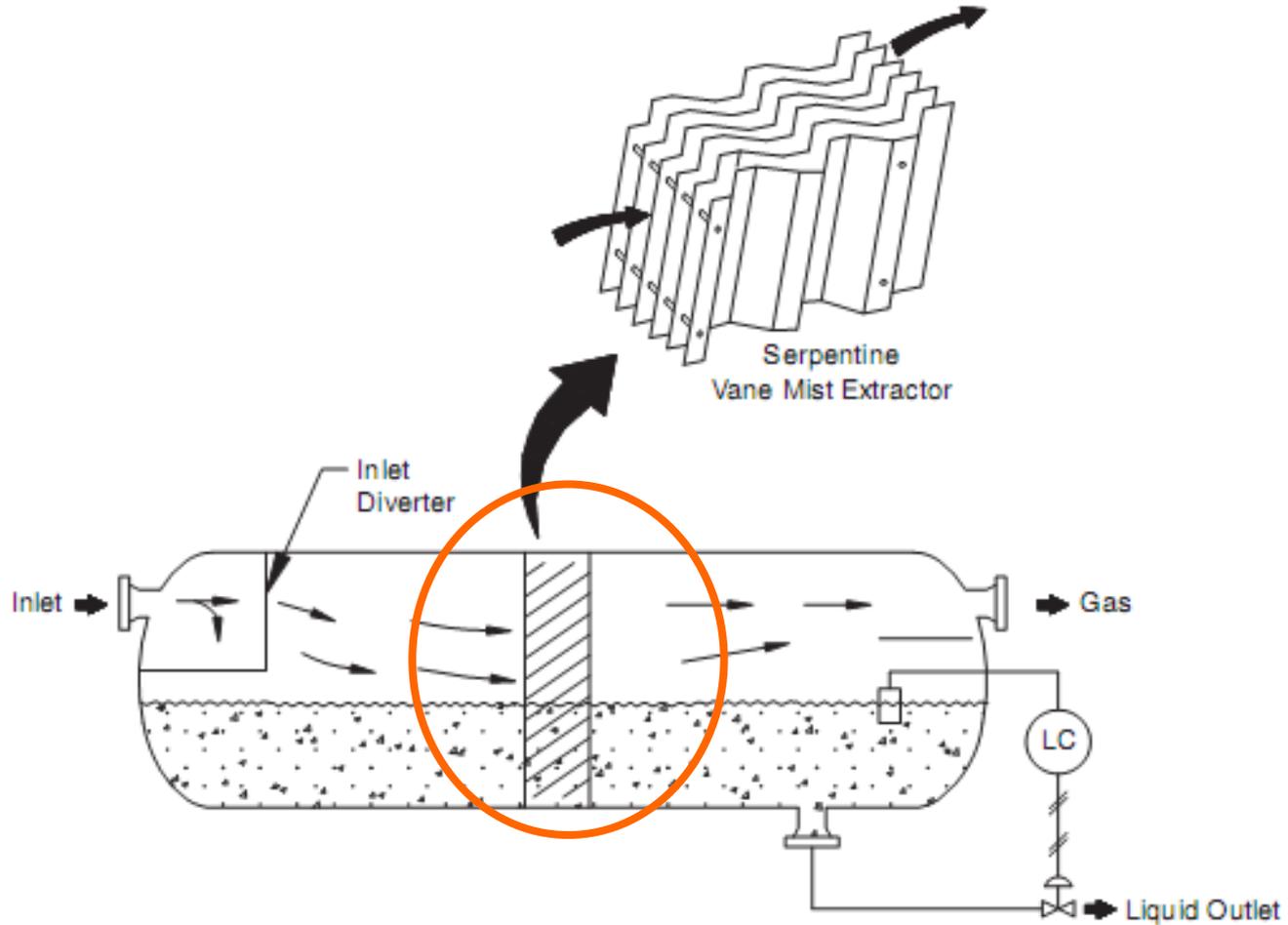


- Designed for low turbulence laminar flow operation
- Corrugated, oleophilic polypropylene parallel plates with 1/4-in. vertical separation

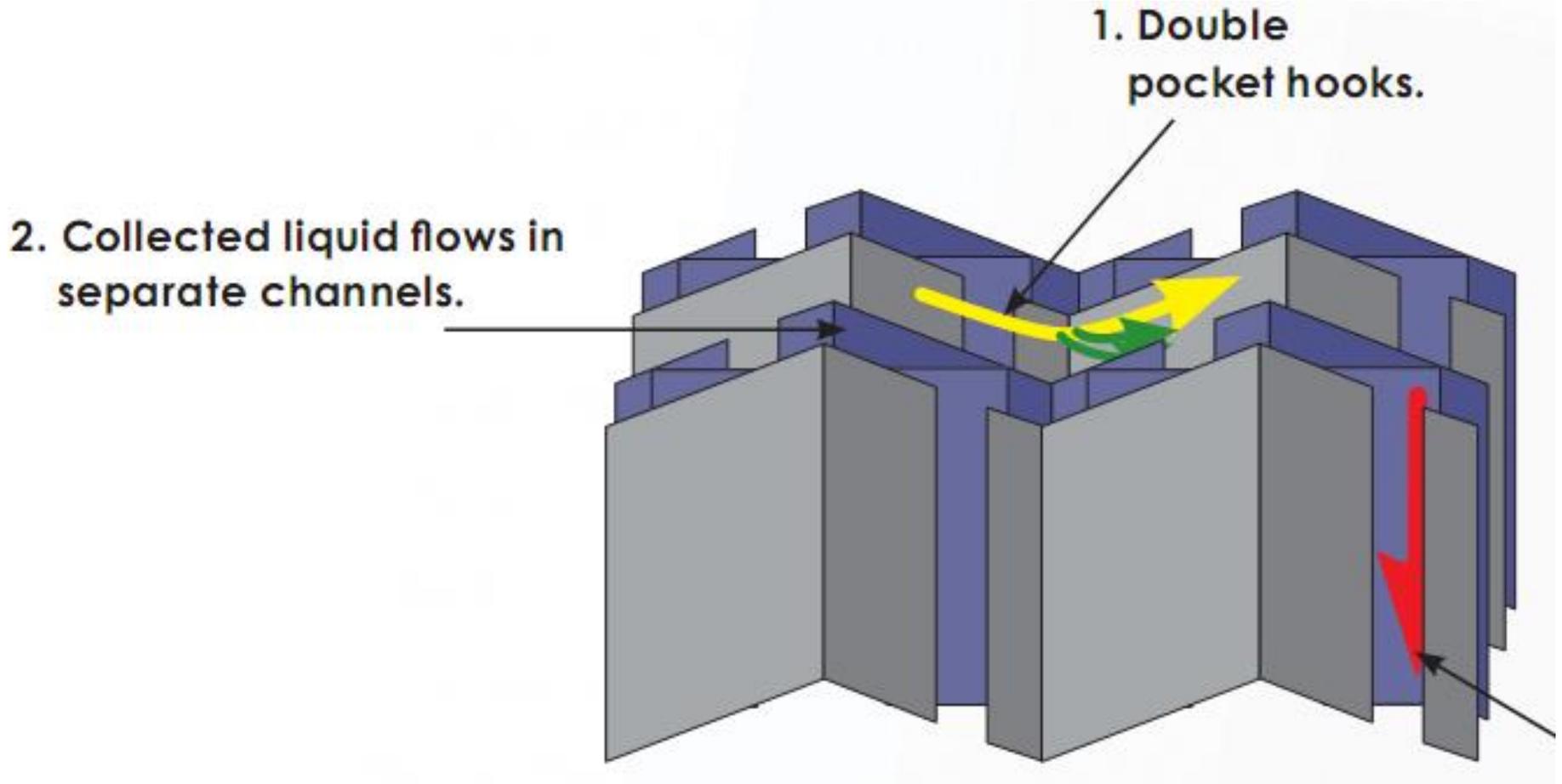
Separación Por Placas Paralelas



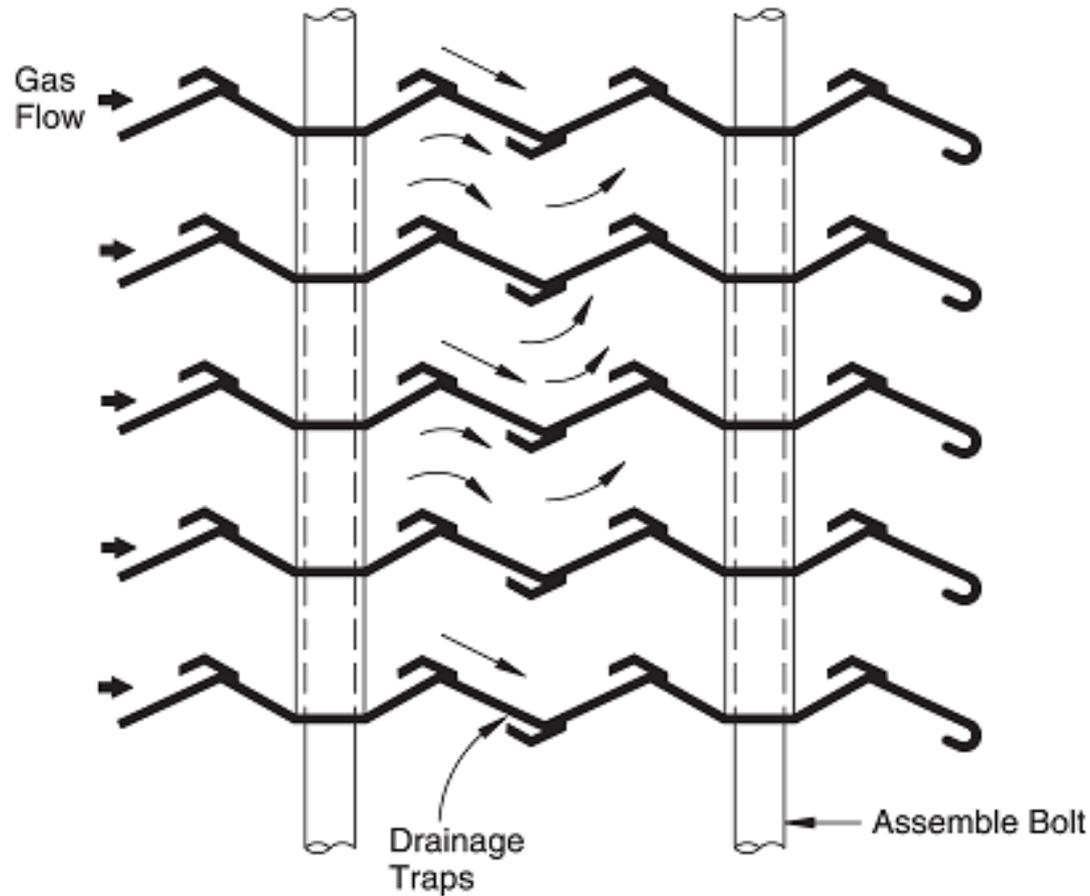
Separación Por Placas Paralelas



Separación Por Placas Paralelas



Separación Por Placas Paralelas



Separación Por Placas Paralelas

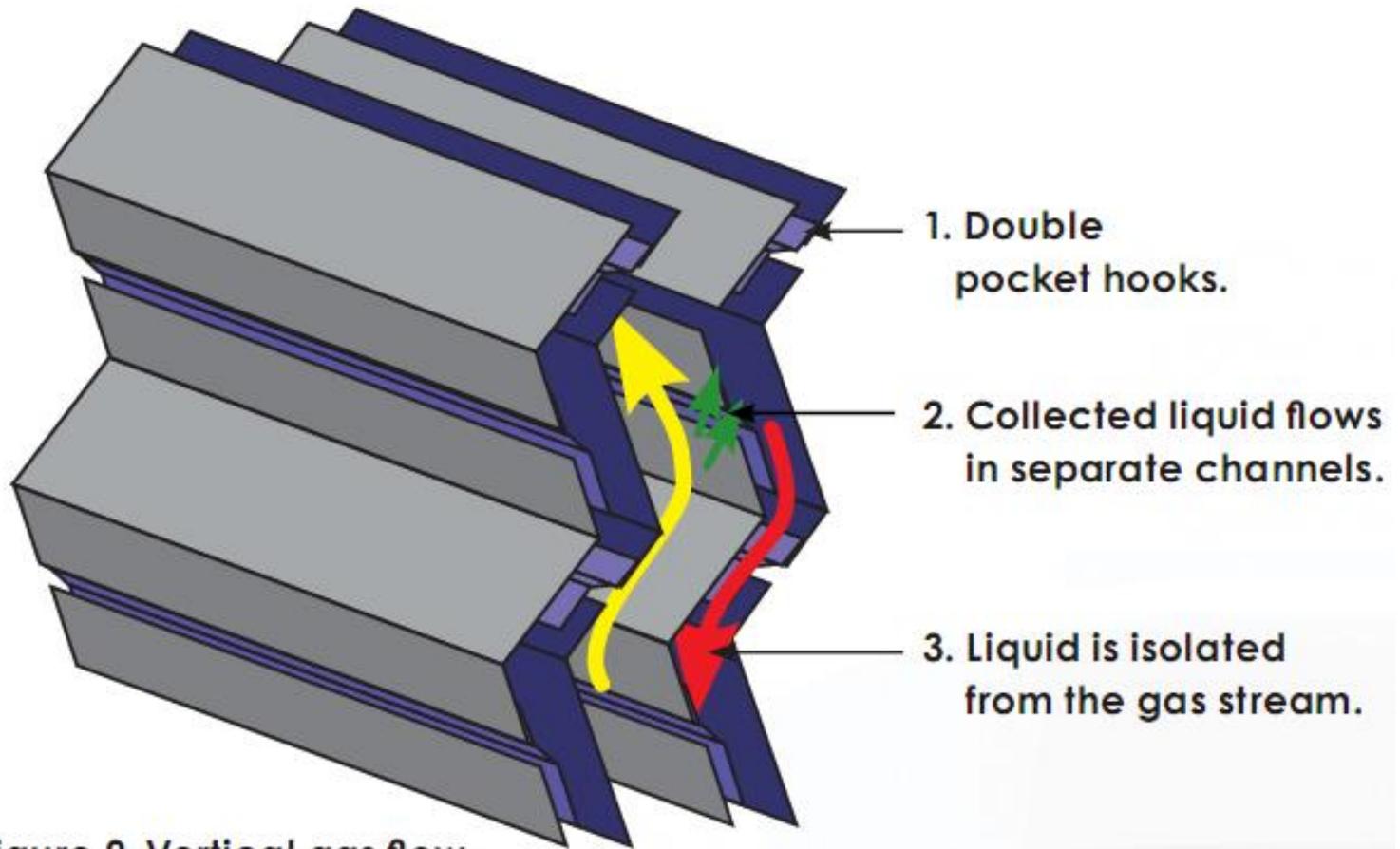
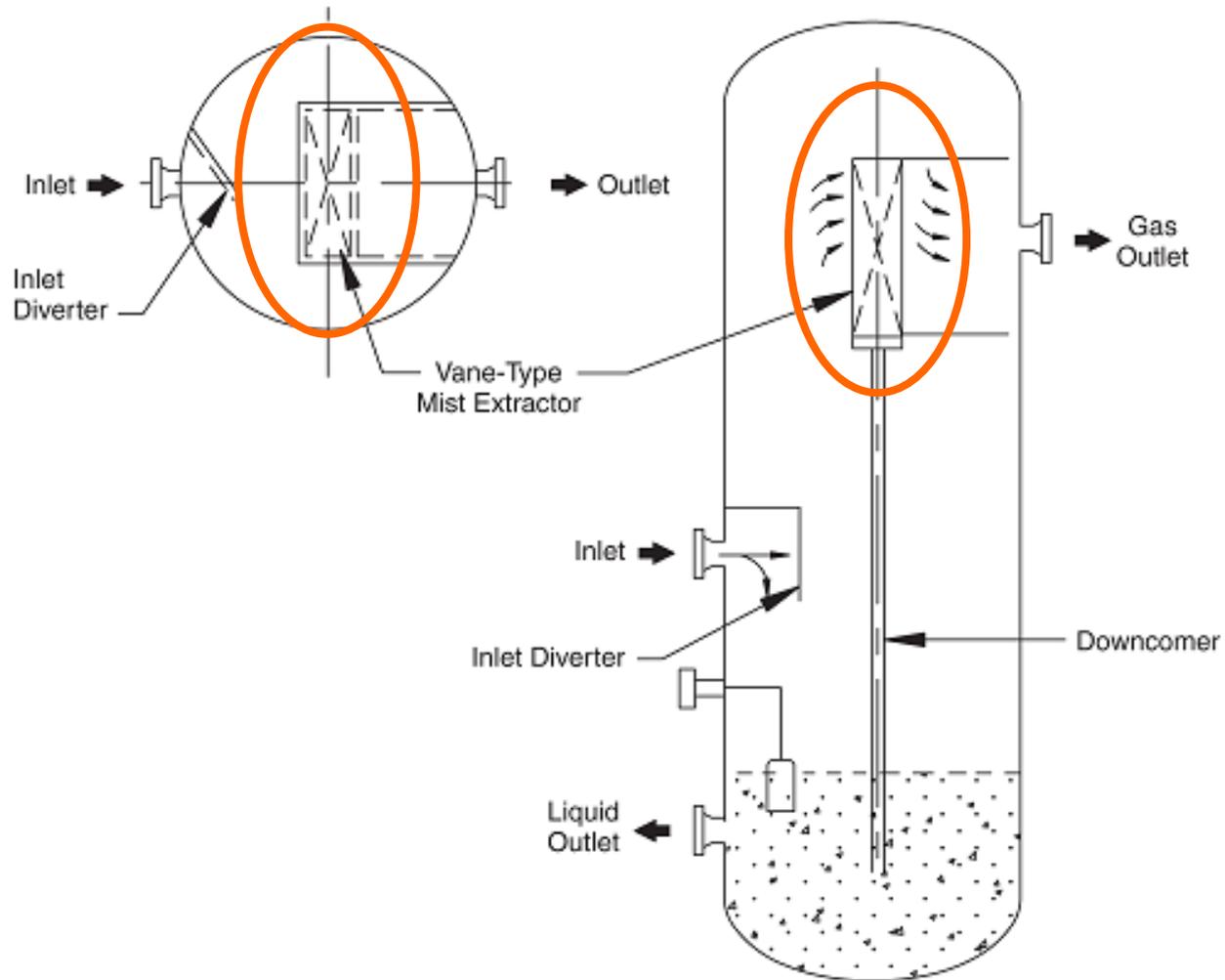


Figure 9. Vertical gas flow.

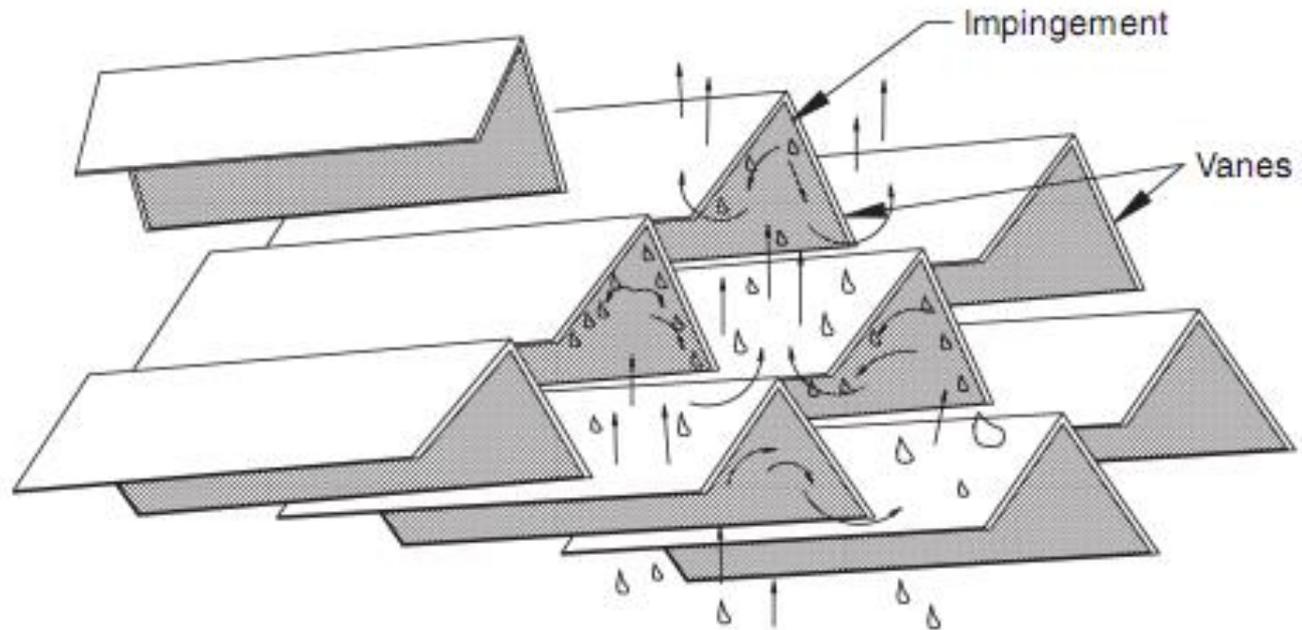
Separación Por Placas Paralelas



Separación Por Placas Paralelas



Separación de Nieblas por Perfiles



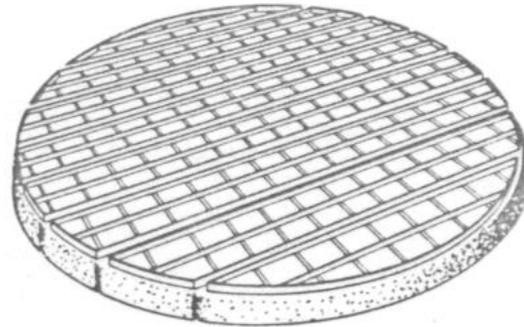
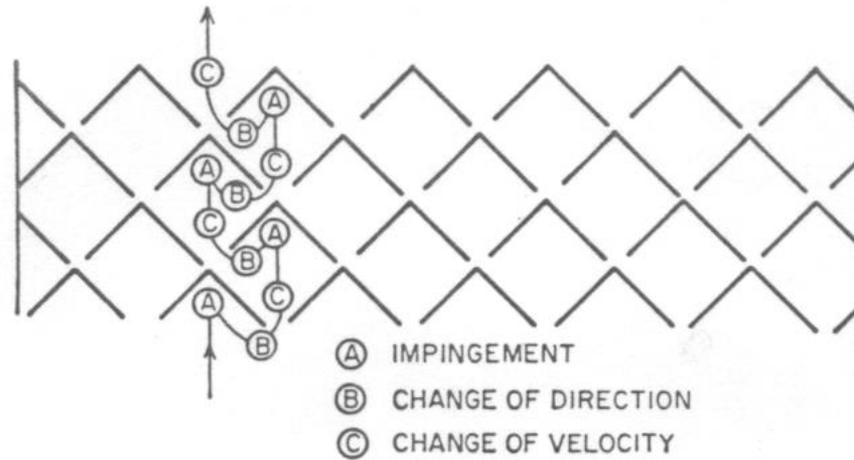
Extractor de Nieblas



Extractor de Nieblas

l1-8

PRODUCTION EQUIPMENT



(j)

Extractor de Nieblas

- En cualquier proceso donde el gas y el líquido están en contacto, el gas puede arrastrar algún tipo de gota de líquido
- El modo en que las gotas se forman, determina el tamaño de las mismas.
- El conocer el mecanismo que causa la formación y el tamaño de la gota es fundamental para la apropiada selección y diseño del separador de nieblas.
- Estas nieblas son generadas por uno o más de los siguientes mecanismos básicos:
 - Acción Mecánica
 - Reacción Química
 - Condensación

Extractor de Nieblas

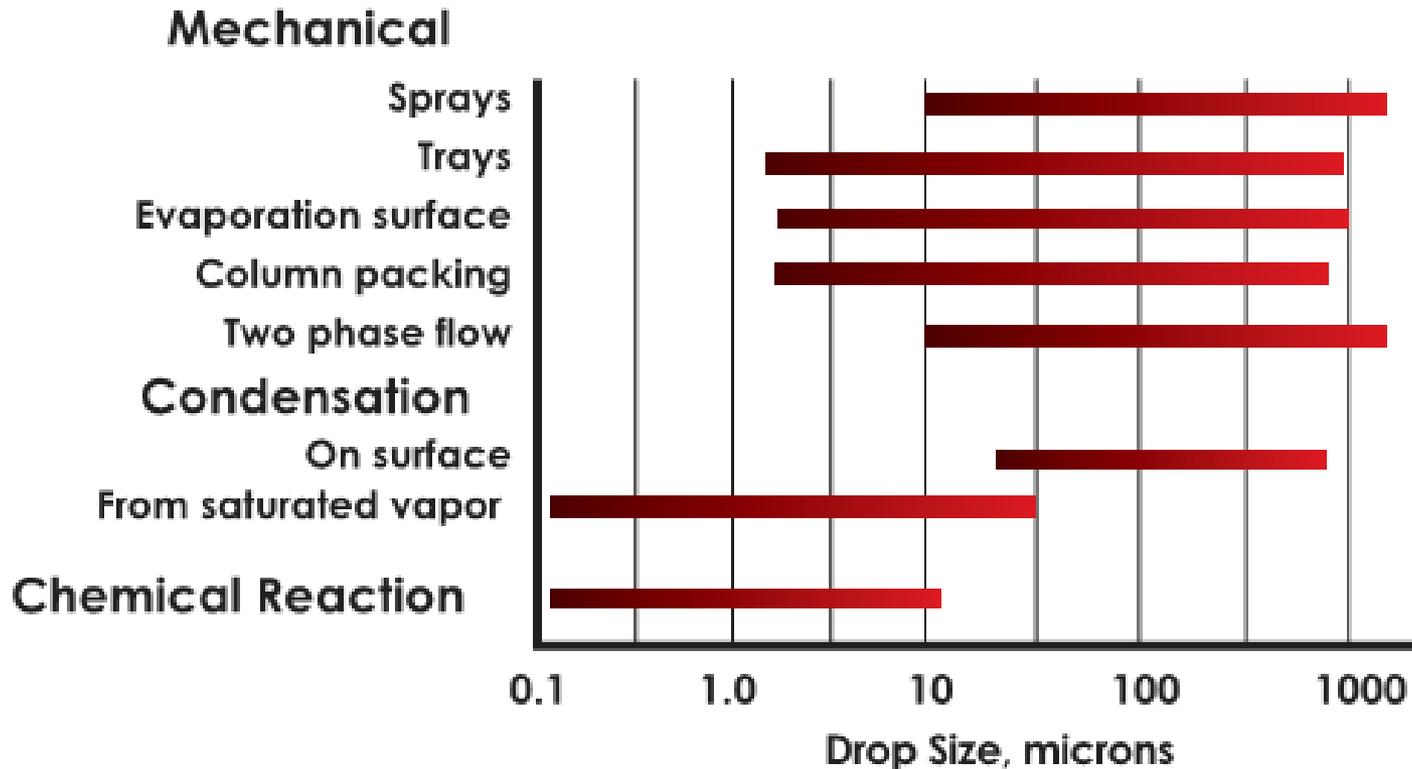
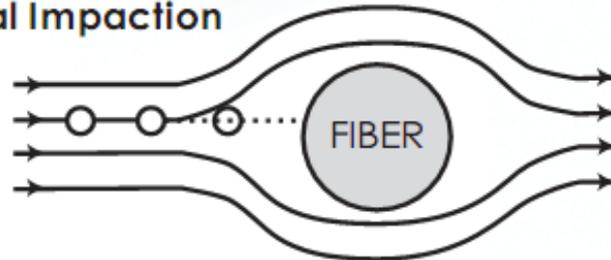


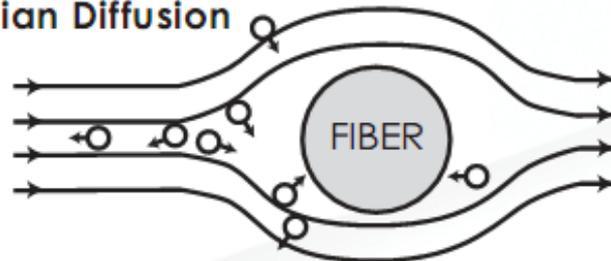
Figure 1. Particle Size Distribution Ranges.

Extractor de Nieblas

Inertial Impaction



Brownian Diffusion



Direct Interception

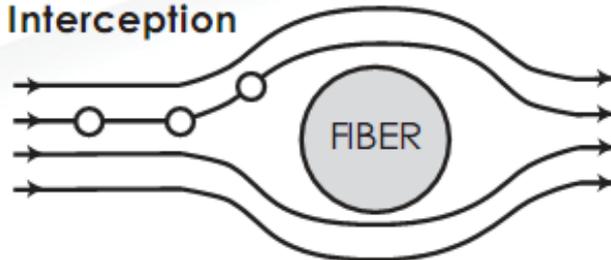


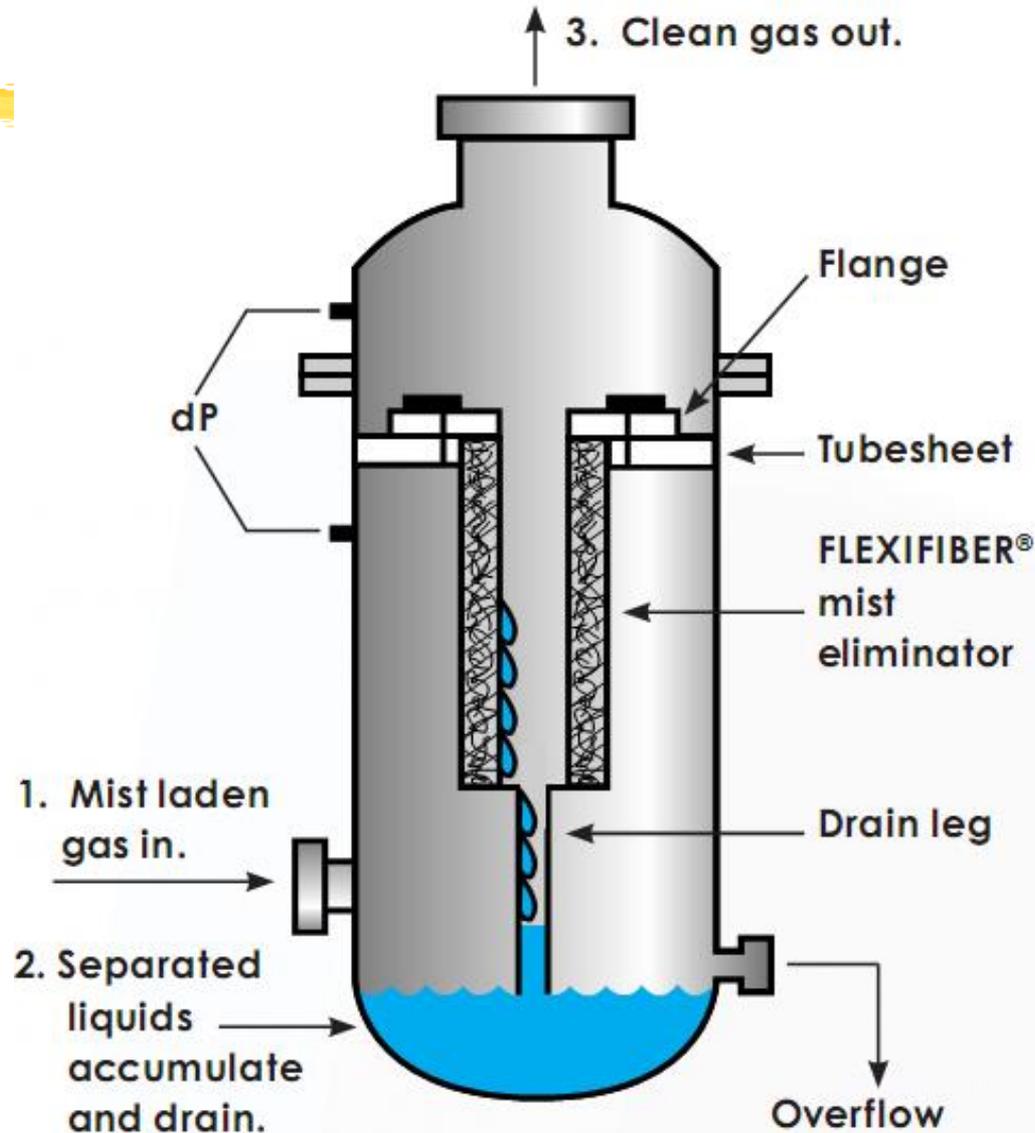
Figure 13. Mechanisms for mist collection on fibers.

Extractor de Nieblas

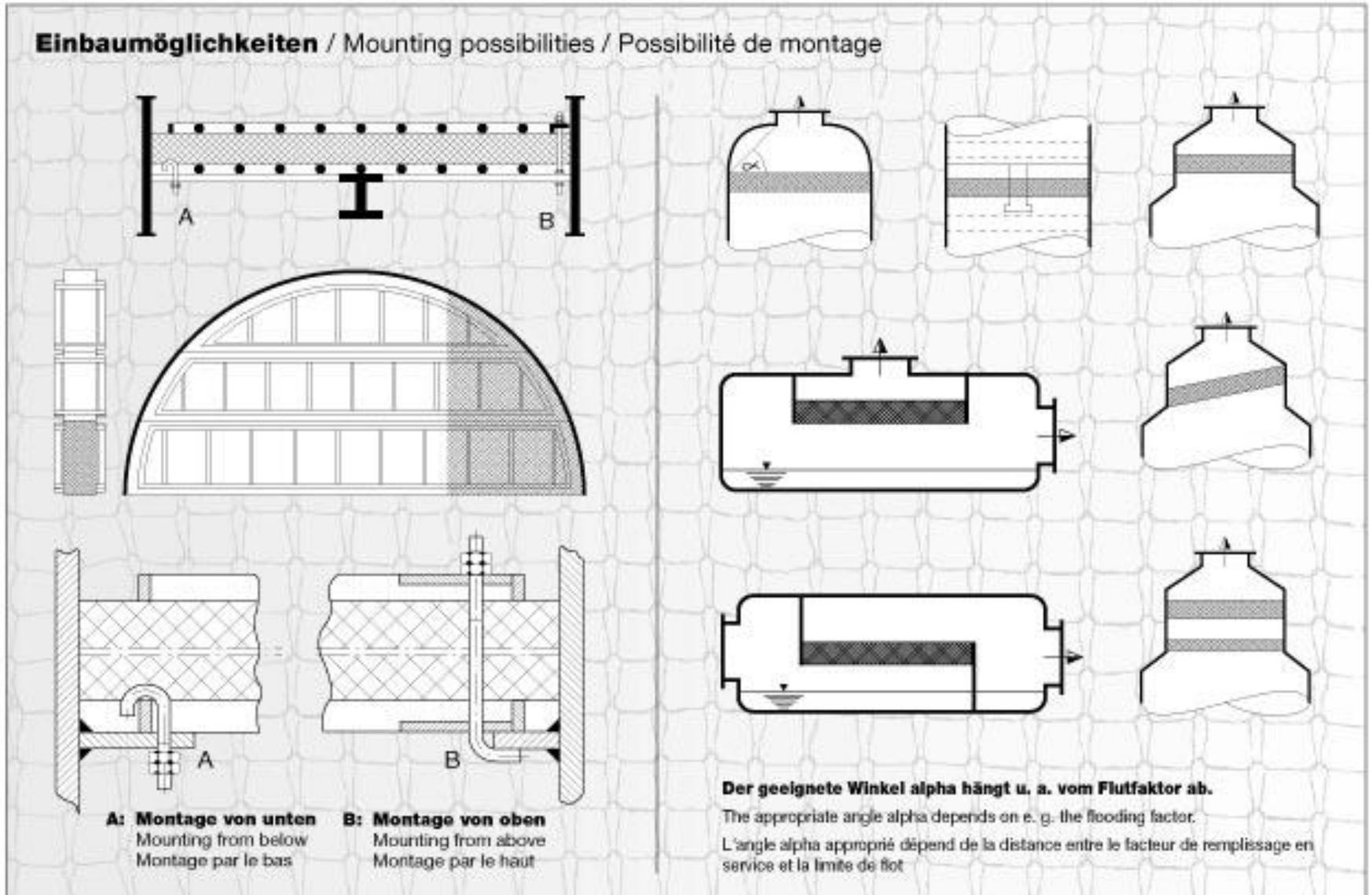
Table 4. Collection Mechanism and Efficiency

Type	Primary Collection Mechanism	Collection Efficiency		Element Pressure Drop mm W.G. (inches W.G.)	Bed Velocity m/sec (ft./min.)
		Particle Size (Microns)	Efficiency* (%)		
BD	Brownian Diffusion	>3 <3	Essentially 100 Up to 99.95+	50 - 500 (2-20)	0.03 - 0.2 (5 - 40)
IC	Impaction Cylinder	>3	Essentially 100	100 - 250 (4 - 10)	1.3 - 1.8 (250 - 350)
		1 - 3	95 - 99+		
IP	Impaction Panel	1 - 3	85 - 97	125 - 180 (5 - 7)	2.03 - 2.54 (400 - 500)
		0.5 - 1	50 - 85		

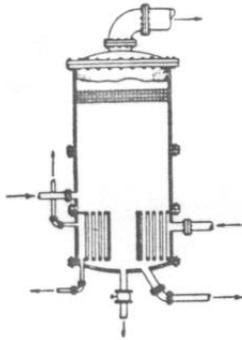
Extractor de Nieblas



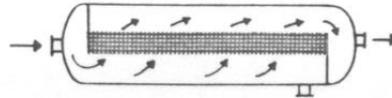
Posibles Montajes de Coalescedores



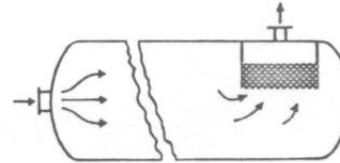
Disposiciones de Mallas



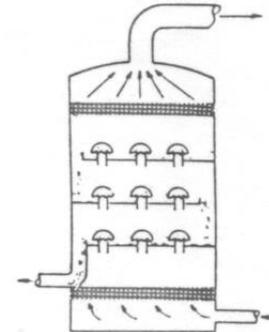
EVAPORATORS



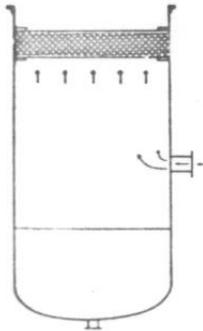
HORIZONTAL SEPARATORS



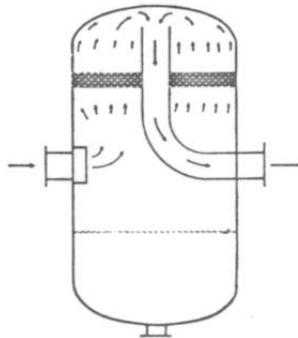
HORIZONTAL SEPARATORS



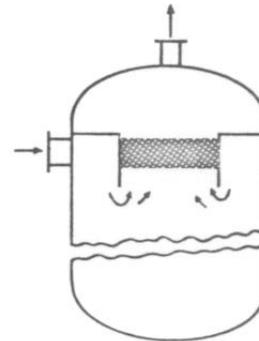
FRACTIONATING TOWERS



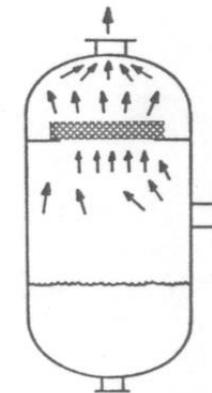
OPEN SEPARATORS



IN-LINE GAS SCRUBBERS



OIL-GAS SEPARATORS



OVER-SIZE VESSEL

Separadores Verticales

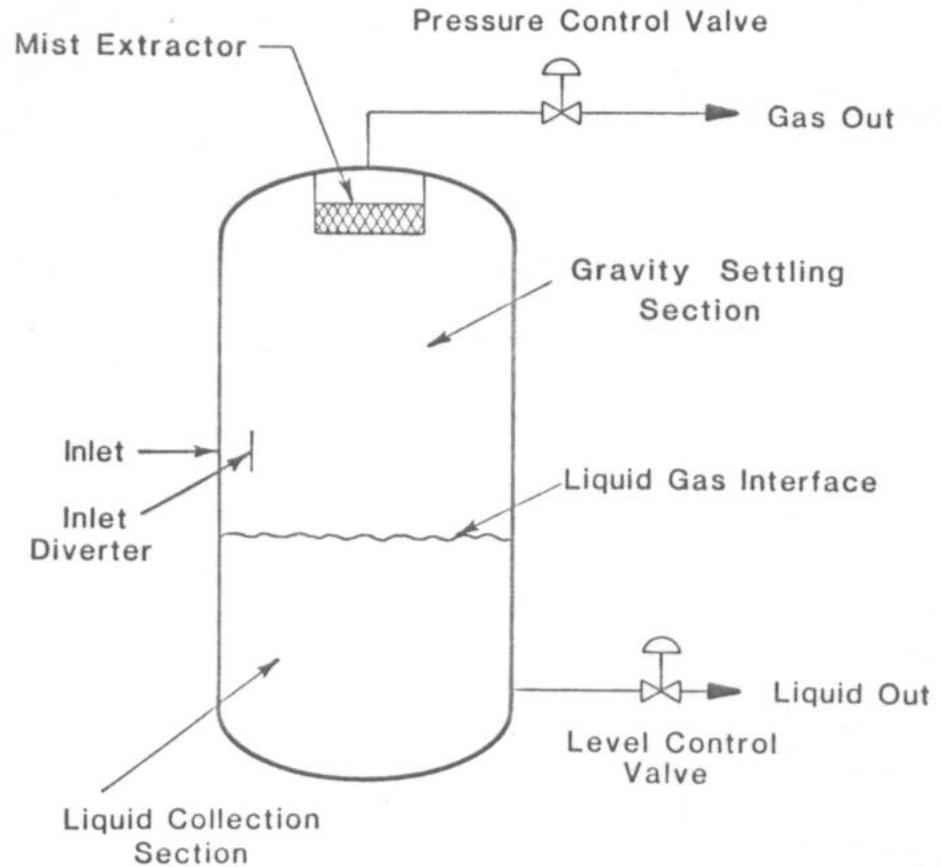
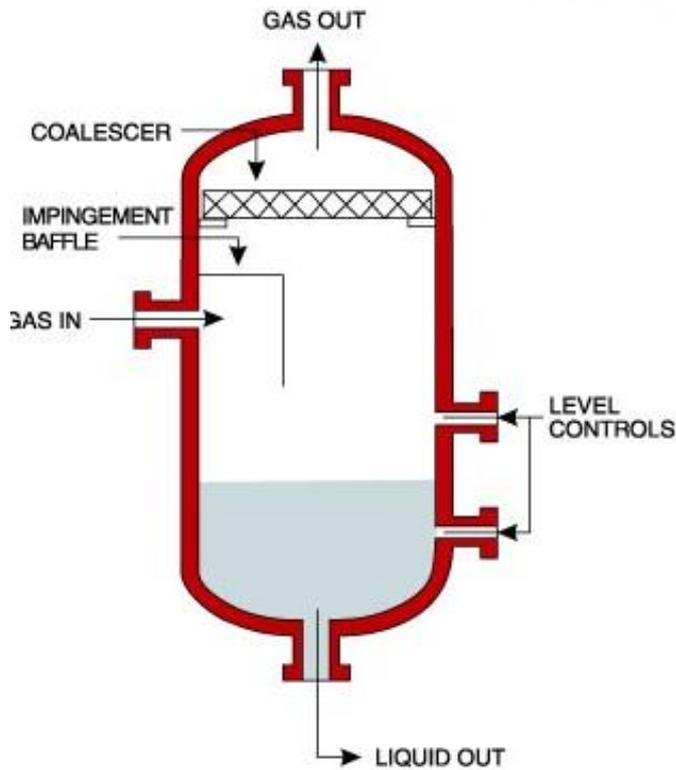
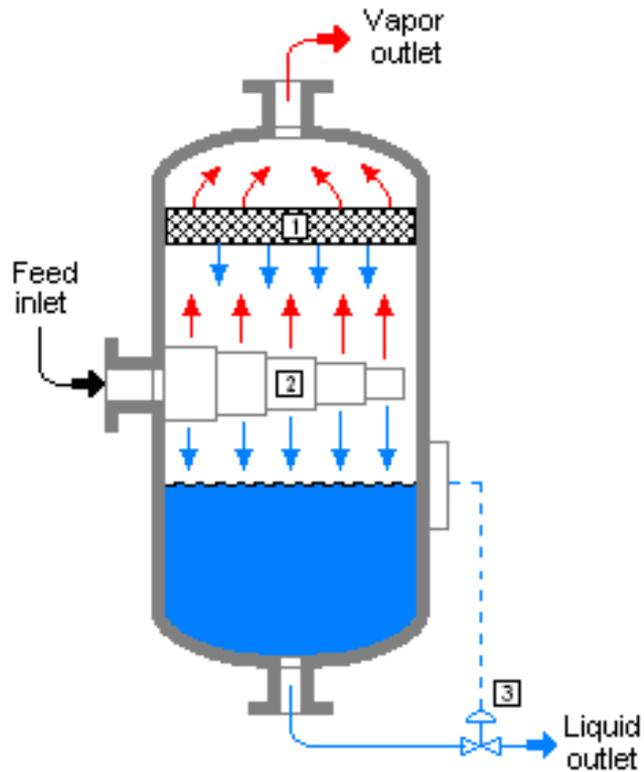
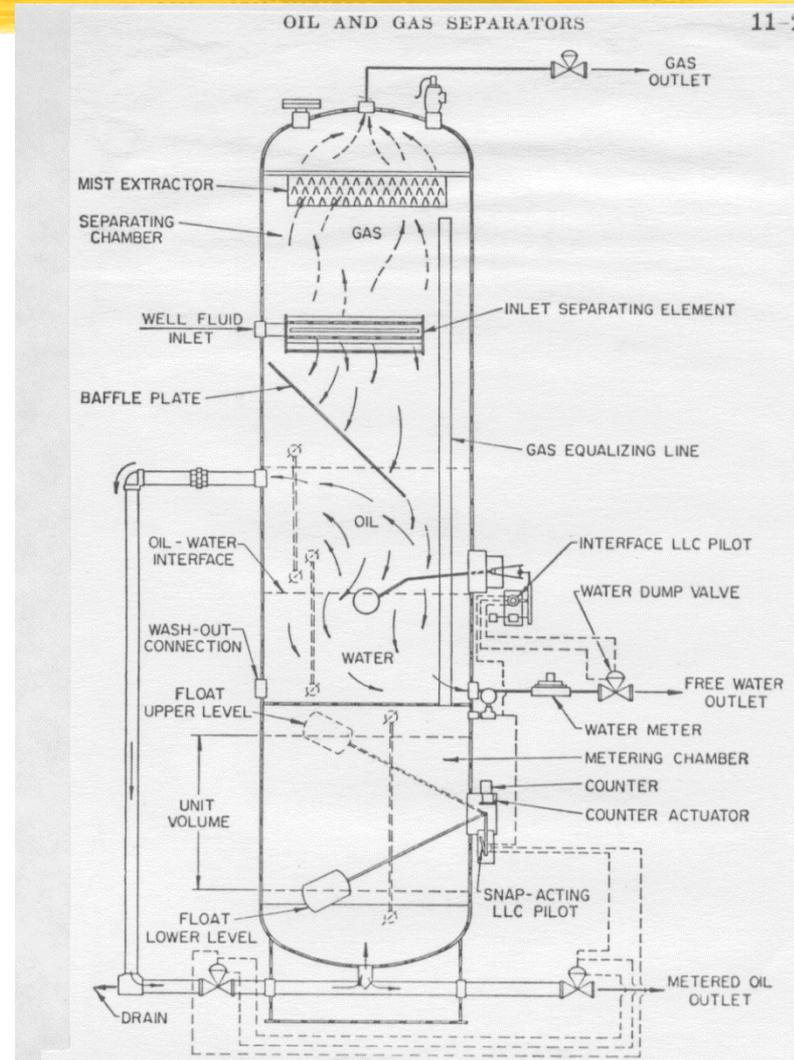


Figure 4-2. Vertical separator schematic.

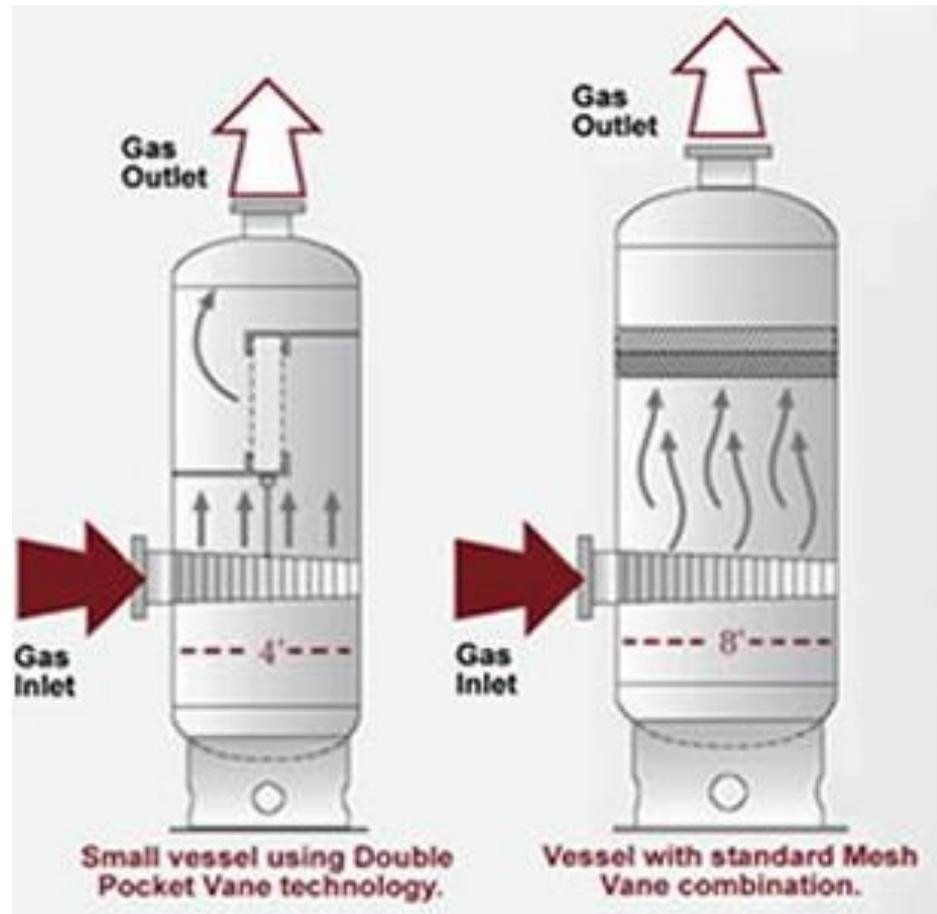
Separadores Verticales



- 1 De-entrainment mesh pad
- 2 Inlet diffuser (distributor)
- 3 Liquid level control valve



Separadores Verticales



Separadores Verticales

- ⌘ Dispositivo cilíndrico, colocado verticalmente para separar hidrocarburos líquidos y gas natural.
- ⌘ El fluido entra al separador y choca con el deflector interno causando la separación (inicial o primaria) del líquido y vapor. La fuerza de gravedad causa que el líquido se vaya hacia el fondo y el gas vaya hacia el domo del recipiente.
- ⌘ Se utiliza cuando en la producción de hidrocarburos líquidos hay mayor cantidad de gas que de aceite.
- ⌘ No es recomendable separar más de **2 fases.**

Separadores Verticales

Velocidad Máxima de Vapor/Gas Permitida

$$V_t = K \sqrt{\frac{\rho_L - \rho_V}{\rho_V}}$$

K = Velocidad de Diseño del vapor

ρ_L = Densidad del Líquido

ρ_V = Densidad del Vapor

Separadores Verticales

Valores Típicos de K en ft/sec

K (ft/sec)	
0,37	Máxima Velocidad
0,30	Con extractor de Nieblas
0,25	Sin extractor de nieblas cuando las cantidades de líquido no son importantes
0,20	Sin extractor de nieblas cuando el arrastre puede ser importante.
0,20	En operaciones al Vacío

Separadores Verticales

Valores Típicos de K deben ser menores para:

- ❖ *Líquidos de alta viscosidad.*
- ❖ *Líquidos acuosos con baja tensión superficial.*
- ❖ *Sistemas con grandes tendencias al ensuciamiento.*

Separadores Verticales



Tiempo de Residencia del Líquido:

El tiempo de residencia del Líquido, es una forma indirecta de especificar el volumen requerido del separador para manejar el caudal del líquido.

Separadores Verticales

Tiempo de Residencia del Líquido

Aplicación	Tiempo de Residencia (minutos)
Unidades de Tambores de Alimentación	20
Tanques de alimentación de Fraccionamiento	10
Acumuladores de Reflujo	3 - 6
Tanques de Compensación de aceites magros	10 - 15
Tanques de Compensación de refrigerantes	4 - 7
Separación Gas - Petróleo	1 - 2
Separación Gas – Petróleo a alta Presión	2 – 5

Separadores Verticales

Tiempo de Residencia del Líquido

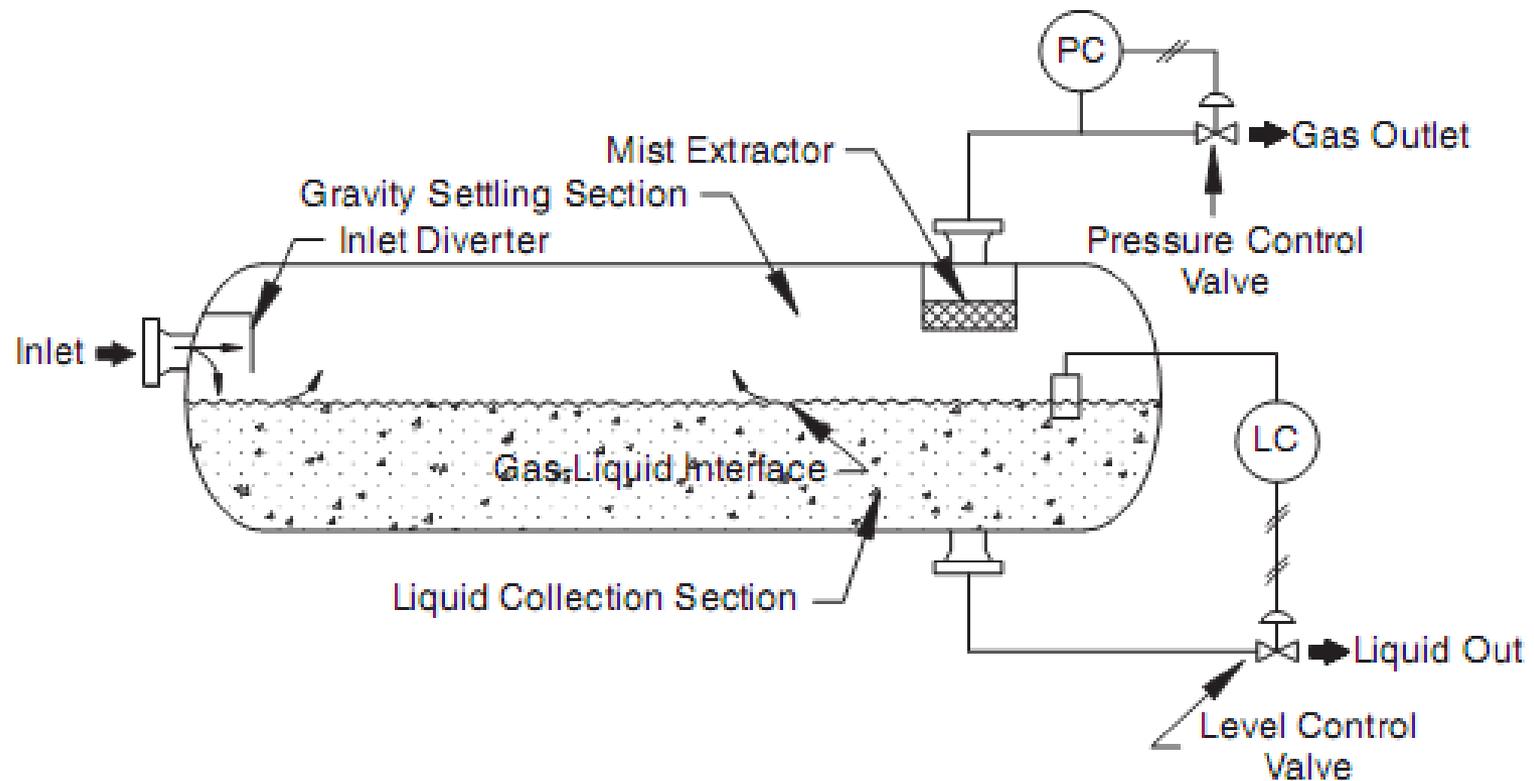
Aplicación	Tiempo de Residencia (minutos)
Separación Gas – Petróleo - Agua a Baja Presión a 100 °F	5 - 10
Separación Gas – Petróleo - Agua a Baja Presión a 90 °F	10 - 15
Separación Gas – Petróleo - Agua a Baja Presión a 80 °F	15 - 20

Separadores Verticales

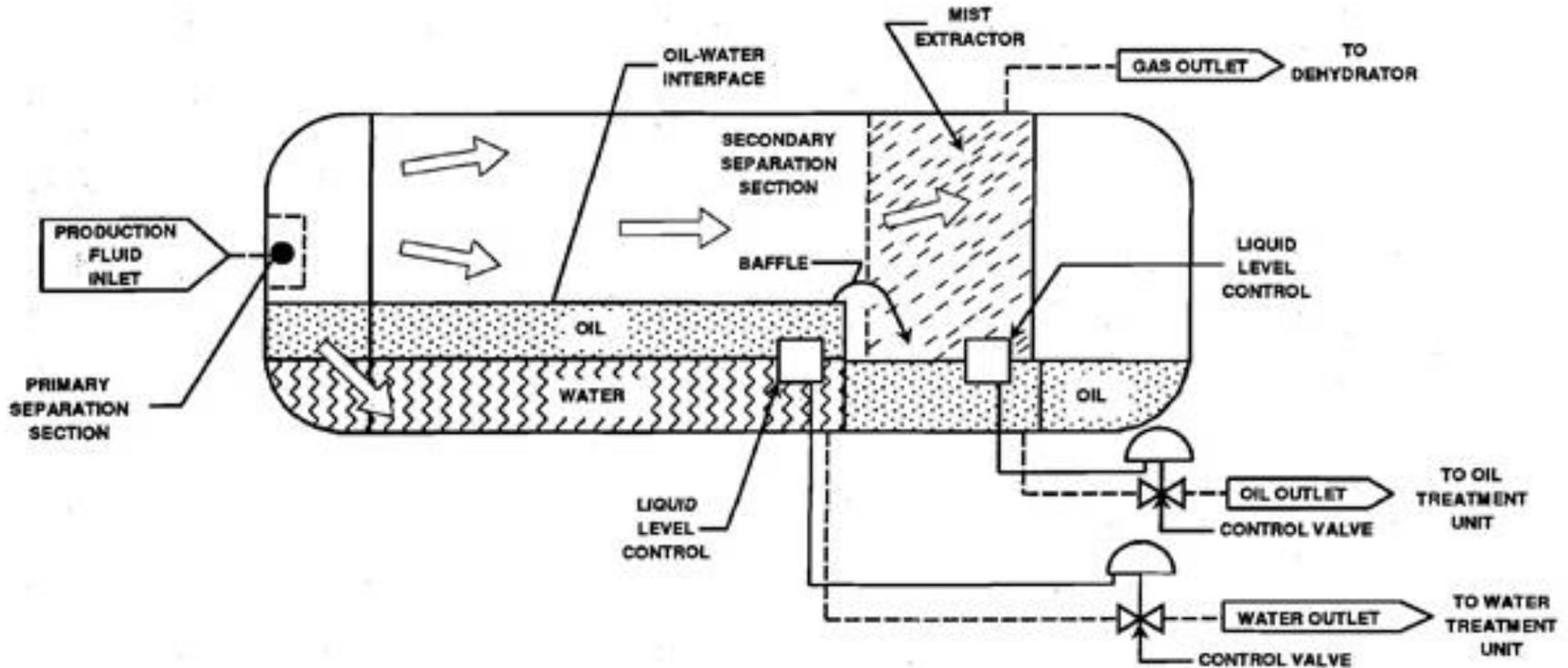
Tamaño:

- ✓ El diámetro del recipiente se establece por el área de donde queda vapor libre de líquido.
- ✓ La altura del sumidero o depósito de líquido se establece por el tiempo de residencia del líquido
- ✓ Haga que prevalezca el sentido común
- ✓ El volumen de los cabezales se desprecia en las consideraciones de tamaño.
- ✓ $3 < L/D < 8$

Separadores Horizontales



Separadores Horizontales



Separadores Horizontales

Tamaño:

- ✓ Una parte del área de la sección transversal se asigna a cada fase
- ✓ El tamaño del recipiente viene determinado por la velocidad del gas permitida o el tiempo de residencia del líquido
- ✓ La altura mínima del espacio de vapor no debe ser menor que el 20% del diámetro del recipiente o 12 pulgadas, la que sea mayor.

Separadores Horizontales

Tamaño - Nomenclatura:

QV = caudal volumétrico de gas

QL = caudal volumétrico de líquido

L = longitud del recipiente

D = diámetro del recipiente

v_t = velocidad de vapor permitida (vertical)

v_h = velocidad de vapor permitida (horizontal)

d = altura del espacio de vapor

f_h = altura fraccional ocupada por vapor, d/D

f_a = área fraccional disponible para el flujo de vapor

Separadores Horizontales

Tamaño - Nomenclatura: Seleccionando f_h ó f_a
La velocidad horizontal del gas es:

$$v_h = \frac{Q_v}{f_a \frac{\pi D^2}{4}}$$

El tiempo de residencia del gas es:

$$t_v = \left(f_a \frac{\pi D^2}{4} L \right) \frac{1}{Q_v}$$

Separadores Horizontales

Tamaño - Nomenclatura: Seleccionando f_h ó f_a
El tiempo mínimo de residencia del gas es:

$$t_{V,\min} = \frac{d}{V_{tt}} = \frac{f_h D}{V_t}$$

Para $t_v = t_{v,\min}$:

$$\frac{L}{V_h} = \frac{f_h D}{V_t}$$

Separadores Horizontales

Para $t_v = t_{v,min}$:

$$L \frac{f_a \frac{\pi D^4}{4}}{Q_V} = \frac{f_h D}{v_t}$$

$$D = \left[\frac{(f_h/f_a)(Q_V/v_t)}{(\pi/4)(L/D)} \right]^{1/2}$$

Tiempo de Residencia del Líquido:

$$t_L = \frac{\pi D^2}{4} (1 - f_a) L \frac{1}{Q_L} \quad D = \left[\frac{Q_L t_L}{(\pi/4)(1 - f_a)(L/D)} \right]$$

Separadores Horizontales

Tamaño: Para definir el tamaño del equipo se debe tener en cuenta las sig. Consideraciones:

1. Calcular la velocidad del gas permitida
2. Seleccionar fh (o fa) and L/D
3. Calcular
 - (i) D basado en el tiempo de residencia del vapor
 - (ii) D basado en el tiempo de residencia del líquido
4. Tamaño del recipiente basado en el control del tiempo de residencia, esto es el máximo D de 3.

Separadores Horizontales

Velocidades de Asentamiento para Separadores Líquido - Líquido:

Aplicación	Velocidad de Asentamiento (ft/h)
Agua - Gasolina	50 - 60
Agua - Nafta	40 -50
Agua - Kerosene	30 -40
Agua – Gas Oil	20 - 30
Agua – Aceite Lubricante	12 -20
Agua – Residuos Pesados	10

Selección de Separadores

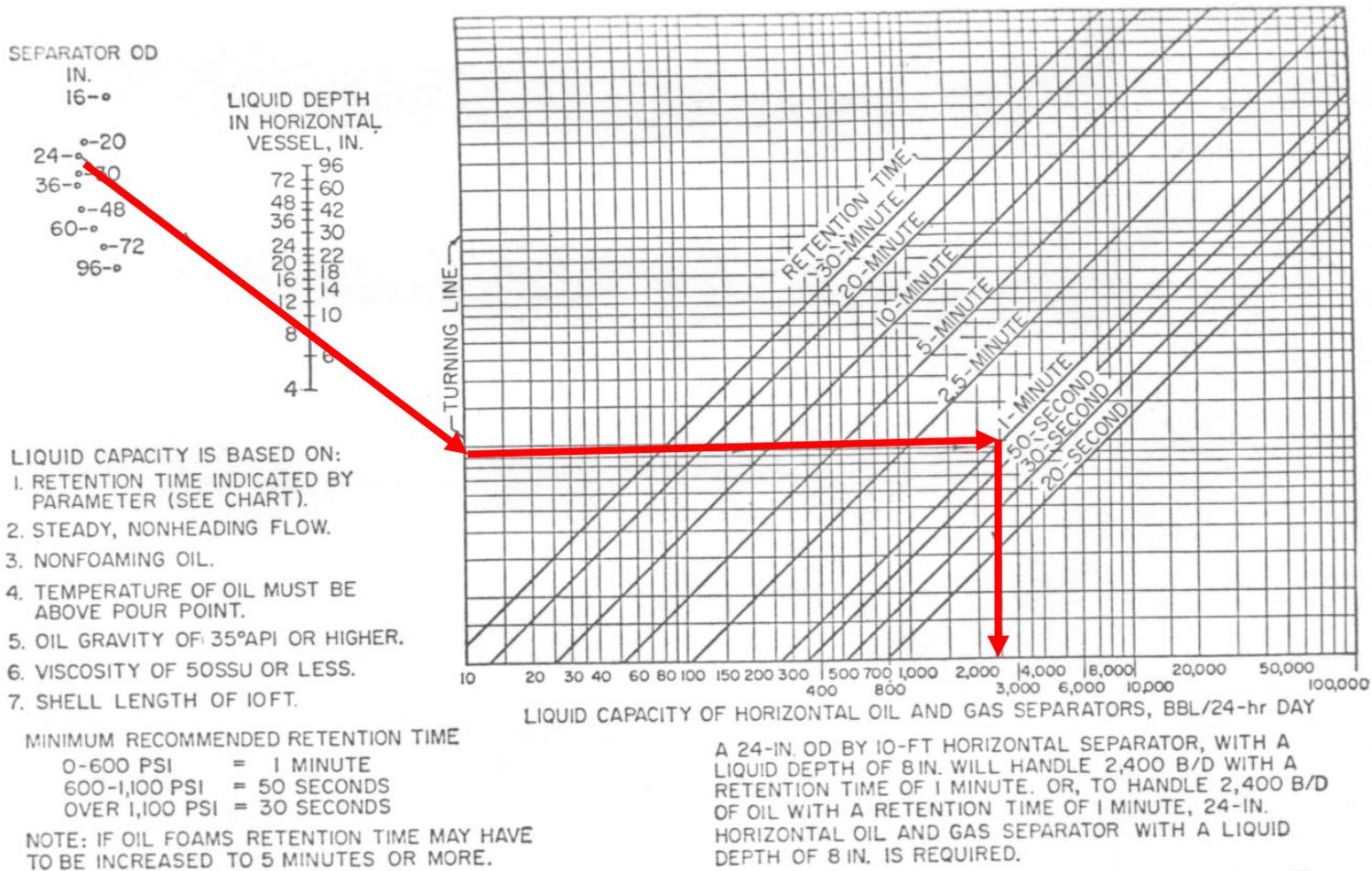


FIG. 11-29. Liquid capacity of horizontal oil and gas separators. (Courtesy of Oil Metering and Processing Equipment Corp., Houston, Texas.)

Comparación de Separadores

TABLE 12.5—COMPARISON OF ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF HORIZONTAL, VERTICAL, AND SPHERICAL OIL AND GAS SEPARATORS, TWO- AND THREE-PHASE

Considerations	Horizontal (Monotube)*	Vertical (Monotube)*	Spherical (One Compartment)*
Efficiency of separation	1	2	3
Stabilization of separated fluids	1	2	3
Adaptability to varying conditions	1	2	3
Flexibility of operation	2	1	3
Capacity (same diameter)	1	2	3
Cost per unit capacity	1	2	3
Ability to handle foreign material	3	1	2
Ability to handle foaming oil	1	2	3
Adaptability to portable use	1	3	2
Space required for installation			
Vertical plane	1	3	2
Horizontal plane	3	1	2
Ease of installation	2	3	1
Ease of inspection and maintenance	1	3	2

Comparación de Separadores

Consideraciones	H	V	E
Eficiencia de Separación	1	2	3
Estabilización de Fluídos Separados	1	2	3
Flexibilidad de Operación	2	1	3
Adaptabilidad a Cond. Vbles.	1	2	3
Capacidad (Igual Diámetro)	1	2	3
Costo por Unidad de Capacidad	1	2	3
Facilidad Instalación	2	3	1
Facilidad Mantenimiento	1	3	2
Capacidad c/Mat. extraños	3	1	2
Capacidad c/Petróleo espumoso	1	2	3
Adaptabilidad al Uso Portatil	1	3	2