



TEMA 11

QUIMICA INDUSTRIAL (I)

DPTO. DE INGENIERÍA QUÍMICA

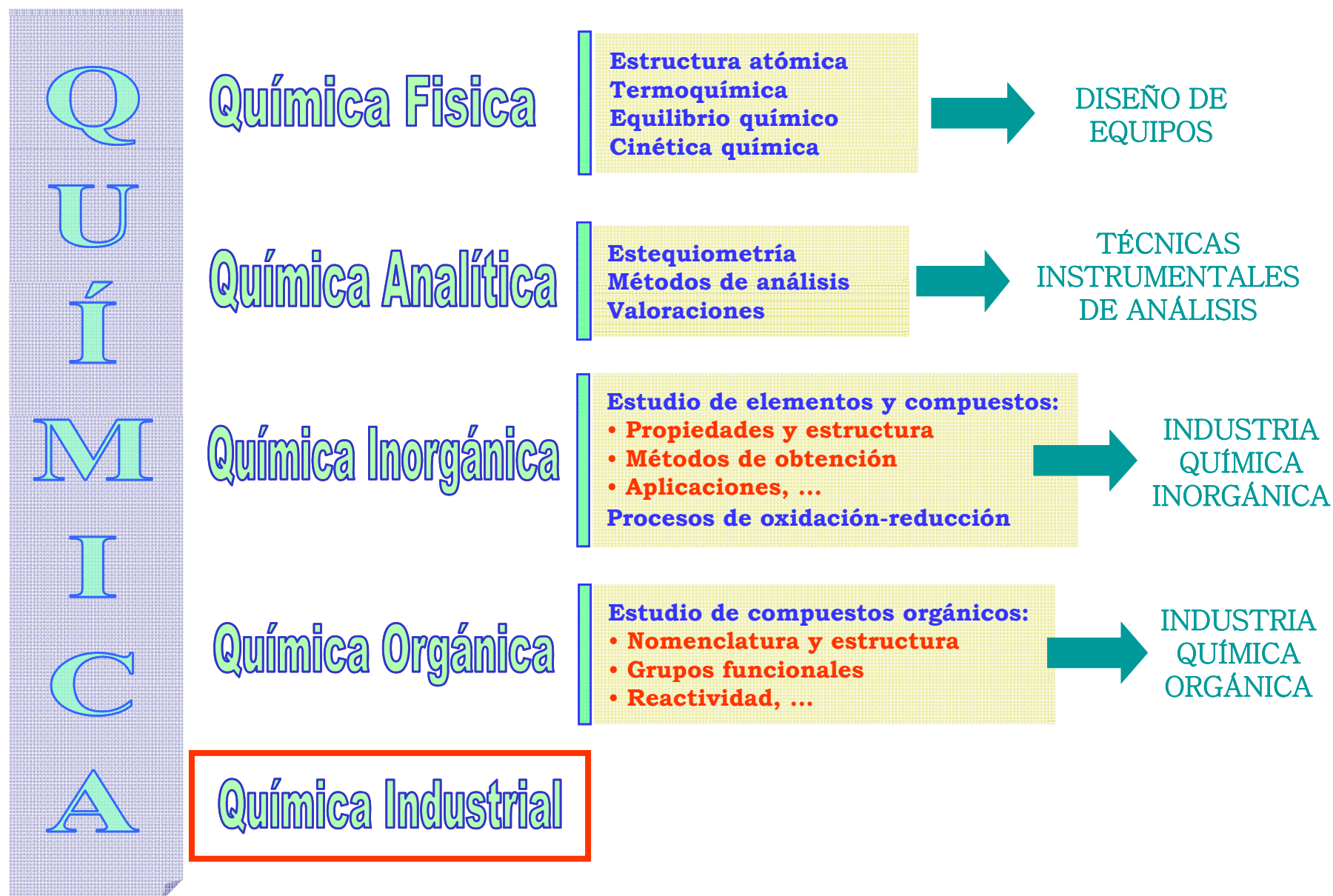
11.1

Introducción a la Química Industrial

Bibliografía

- CALLEJA, G. y col. *Introducción a la Ingeniería Química*. Editorial Síntesis.
- VIAN ORTUÑO, A. *Introducción a la Química Industrial*. Ed. Reverté
- COSTA, J. y col. *Curso de Ingeniería Química*. Ed. Reverté
- Costa Novella, E. *Ingeniería Química*. Ed. Alambra






Química Industrial

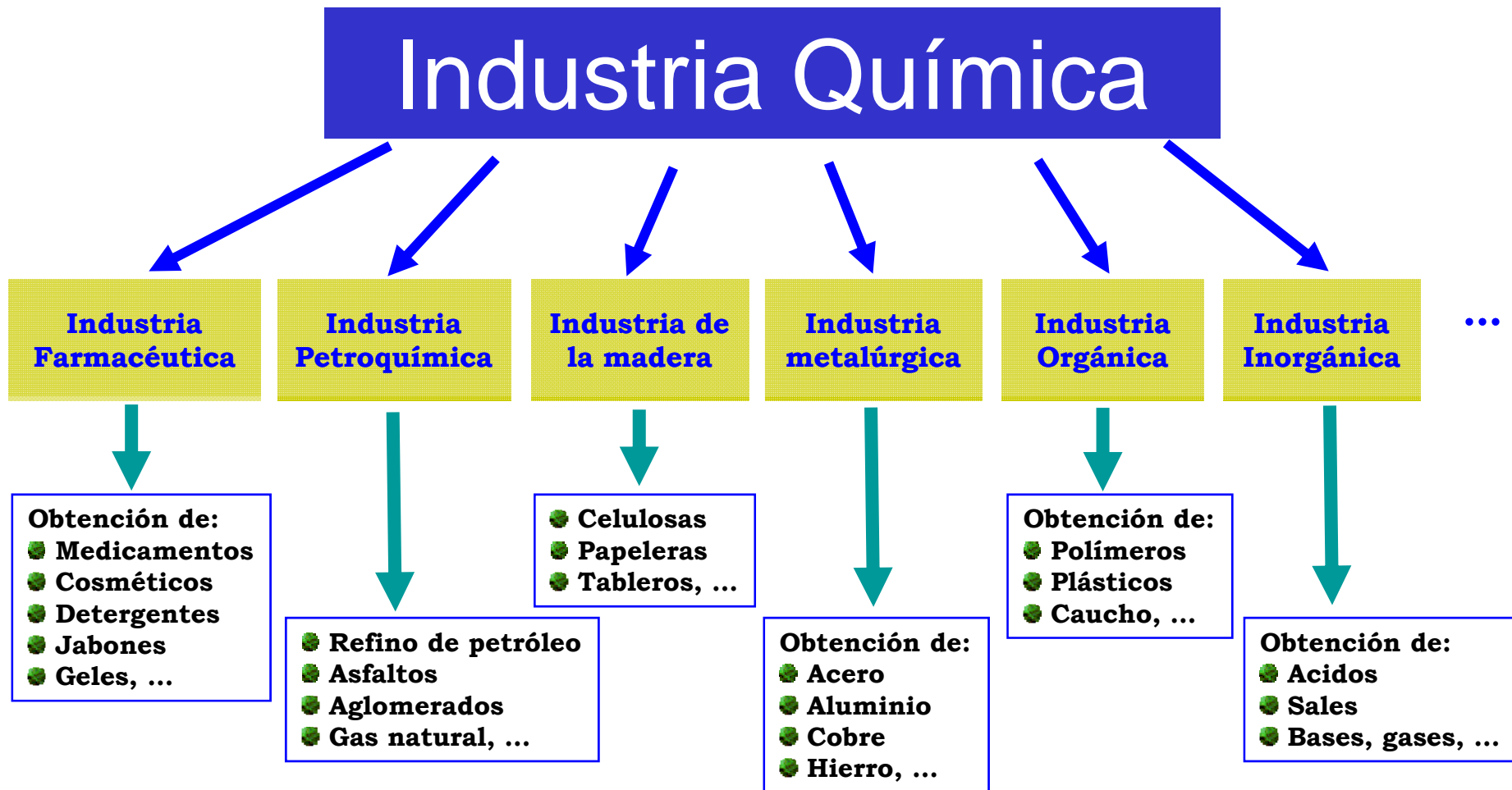
Parte de la Química que estudia los métodos y técnicas aplicadas en la INDUSTRIA QUÍMICA con la finalidad de transformar las materias primas en los productos finales deseados.

- **Estudio de los fundamentos o bases de cada método**
- **Estudio y conocimiento de los diferentes equipos a emplear**

Industria Química

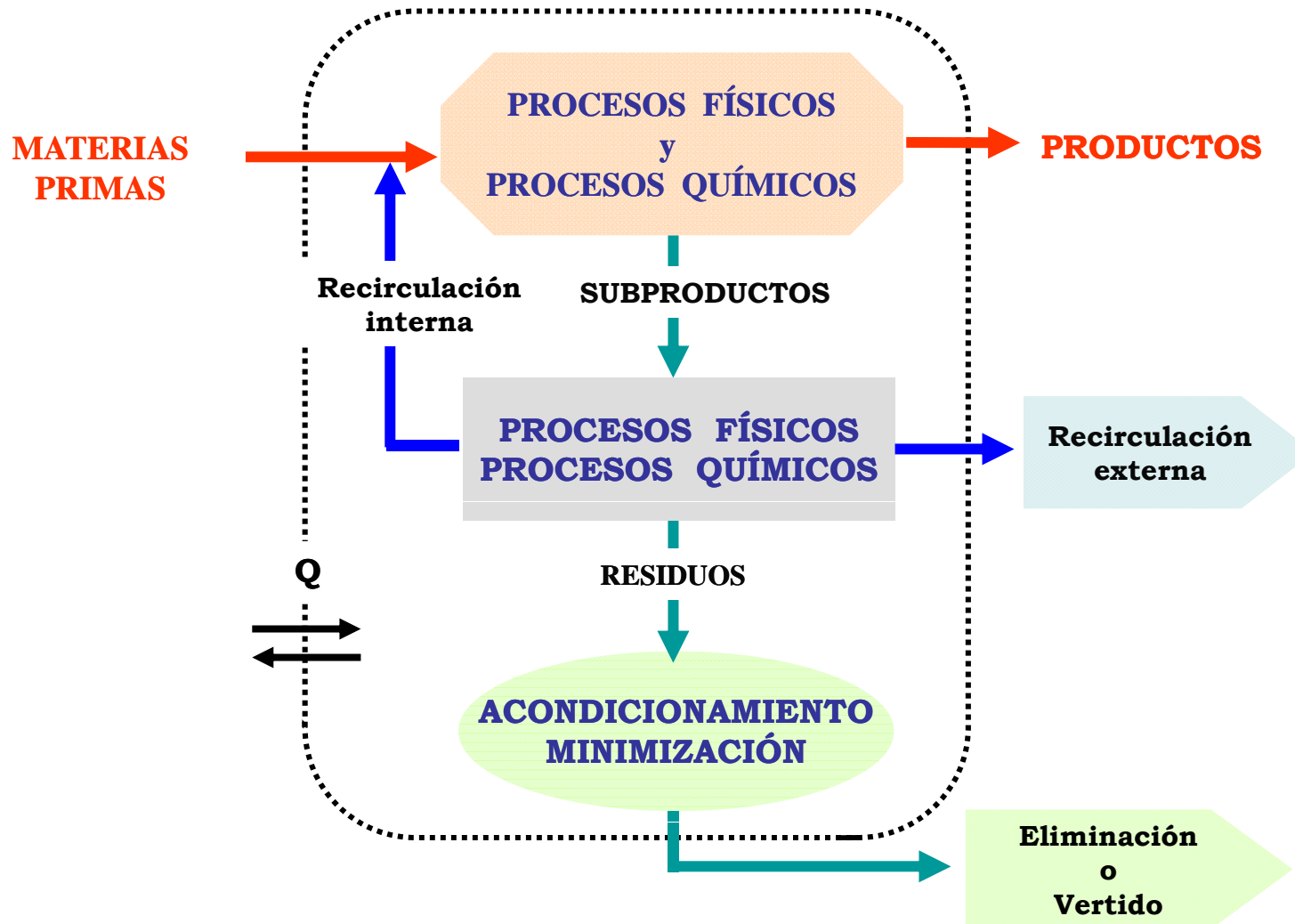
Industria cuyo objetivo es transformar las MATERIAS PRIMAS mediante una serie de procesos químicos y físicos, hasta conseguir los PRODUCTOS útiles demandados por el mercado





MÁS DE 4000 PROCESOS INDUSTRIALES DIFERENTES

Proceso Químico-Industrial



11.2

Materias primas

Materias primas

Naturales :

- Agua, Aire, Minerales o rocas,...
- Petróleo, gas natural
- Madera, productos agrícolas....

Manufacturadas:

- Ácidos, Bases, ...

Condiciones a cumplir :

- 1.- **Ser accesible:** Debe encontrarse en la superficie terrestre o menos de 2000 m de profundidad
- 2.- **Ser abundante:** Debe encontrarse concentrada en ciertas zonas que la contengan en gran cantidad y con un elevado grado de riqueza
- 3.- **Ser duradera:** Las existencias de una materia prima deben garantizar su uso durante mucho tiempo

CLASIFICACIÓN: Según la durabilidad de la fuente de materia prima

- **INAGOTABLES:** Materias que por la enorme cuantía de sus existencias se considera no se agotarán nunca

AGUA, AIRE, SALES MINERALES

- **AGOTABLES NO RENOVABLES:** Materias primas cuyas existencias son limitadas y van disminuyendo con el tiempo, hasta que desaparecen

PETRÓLEO, CARBÓN, MINERALES, ROCAS, FOSFATOS, ...

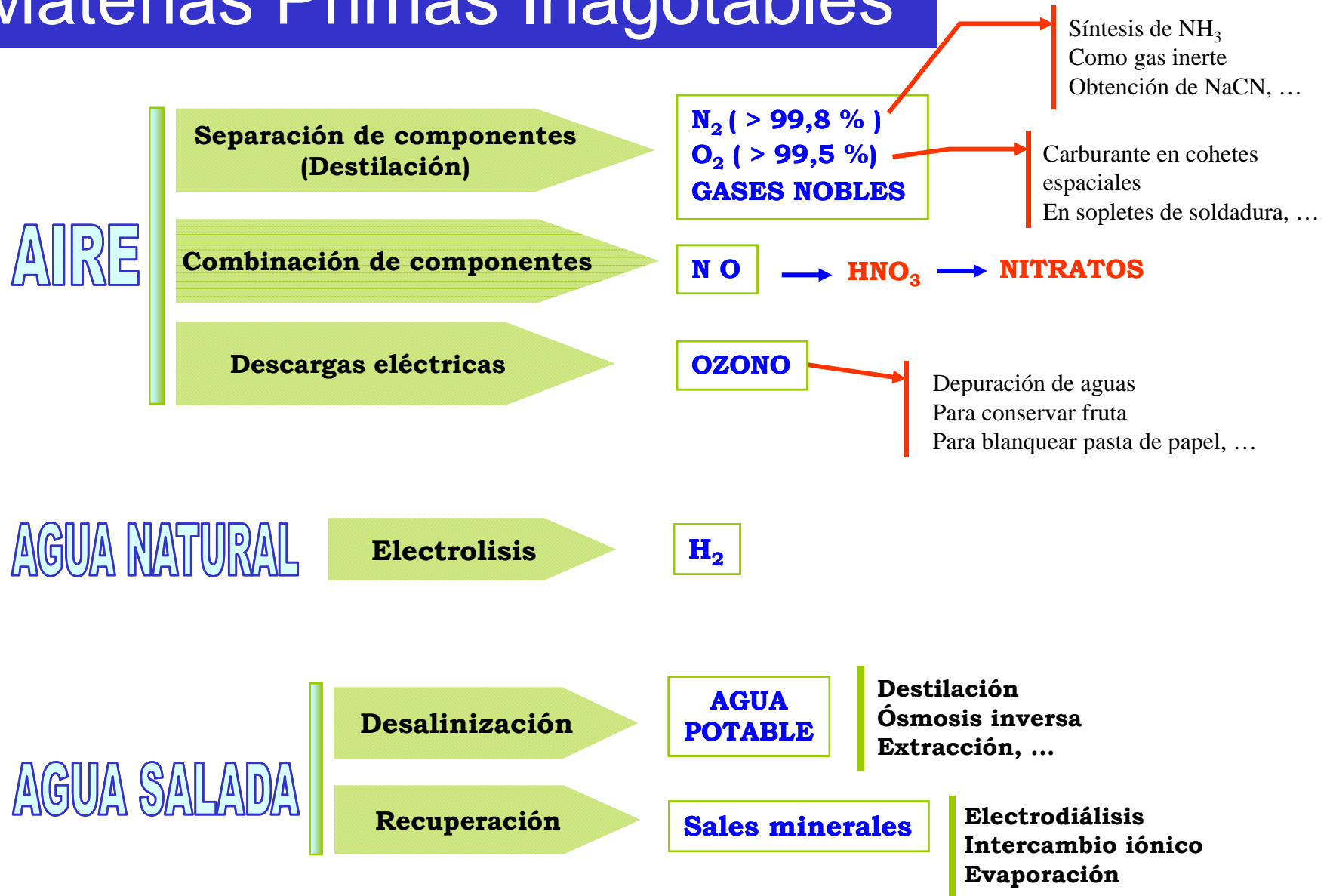
- **RENOVABLES:** Materias primas que se generan por sí mismas

MADERA, PRODUCTOS AGRÍCOLAS, PESQUEROS O GANADEROS, ...

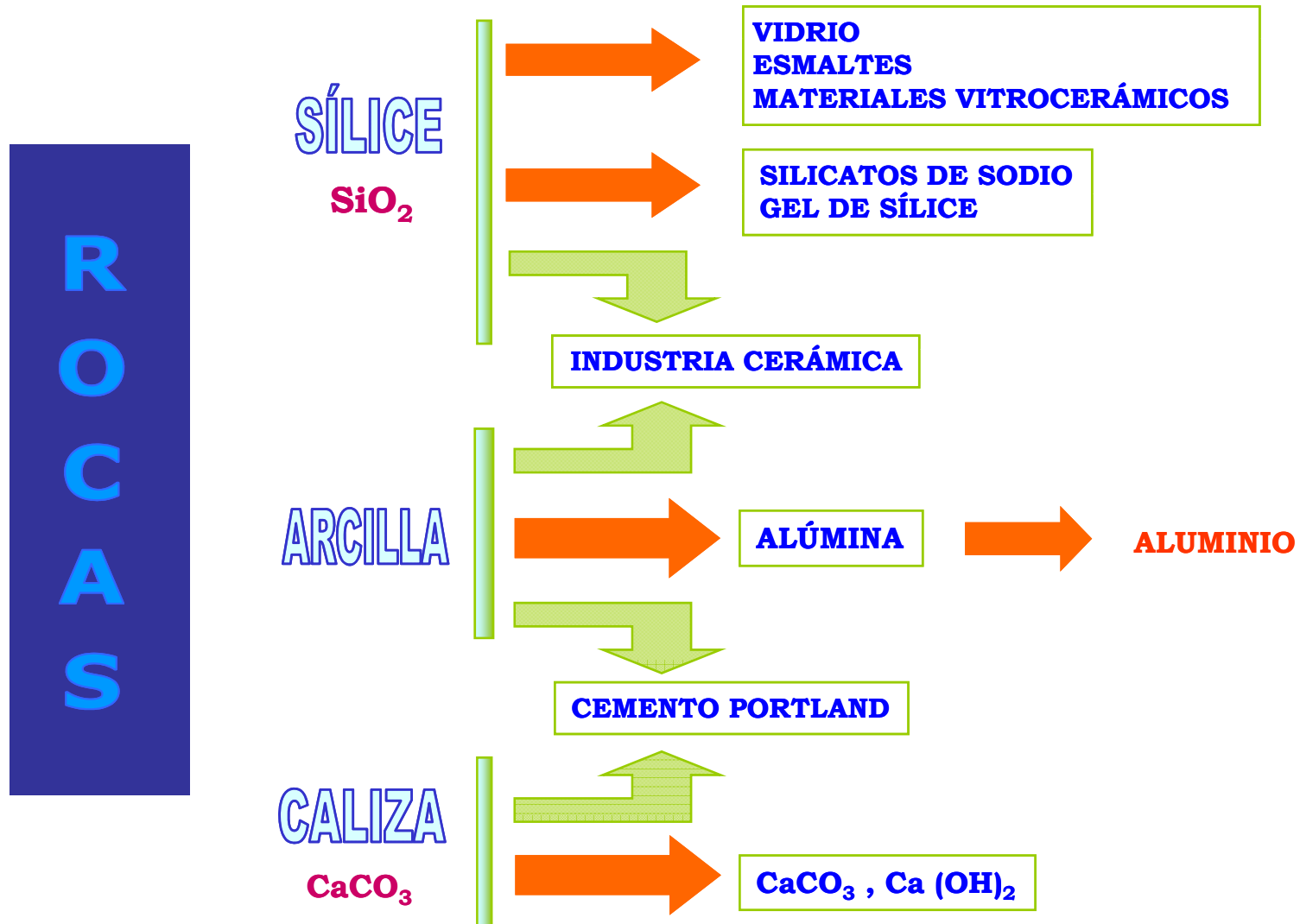
Principales Materias Primas Naturales

TIPO	MATERIA PRIMA	APLICACIONES
INAGOTABLES	Aire	Obtención de gases nobles, N ₂ y O ₂ . Síntesis del NO
	Agua natural	Obtención de H ₂ y de energía
	Agua de mar	Obtención de sales minerales y de agua potable
	Sales minerales	Obtención de Cl ₂ y de NaOH
NO RENOVABLES	Sílice y arcillas	Industria del vidrio Industria del cemento Obtención de alúmina, silicato de sodio, ...
	Caliza (CaCO ₃)	Industria del cemento
	Yeso (CaSO ₄ ·2 H ₂ O)	Industria de la construcción
	Sulfuros metálicos	Obtención de metales, de azufre (pirita), ..
	Fosfatos	Obtención de fosfatos y de fertilizantes químicos
	Petróleo y Gas natural	Industria petroquímica
	Carbón	Industria carboquímica
RENOVABLES	Materias primas de origen animal	Industria alimentaria. Industria textil, Fabricación de piensos
	Materias primas de origen vegetal	Industria de la madera.
	Residuos de origen vegetal	Obtención de barnices, pinturas, ...

Materias Primas Inagotables



Materias Primas Agotables



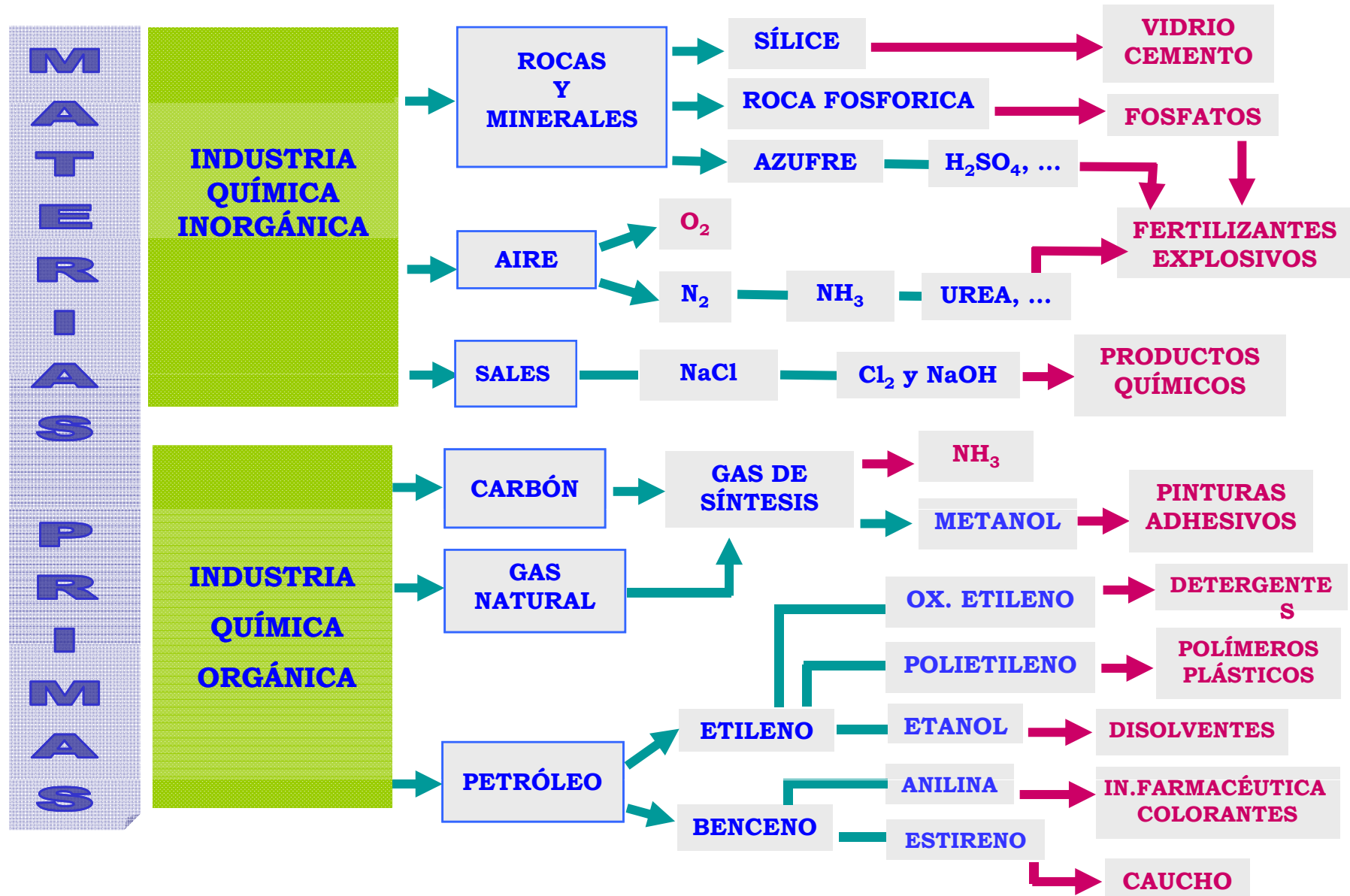
Materias Primas Agotables

MINERALES

- ➔ **CARBONATOS:** Bario (BaCO_3), Calcio (CaCO_3), Magnesio (MgCO_3), Plomo (PbCO_3)
Zinc (ZnCO_3), Magnesio y calcio ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$)
- ➔ **HALOGENUROS:** Cloruros (de sodio y potasio) y Fluoruros (de calcio y sodio-aluminio)
- ➔ **ÓXIDOS:** Aluminio (**Bauxita** y Corindón), Hierro (Magnetita y Hematita), Cobre (CuO_2)
Manganeso (MnO_2), Estaño (SnO_2), Titanio (TiO_2), Zinc (ZnO)
- ➔ **FOSFATOS:** Calcio (**Roca fosfórica**)
- ➔ **SILICATOS:** Magnesio (Talco), Sodio y Aluminio (albita), Zirconio (Zircón)
Berilio y aluminio (Berilo)
- ➔ **SULFUROS:** Plata (Ag_2S), Cobre (Cu_2S), Mercurio (HgS), **Hierro (FeS_2)**, Plomo (PbS)
Zinc (ZnS)
- ➔ **SULFATOS:** Bario (BaSO_4), calcio (CaSO_4), plomo (PbSO_4), estroncio (SrSO_4)
Magnesio ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$),

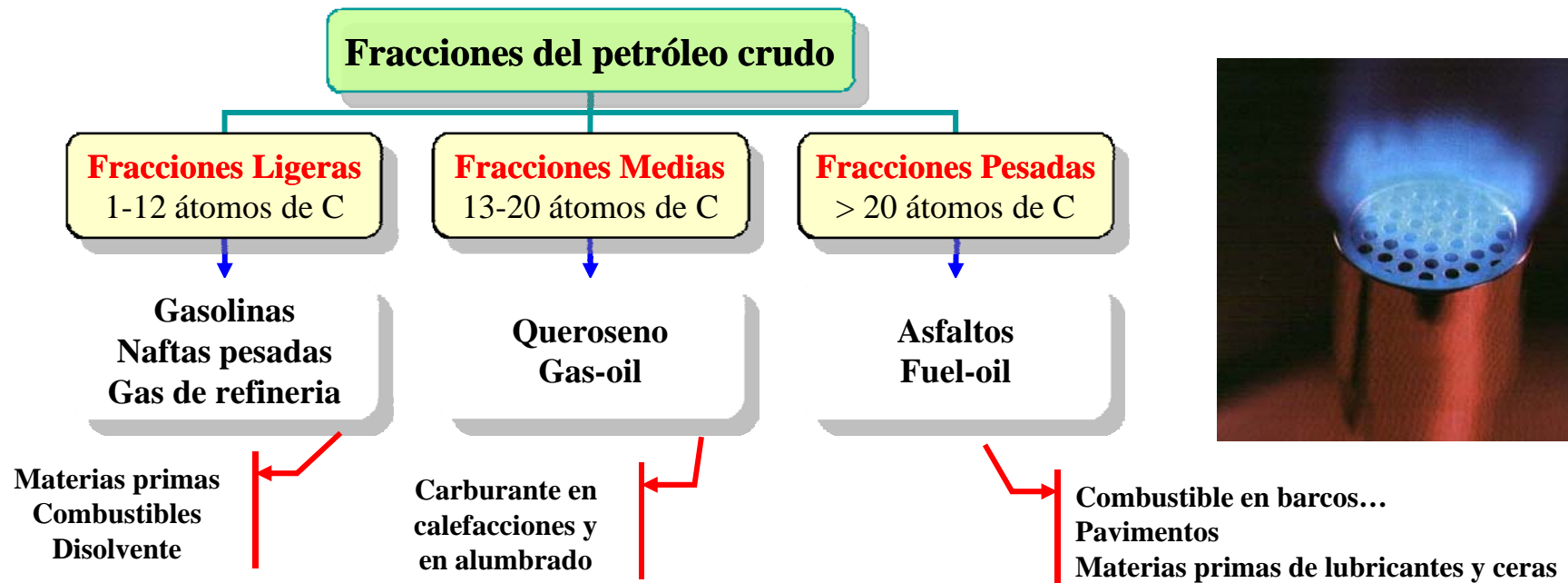


METALURGIA



Petróleo

Es una mezcla de cientos de hidrocarburos saturados e insaturados que contiene un 85 % de Carbono, un 12 % de Hidrógeno y un 3 % de otros elementos (azufre, oxígeno, ...)



Gas Natural

Es una mezcla de hidrocarburos gaseosos (Metano, etano, propano y butano) que se emplea en la obtención de “**gas de síntesis**”

CARBÓN

Rocas de origen orgánico resultantes de la descomposición lenta de grandes cantidades de materia vegetal y que fueron sepultadas y sometidas a elevadas presiones y temperaturas

TIPOS DE CARBÓN

- **TURBA:** Carbón de escaso interés industrial
- **LIGNITO:** Carbón de color pardo que contiene un elevado % de volátiles y que, en agua, da reacciones ácidas
- **HULLA:** Carbón de color negro y brillante que se emplea para obtener “coque”
- **ANTRACITA:** Carbón de color negro, con pocos volátiles y alto contenido en carbono

PRINCIPALES APLICACIONES:

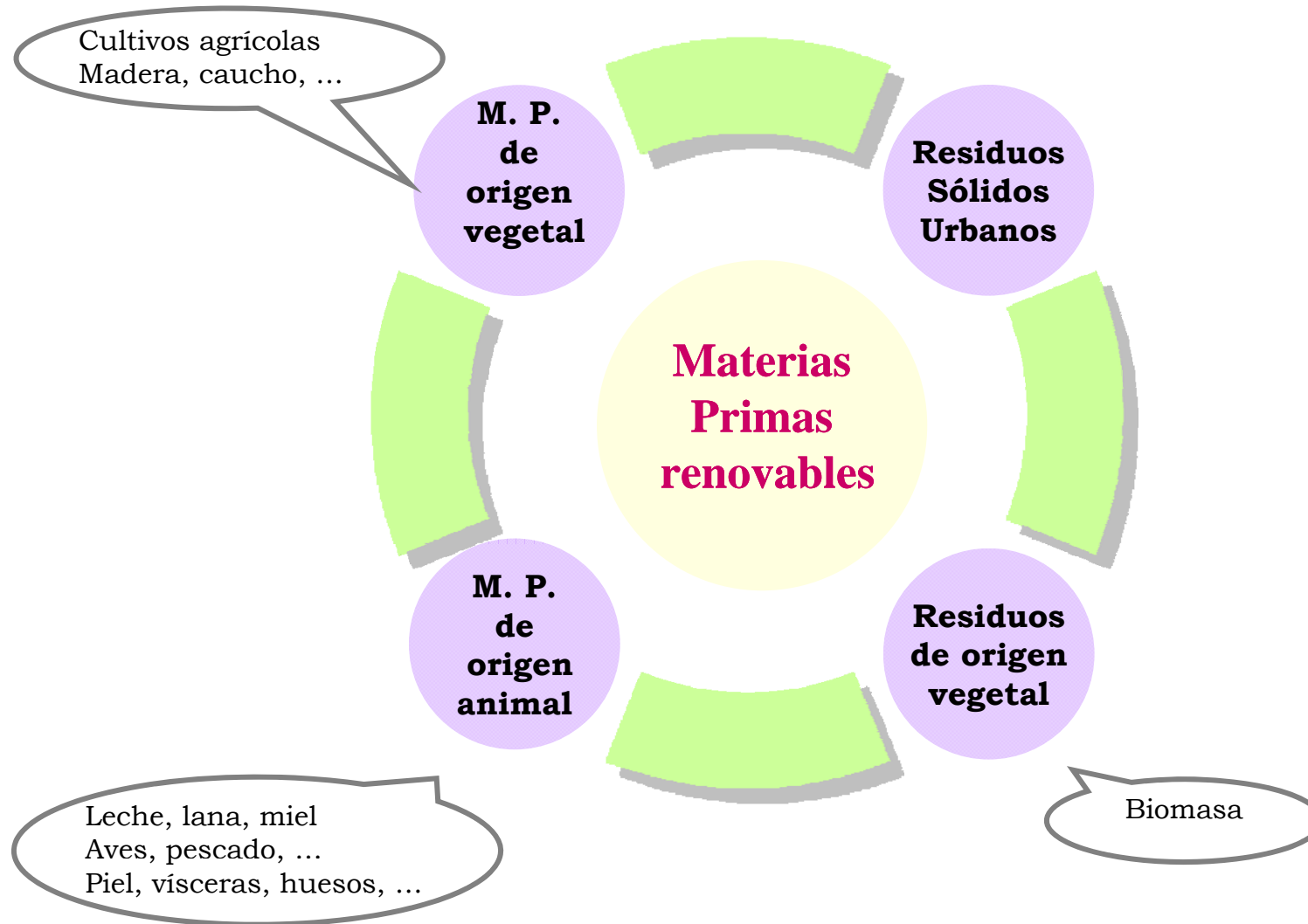
• **Obtención de monóxido de carbono:** $2 \text{C (s)} + \text{O}_2 \text{ (g)} \rightarrow 2 \text{CO (g)}$

• **Obtención del “gas de síntesis” (CO + H₂):** Este gas se utiliza como materia prima en la síntesis del amoníaco, de la urea, del metanol, ...

$$2 \text{C (s)} + \text{H}_2\text{O (g)} \rightarrow 2 \text{CO (g)} + \text{H}_2 \text{ (g)}$$

• **Obtención de “gas pobre”:** Mezcla formada por CO (33%), N₂ (64%), CO₂ (1%) y H₂ (2%)

$$2 \text{C (s)} + \text{aire} \rightarrow \text{Gas pobre}$$



PRODUCTOS

- **PRODUCTOS QUÍMICOS INORGÁNICOS:** Ácidos, Bases, Sales,
- **PRODUCTOS QUÍMICOS ORGÁNICOS:** Anilinas, Benceno, Etileno, Propano,
- **METALES:** Aluminio, Hierro, Cobre, Plomo,
- **FERTILIZANTES**
- **PRODUCTOS DERIVADOS DE LA MADERA:** Pasta de papel, adhesivos,
- **FÁRMACOS U OTROS PRODUCTOS DE LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA**
- **COMBUSTIBLES:** Gasolinas, Gasóleos, ...
- **DISOLVENTES ORGÁNICOS**
- **PRODUCTOS ALIMENTICIOS:** Alimentos precocinados, conservas, lácteos,
- **CEMENTO, CAL, YESOS, VÍDRIOS, CERÁMICAS, ...**
- **CAUCHOS SINTÉTICOS, POLÍMEROS, PLÁSTICOS, FIBRAS SINTÉTICAS,...**
- **PINTURAS, BARNICES, ESMALTES, COLORANTES, ...**

11.3

Fuentes de Energía

FUENTES DE ENERGÍA



Fuentes de energía primaria

Energías no renovables: Combustibles fósiles

Energía nuclear

Energía geotérmica

Energías renovables: Energía eólica
Energía hidráulica
Energía mareomotriz
Energía solar
Biomasa

FUENTES DE ENERGÍA

Combustibles Fósiles

(Carbón, petróleo y gas natural)



- **Tienen un elevado poder calorífico**
- **Por combustión liberan gran cantidad de energía**

Provocar reacciones químicas

Generar vapor de agua

Generar energía eléctrica, ..

- **Generan gran cantidad de residuos sólidos (sólo el carbón)**
- **Son altamente contaminantes: Generan CO₂, CO, SO₂, NO_x, ...**

FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLES

ENERGÍAS ALTERNATIVAS

- Son fuentes de energía limpia
- La mayoría derivan directa o indirectamente de la energía procedente del sol



ENERGÍA EÓLICA

ENERGÍA SOLAR

ENERGÍA DEL MAR

BIOMASA

APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS

PILAS DE COMBUSTIBLES, ...

Procede mayoritariamente de:

ENERGÍA ELÉCTRICA

Centrales hidroeléctricas
Centrales Térmicas (combustión de carbón)

11.4

**Influencia de Industria Química
en el medio ambiente**

Introducción

El progresivo desarrollo tecnológico e industrial de nuestra sociedad moderna ha contribuido notablemente al bienestar económico y social, en los últimos 50 años. Sin embargo, como consecuencia de este **fuerte desarrollo industrial**, se ha ido produciendo un deterioro progresivo de la calidad ambiental, lo que ha motivado una creciente toma de conciencia del problema y una preocupación por su resolución.

Problemas ambientales más relevantes:

- El efecto invernadero
- La lluvia ácida
- El deterioro de la capa de ozono
- La contaminación atmosférica
- La contaminación de las aguas
- La Contaminación los suelos



Contaminación Atmosférica



Principales contaminantes gaseosos de la atmósfera

Sustancia	Fórmula	Efectos que producen
Dióxido de nitrógeno	NO ₂	Tóxico, contribuye a la lluvia ácida.
Óxido nítrico	NO	Se produce en oxidaciones y combustiones a altas temperaturas; se oxida en el aire a NO ₂ .
óxido nitroso	N ₂ O	Relativamente inerte; no es un producto de combustión.
Dióxido de azufre	SO ₂	Daños al sistema respiratorio, plantas, edificios, etc. Se oxida a SO ₃ .
Trióxido de azufre	SO ₃	Muy corrosivo, produce la lluvia ácida.
Monóxido de carbono	CO	Tóxico a elevadas concentraciones; se produce en combustiones incompletas.
Hidrocarburos	C _x H _y	Procedentes de refinerías de petróleo, vertidos, gases de combustión de automóviles, etc.
Sulfuro de hidrógeno	H ₂ S	Extremadamente tóxico.
Ozono	O ₃	Tóxico. Muy reactivo y produce daños a la vegetación. Se forma en la atmósfera baja por los óxidos de nitrógeno de los gases de combustión.
Halocarbonos	(CFC)	Destruyen la capa de ozono. Muy estables, de baja toxicidad.
Fluoruro de hidrógeno	HF	Muy reactivo, tóxico. Se produce en las industrias del aluminio.

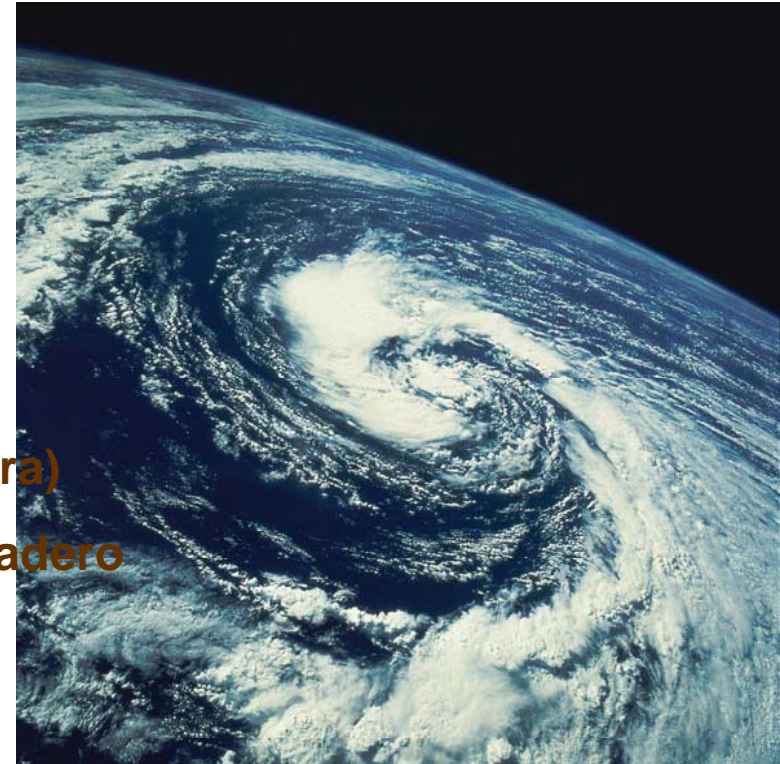
Contaminación Atmosférica

Además de los efectos directos sobre el **hombre** y los seres vivos en general, los contaminantes atmosféricos dispersados y extendidos pueden producir efectos muy negativos sobre el medio ambiente, Como:

- ❑ **La lluvia ácida**
- ❑ **La destrucción del ozono (de la estratosfera)**
- ❑ **El aumento de los gases del efecto invernadero**



**CAMBIO
CLIMATICO**



Depuración de Efluentes Gaseosos

Las tecnologías para el tratamiento de gases son muy variadas.

Se pueden distinguir dos grupos:

- ❑ *Transformación de los contaminantes en una forma química más inocua* como paso previo a su recuperación o reciclado.

Ej: conversión de mercaptanos en azufre elemental

La oxidación de monóxido de carbono a CO₂

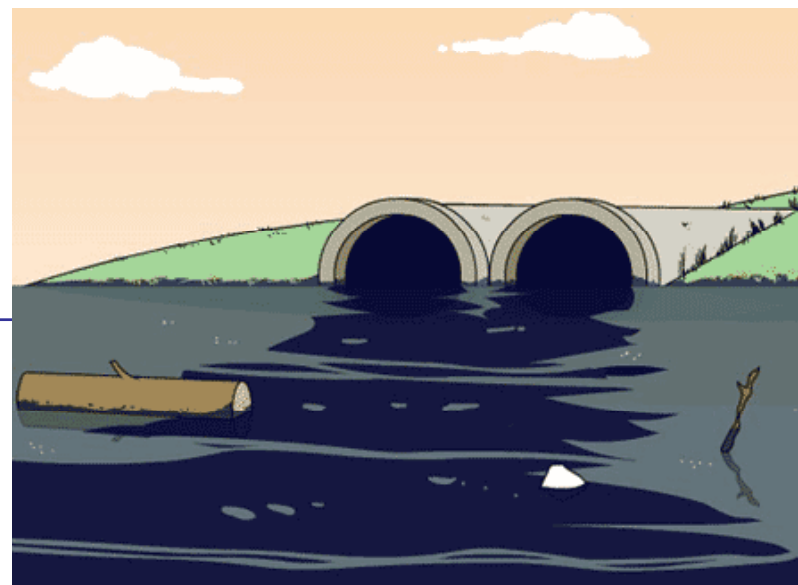
La combustión de hidrocarburos gaseosos para convertirlos en CO₂ y agua.

- ❑ *Separación de los contaminantes de la corriente de gases*

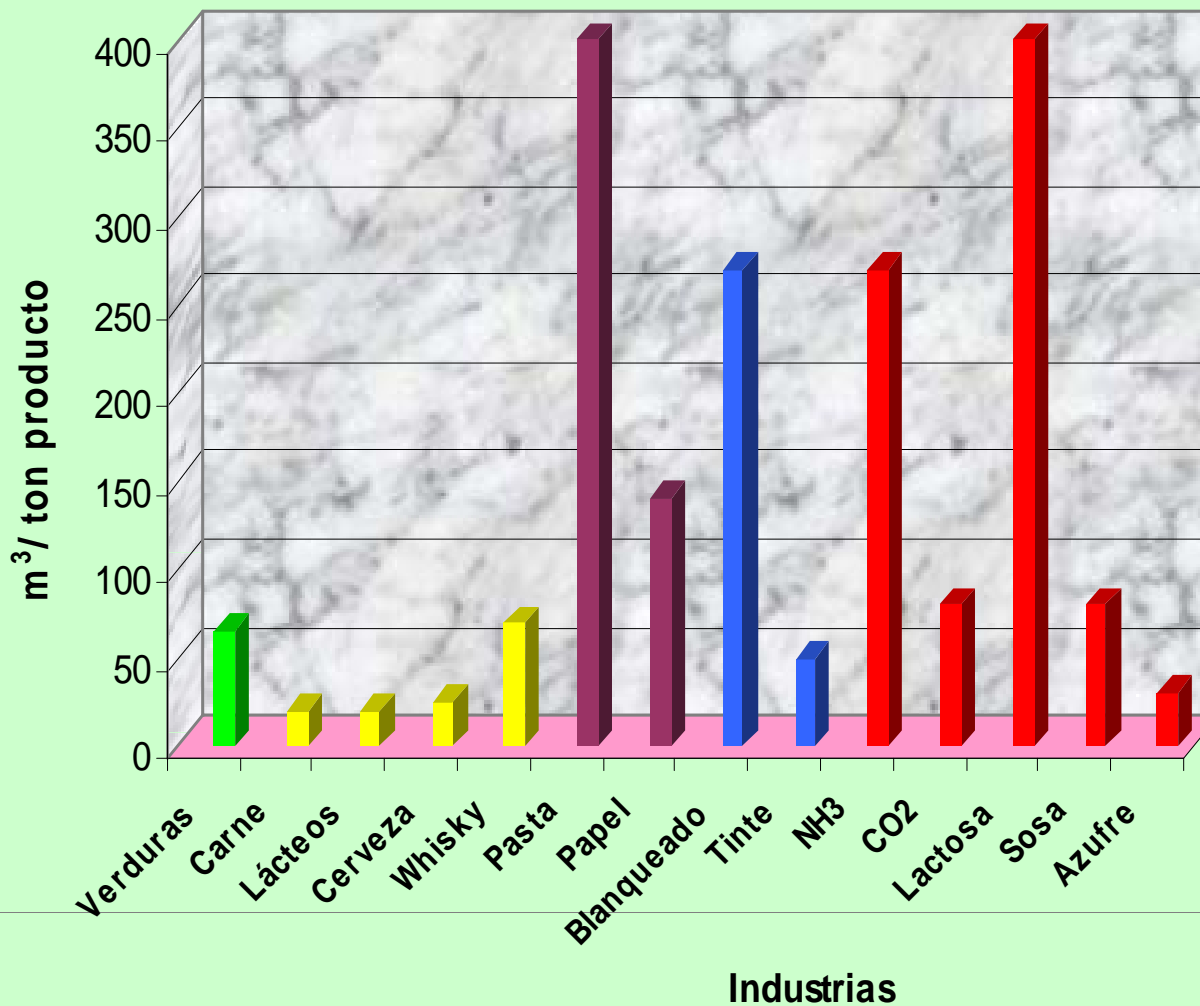
Contaminación de Agua

Uso del Agua en la Industria

- **SANITARIO (Higiene)**
- **TRANSMISIÓN DE CALOR (o Refrigeración)**
- **PRODUCCIÓN DE VAPOR (medio de calentamiento)**
- **MATERIA PRIMA(formando parte del producto final)**
- **UTILIZACIÓN COMO DISOLVENTE**
- **LIMPIEZA DE INSTALACIONES**
- **OBTENCIÓN DE ENERGÍA**



Uso del Agua en la Industria



Ejemplos de Consumo de agua en la industria

Principales Agentes Contaminantes

Físicos

- ◆ Temperatura
- ◆ Color
- ◆ Olor
- ◆ Turbidez
- ◆ Espumas
- ◆ Radioactividad

Químicos

- ◆ Carbohidratos
- ◆ Aceites y grasa
- ◆ Proteínas
- ◆ Pesticidas
- ◆ Fenoles
- ◆ Cont. Prioritarios
- ◆ A. tensoactivos
- ◆ Comp. Volátiles
- ◆ Comp. del N₂ y P
- ◆ Alcalinidad
- ◆ Cloruros
- ◆ Arenas
- ◆ Metales Pesados
- ◆ pH
- ◆ Nitrógeno y Fósforo
- ◆ Azufre
- ◆ Amoniac
- ◆ Comp. Volátiles

Biológicos

- ◆ Animales y plantas
- ◆ Bacterias
- ◆ Algas
- ◆ Virus
- ◆ Coliformes fecales

Principales Contaminantes Industriales

- ◆ **Sólidos en suspensión**
- ◆ **Materia orgánica biodegradable**
- ◆ **Temperatura y color**
- ◆ **Nutrientes**
- ◆ **Contaminantes prioritarios**
- ◆ **Materia orgánica refractaria**
- ◆ **Metales pesados**
- ◆ **Sólidos inorgánicos disueltos**



Operaciones unitarias en el tratamiento de Aguas Residuales

FÍSICO

Medición de caudal
Desbaste
Dilaceración
Desarenado
Homogeneización
Mezclado
Floculación
Sedimentación
Flotación
Filtración

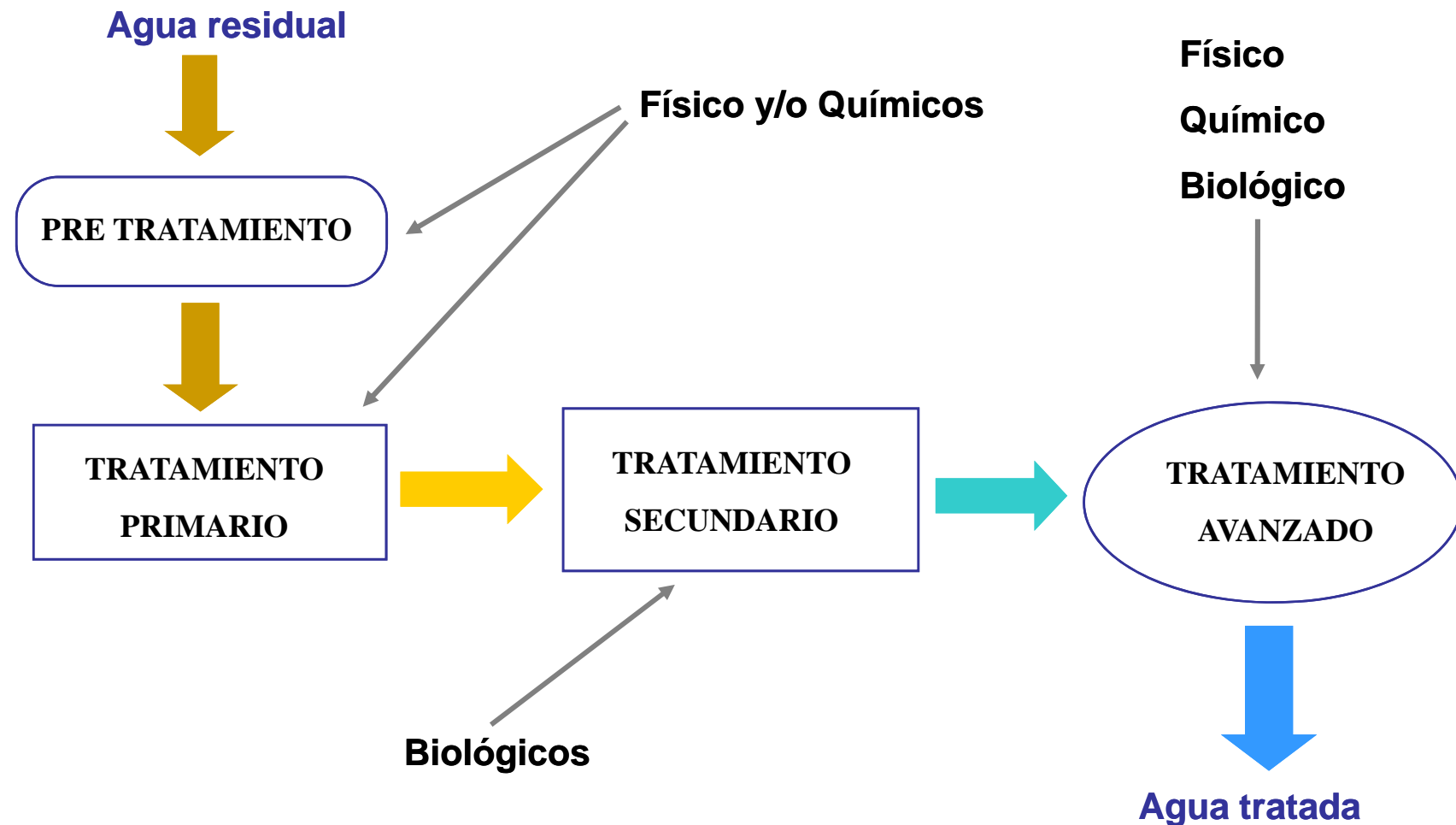
QUÍMICO

Precipitación química
Adsorción
Coagulación
Floculación
Neutralización
Desinfección

BIOLÓGICO

Procesos aeróbicos
Procesos anaerobios
Compostaje

Depuración de Aguas Residuales



Depuración de Aguas Residuales



Vista aérea de distintas D.A.R.



Contaminación de Suelos

El transporte de contaminantes en el suelo se produce a velocidades muy lentas, si se compara con el desplazamiento en el agua o en el aire, por lo que los efectos de contaminación tardan en manifestarse y son difíciles de apreciar.



Los orígenes más comunes incluyen:

- ❑ **Deposición y almacenamiento de residuos**, derrame accidental y vertidos deliberados.
- ❑ **Perdidas y fugas**, sobre todo subterráneas en conducciones y depósitos (estaciones de servicio de combustibles, refinerías de petróleo, plantas químicas, etc.
- ❑ **Uso de compuestos químicos para la agricultura**.- (fertilizantes, pesticidas, etc.)
- ❑ **Deposiciones de contaminantes desde la atmósfera**.- (plomo por combustión de gasolinas, etc.)

Tratamiento de Residuos Sólidos

Su diversa procedencia y grado de peligrosidad hace **muy difícil** establecer una metodología única

Las técnicas pueden ser muy diversas :

Reciclado y reutilización

- Recuperación de RSU
- Residuos Industriales

Recogida selectiva

Fabricación de productos de fácil reciclaje

Recuperación de energía

- Incineración
- Gasificación
- Compostaje

Acondicionamiento de R.I.

- Absorción, destilación, etc.

Eliminación de Residuos

- Vertederos controlados

Planta de Incineración

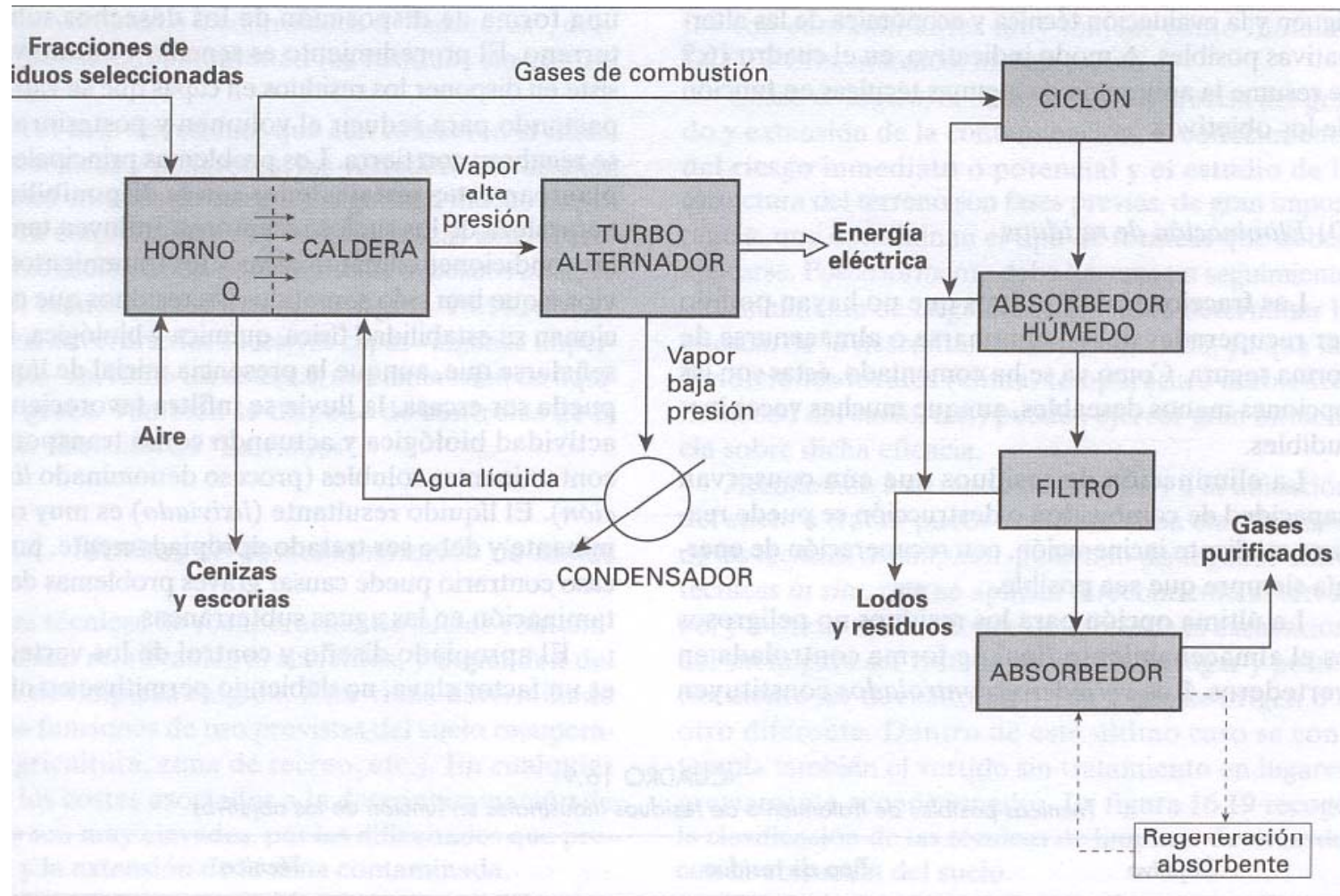
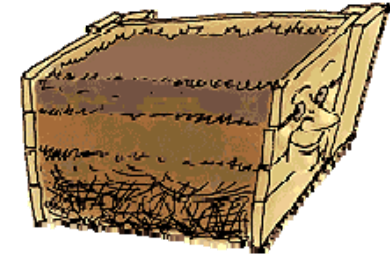


FIGURA 16.17. Esquema de una instalación de incineración.

Compostaje

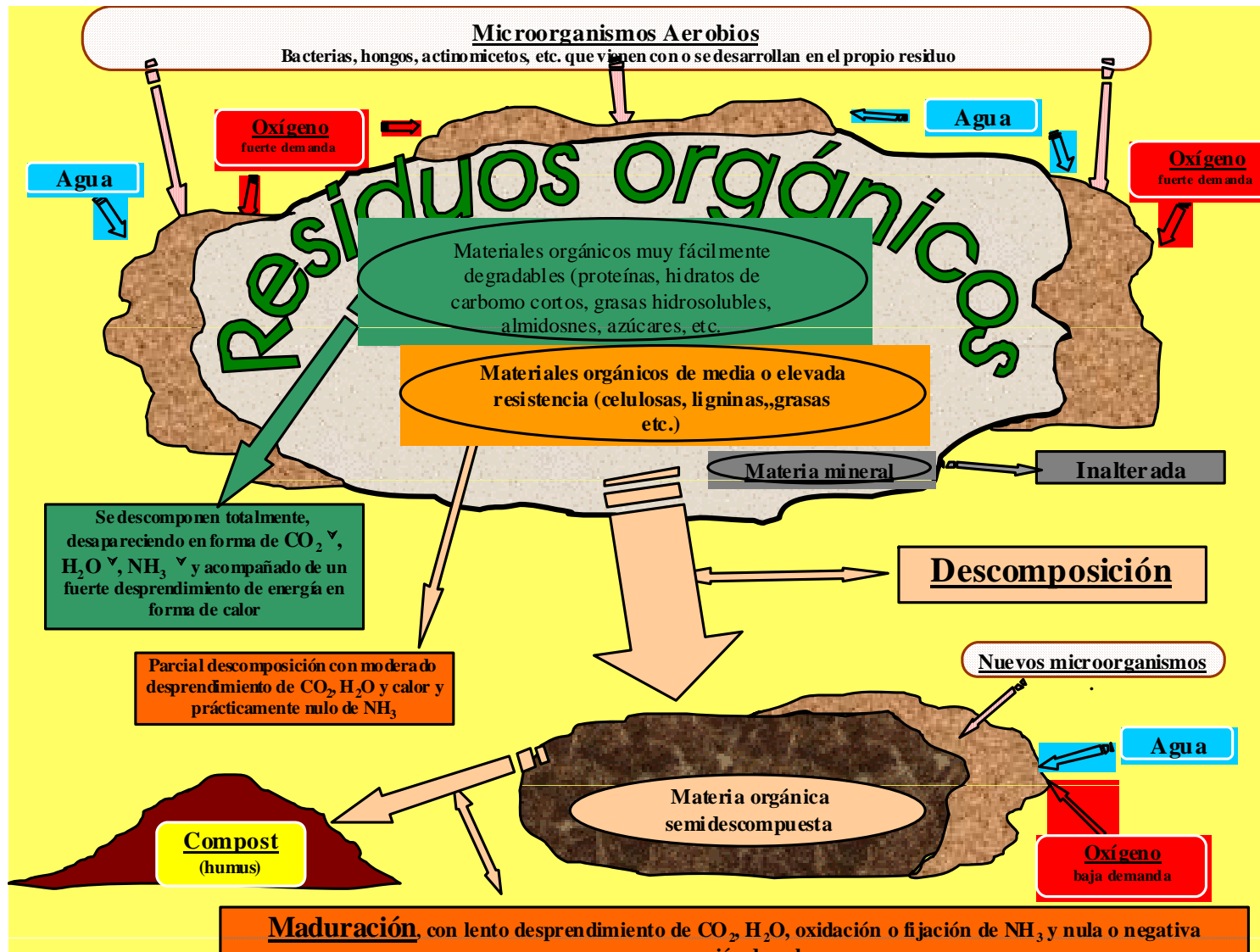


- **Proceso natural** que consigue reducir el volumen, el peso y la reactividad de un residuo biodegradable, quedando finalmente la fracción orgánica más estable e higienizada: *el compost*.
- **Materias compostables:** fracción orgánica de RSU, restos de podas y siegas, lodos de depuración, residuos ganaderos y agrícolas, residuos agroindustriales, residuos forestales.



NO TODOS LOS COMPOST SON IGUALES

SUS CARACTERÍSTICAS DEPENDEN DE MATERIAS PRIMAS Y PROCESO



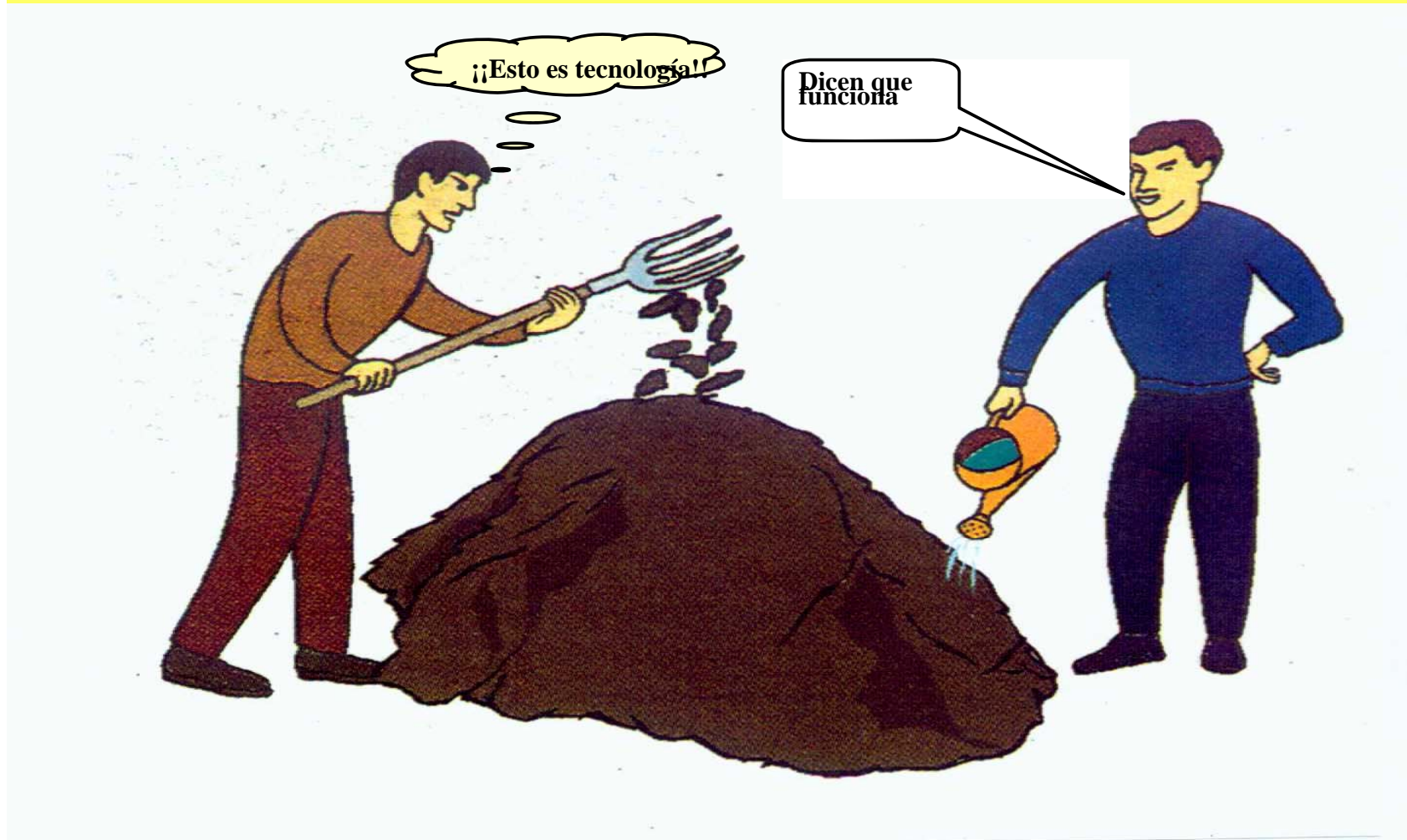
Materiales compostables

- Fracción orgánica de RSU (con o sin recogida selectiva)
- Lodos de digestión de tratamiento anaerobio de RSU
- Lodos de depuradora
- Estiércoles
- Restos vegetales procedentes de podas y siegas
- Residuos agroindustriales (orujos, alpechines, etc)



Compostaje

Se puede hacer desde así de sencillo

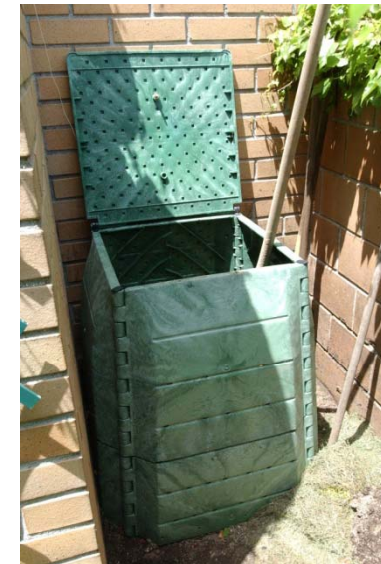


Compostaje en Galicia

Planta de biometanización
de la Coruña



Planta de compostaje del Barbanza



Autocompostaje



TEMA 12

QUIMICA INDUSTRIAL (II)

DPTO. DE INGENIERÍA QUÍMICA

12.1

Conceptos Previos

Ingeniería Química

Proceso Químico

Conjunto de operaciones físicas y/o químicas que tienen como finalidad la transformación de unas materias iniciales en productos finales distintos



Procesos Químicos Orgánicos

- **Materias primas:** Compuestos orgánicos
 - Carbón
 - Petróleo
 - Madera, ...



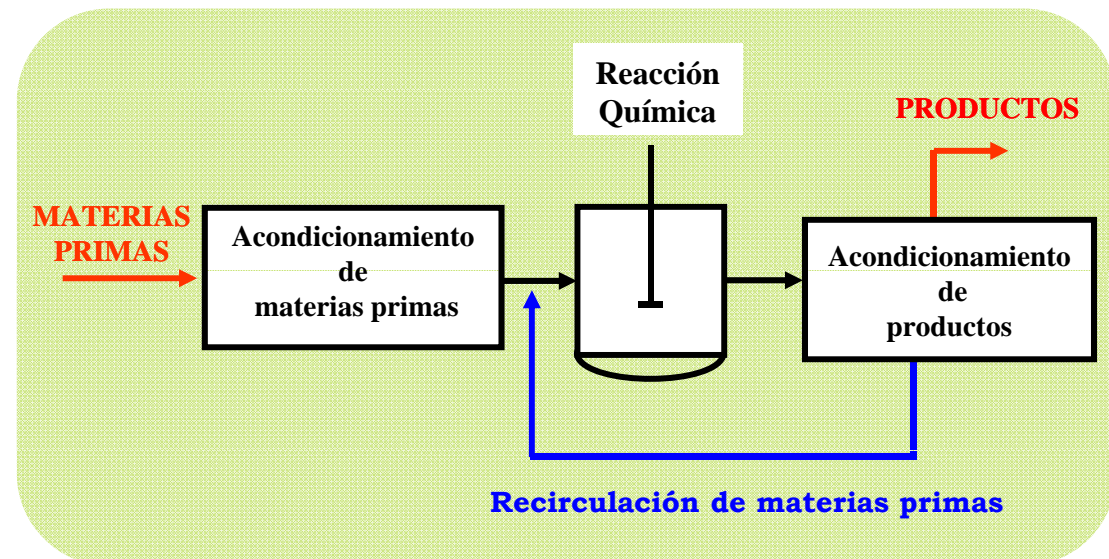
INDUSTRIA QUÍMICA ORGÁNICA

Procesos Químicos Inorgánicos

- **Materias primas:** Compuestos inorgánicos
 - Minerales
 - Gases: N_2 , O_2 , ...
 - Sales minerales: NaCl, ...



INDUSTRIA QUÍMICA INORGÁNICA



Conceptos Previos

Régimen	Estacionario No estacionario
Operación	Continuo Discontinuo Semicontinuo
Flujo	Corriente directa Contracorriente Cruzado
Contacto entre fases	Continuo (relleno) Por etapas o intermitente (platos)

Régimen de Funcionamiento

● **CONCENTRACIÓN DE PROPIEDAD:**

Materia: **Densidad (ρ) o Concentración molar (C)**

Calor: **Temperatura (T)**

Cantidad de movimiento: **Velocidad (v)**

- **En la unidad de operación también pueden producirse cambios de concentración/densidad, de temperatura o de velocidad con el tiempo.**

REGIMEN ESTACIONARIO: La concentración de propiedad no varía con el tiempo

$$T \neq f(\text{tiempo}) \quad C, \rho \neq f(\text{tiempo}) \quad v \neq f(\text{tiempo})$$

RÉGIMEN NO ESTACIONARIO: La concentración de propiedad varía con el tiempo

$$T = f(\text{tiempo}) \quad C, \rho = f(\text{tiempo}) \quad v = f(\text{tiempo})$$

Modos de Operación

1. Régimen continuo
2. Régimen semicontinuo
3. Régimen discontinuo

1.- RÉGIMEN CONTINUO

- La **alimentación** de la unidad de operación y la **retirada de productos** se realizan sin interrupciones, es decir, de forma continua
- En una unidad de operación que opera en régimen continuo siempre hay **Corriente/s de Entrada** (Alimentación) y **Corriente/s de Salida** (Productos)



UNIDAD DE OPERACIÓN MONOFÁSICA



UNIDADES DE OPERACIÓN BIFÁSICAS

Modos de Operación

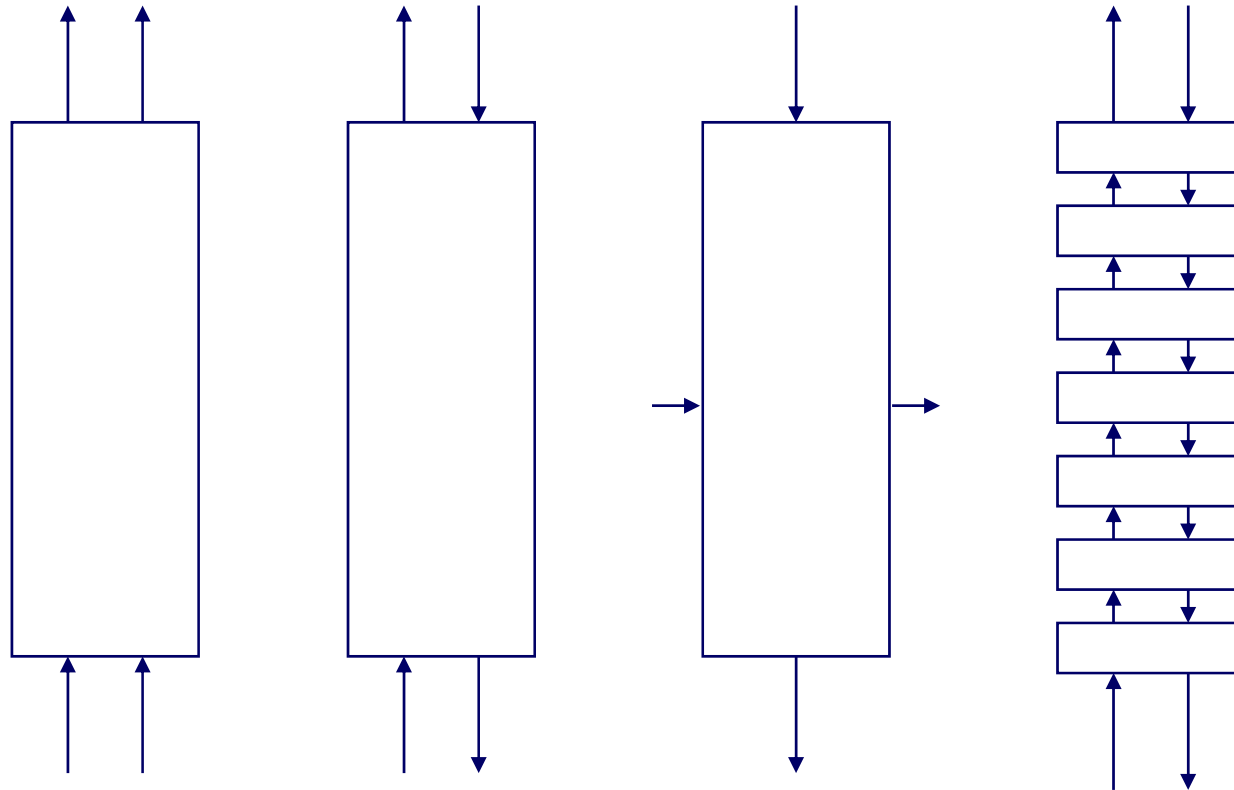
RÉGIMEN CONTINUO

VENTAJAS

- Economía de escala
- Fácil recuperación o aportación de calor
- Reducción de la mano de obra (automatización)
- Eliminación de tiempos muertos (carga y descarga)
- Mayor uniformidad de los productos
- Mayor producción por unidad de volumen

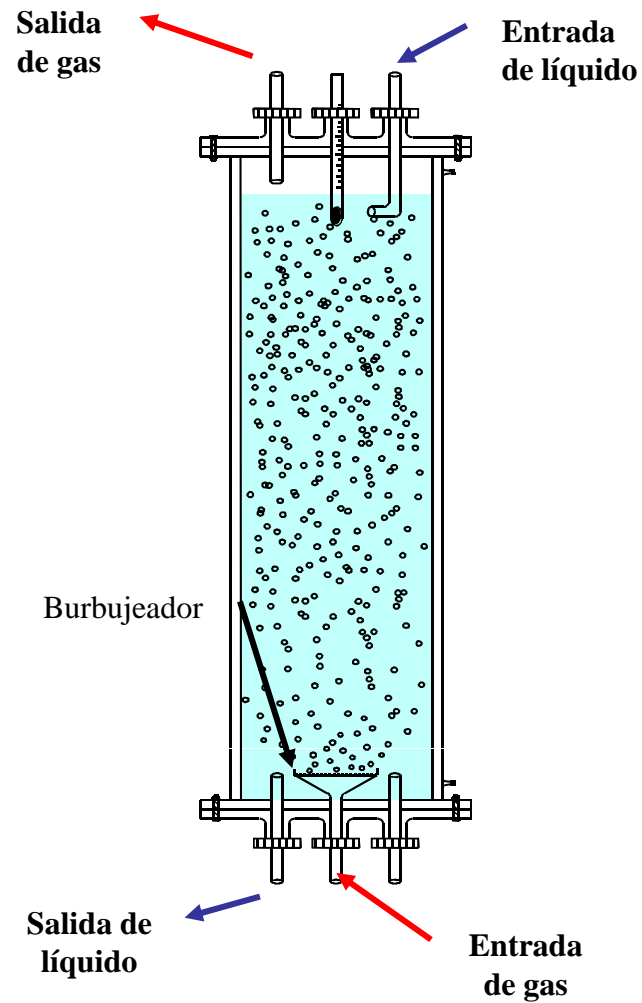
DESVENTAJAS

- Se requieren uniformidad de materias primas y reaccionantes
- Difícil versatilidad (adaptación de los productos al consumo)
- Arranques y paradas complicadas (grandes instalaciones)
- Equipos de instrumentación y control costosos

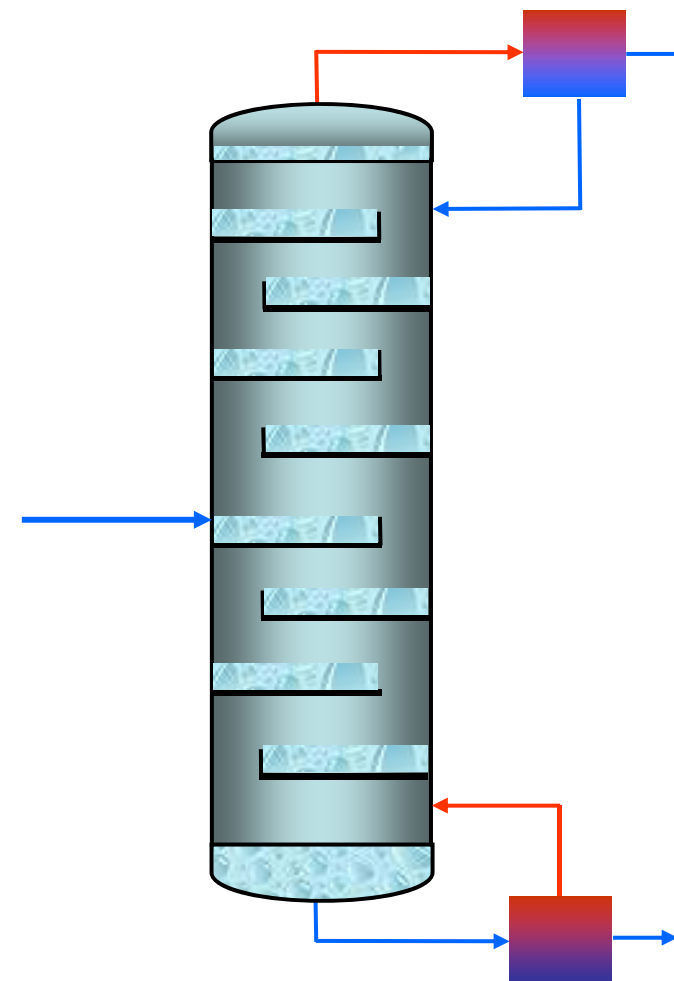
TIPOS DE FLUJO Y MODELOS DE CONTACTO

- a) **Operación continua. Flujo paralelo. Contacto ininterrumpido o diferencial.**
- b) **Operación continua. Flujo contracorriente. Contacto ininterrumpido o diferencial.**
- c) **Operación continua. Flujo cruzado. Contacto ininterrumpido o diferencial.**
- d) **Operación continua. Flujo contracorriente. Contacto intermitente.**

Contacto entre Fases

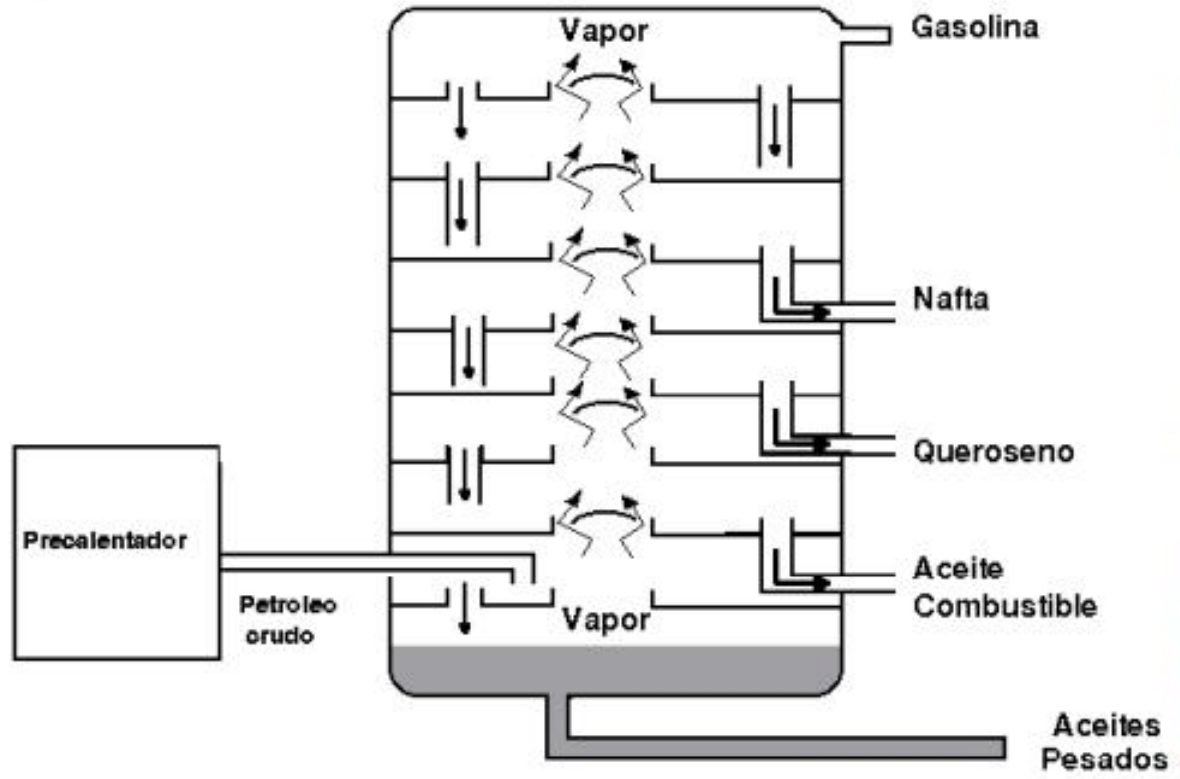


Contacto Continuo



Contacto Discontinuo

L



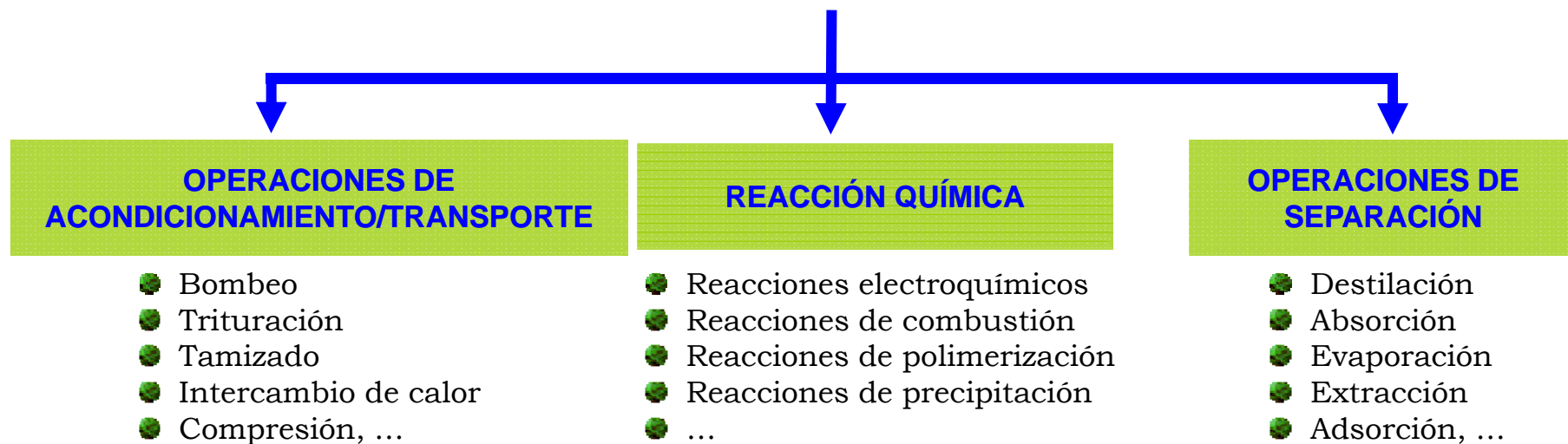
ESQUEMA Y FOTOGRAFÍA DE UNA UNIDAD DE DESTILACIÓN ATMOSFÉRICA

12.2

Operaciones Unitarias

Operaciones Básicas Unitarias

Una operación unitaria es cada una de las acciones de transporte, acondicionamiento y/o transformación de las materias primas implicadas en un proceso químico



25 – 30 OPERACIONES UNITARIAS

Operaciones Básicas

CLASIFICACIÓN : **PRIMER CRITERIO:**

Operaciones Básicas Físicas

- O. B. controladas por la transferencia de materia
- O. B. controladas por la transmisión de calor
- O. B. controladas por la transferencia s. de materia y de calor
- O. B. controladas por el transporte de cantidad de movimiento
- O. B. complementarias

Operaciones Básicas basadas en procesos Químicos, Fermentativos y Enzimáticos

- Reactores

Operaciones Básicas

CLASIFICACIÓN : PRIMER CRITERIO:

Operaciones Básicas controladas por la transferencia de materia

- Absorción / Desorción
- Adsorción / Desorción
- Destilación / Rectificación
- Extracción líquido-líquido
- Extracción sólido-líquido
- Intercambio iónico

Operaciones Básicas controladas por la transmisión de calor

- Calentamiento y enfriamiento
- Evaporación

Operaciones Básicas controladas por el transporte de c.d.m.

- Agitación y Mezcla
- Bombeo
- Centrifugación
- Circulación de fluidos a través de lechos porosos
- Filtración
- Flotación
- Fluidización
- Sedimentación
- Transporte de fluidos
- Transporte neumático

Operaciones Básicas controladas por la transferencia de materia y de calor

- Acondicionamiento de gases
- Cristalización
- Humidificación / Deshumidificación
- Liofilización
- Secado

Operaciones Básicas complementarias

- Almacenaje
- Mezclado de sólidos y pastas
- Molienda y Trituración
- Tamizado

Operaciones Básicas

SEGUNDO CRITERIO:

Operaciones Básicas Monofásicas: Materias primas y productos están en una sola fase

Operaciones Básicas Bifásicas: Materias primas y productos están en 2 fases

Operaciones Básicas Trifásicas: Materias primas, productos y catalizador están en 3 fases

Operaciones Básicas Monofásicas

- Agitación
- Almacenaje
- Bombeo
- Centrifugación
- Molienda y trituración
- Tamizado
- Transporte de fluidos

Operaciones Básicas Bifásicas

- Absorción / Desorción (G-L)
- Adsorción / Desorción (G-S)
- Calentamiento y enfriamiento
- Circulación de fluidos a través de lechos porosos (G, L – S)
- Destilación / Rectificación (L – V)
- Evaporación
- Extracción líquido-líquido (L – L)
- Extracción sólido-líquido (S – L)
- Filtración (S – L)
- Flotación
- Fluidización (S – L)
- Intercambio iónico (S – L)
- Sedimentación
- Reactores bifásicos
- Transporte neumático

Operaciones Básicas Trifásicas

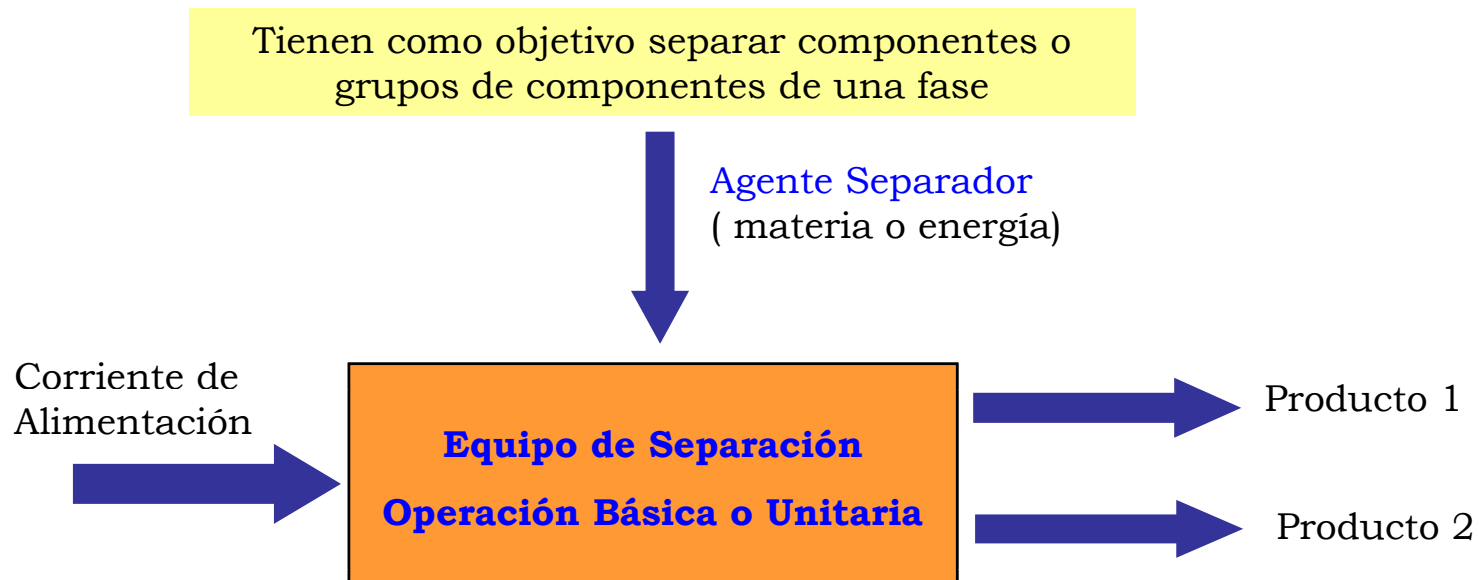
- Reactores trifásicos

12.2.1

Operaciones Básicas

Controladas por la Transferencia de Materia

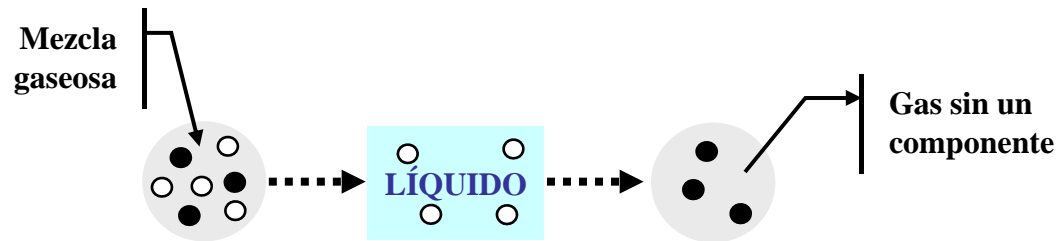
Operaciones Básicas controladas por la Transferencia de Materia



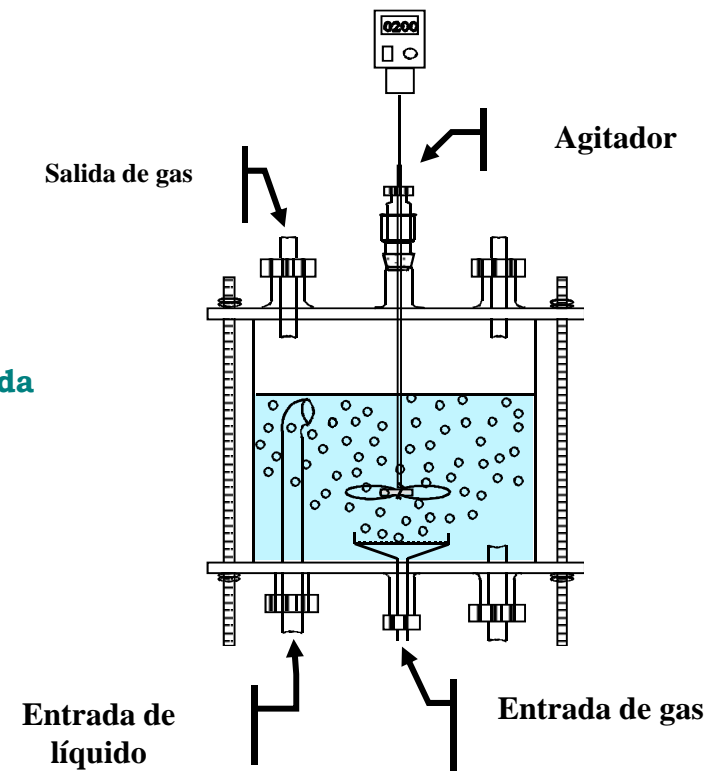
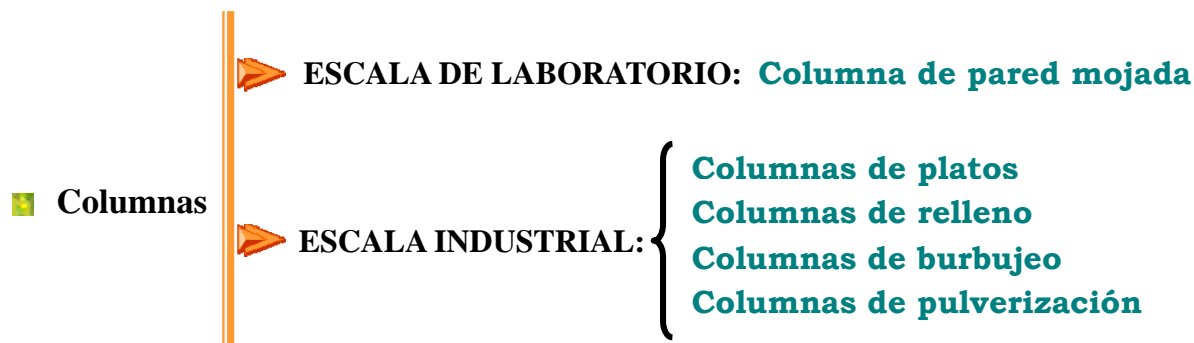
Todos estos procesos implican una transferencia de materia entre fases.

ABSORCIÓN

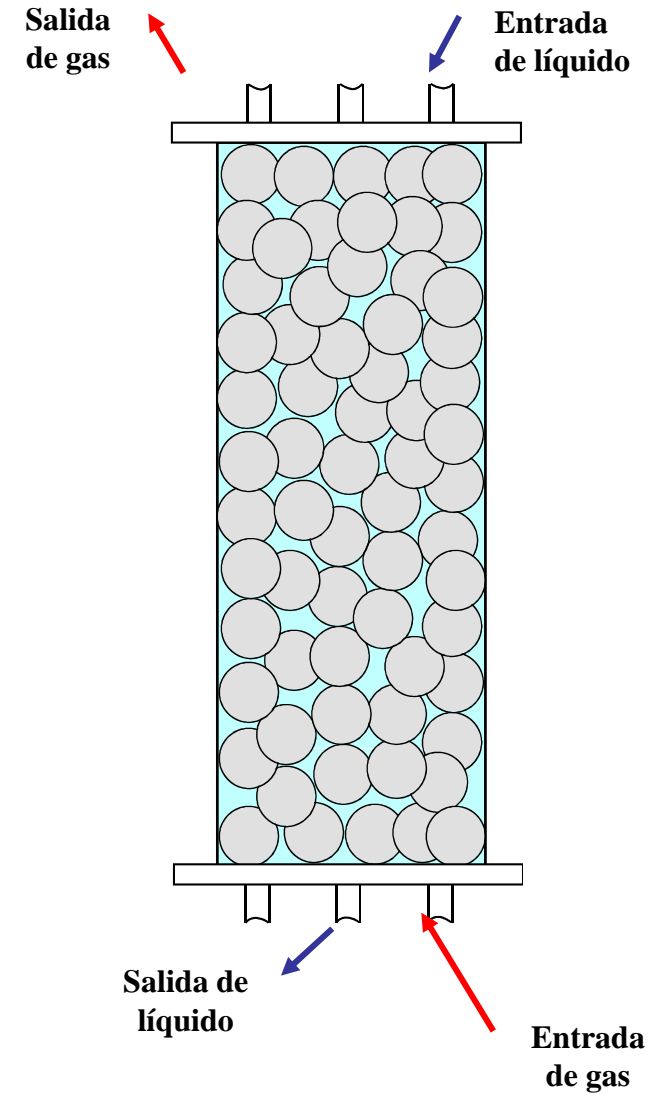
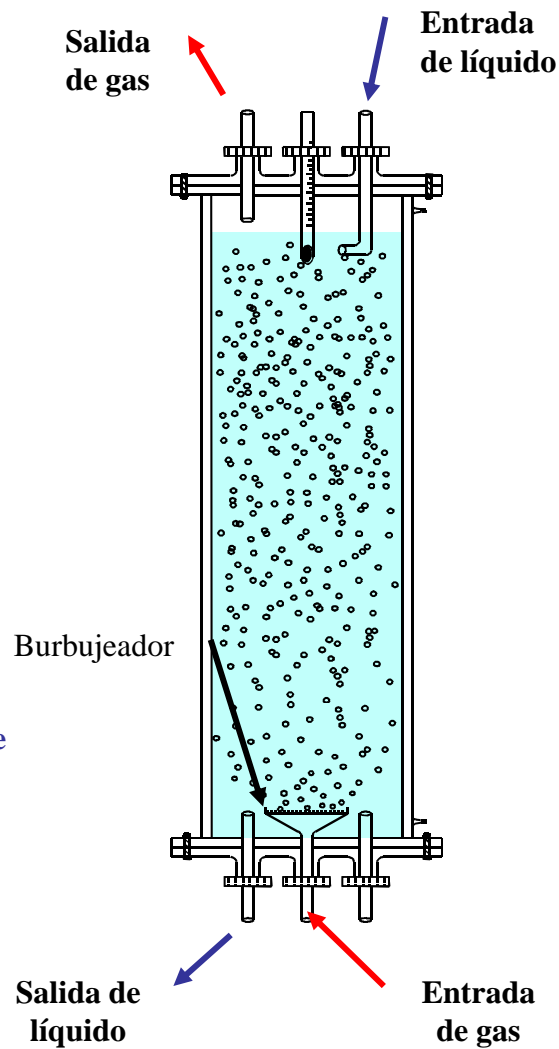
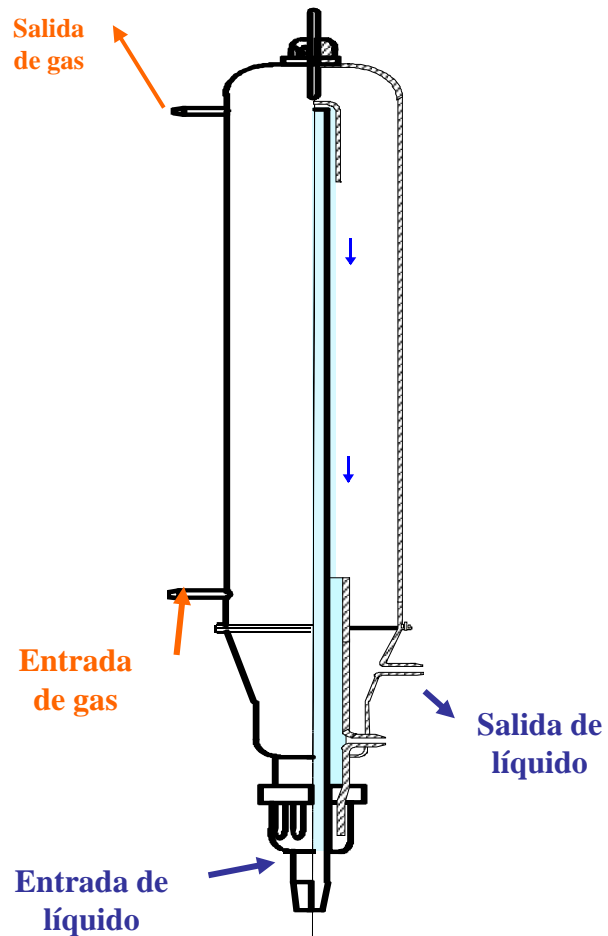
Es una operación básica controlada por la transferencia de materia, que consiste en la separación de uno o varios componentes de una **mezcla gaseosa** mediante un **líquido** que lo/s disuelve.



■ Absorbedores tipo tanque agitado: con y sin burbujeo



ABSORCIÓN

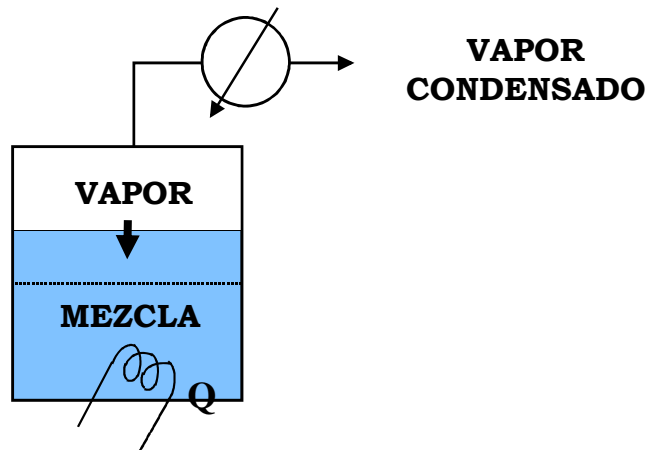


Destilación / Rectificación

Operación básica que consiste en separar los componentes de una mezcla líquida por vaporización parcial de la misma y condensación del vapor generado.

DESTILACIÓN SIMPLE O SIN REFLUJO

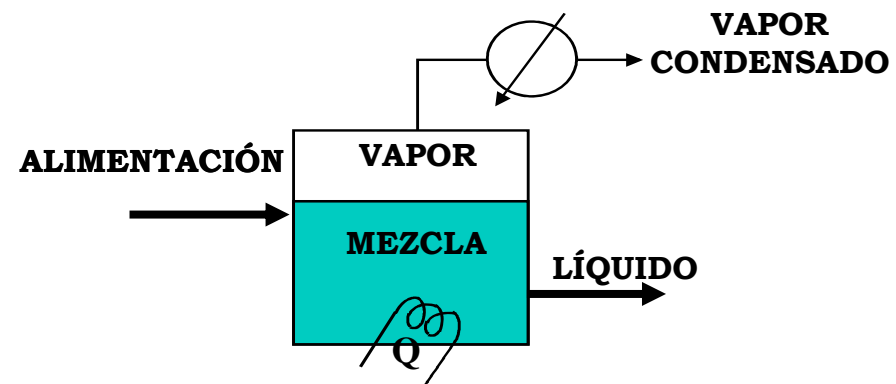
- Destilación simple discontinua
- Destilación simple continua
- Destilación súbita o flash



Simple discontinua

DESTILACIÓN CON REFLUJO O RECTIFICACIÓN

- Rectificación discontinua
- Rectificación continua



Simple continua

Destilación / Rectificación



DESTILACIÓN SIMPLE

Destilación / Rectificación

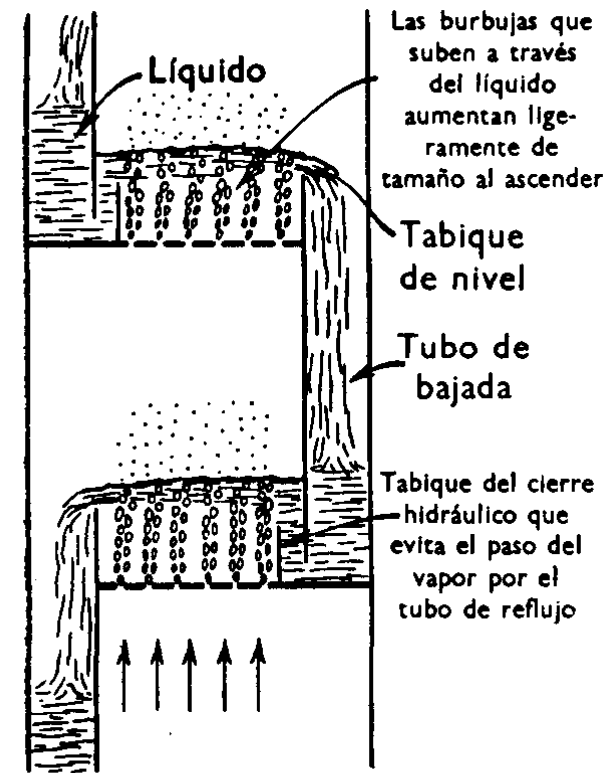
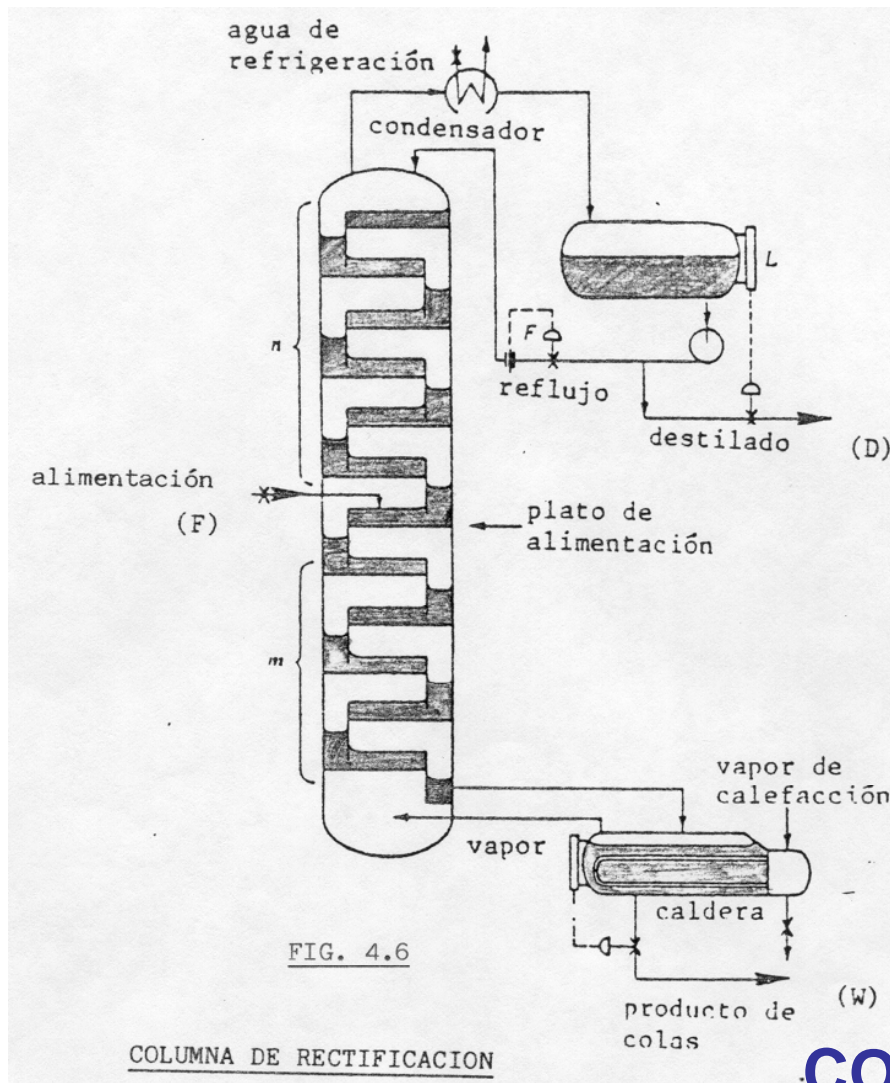


FIG. 326. Representación esquemática de una torre de platos perforados, con indicación de los tubos de retorno de la fase líquida.

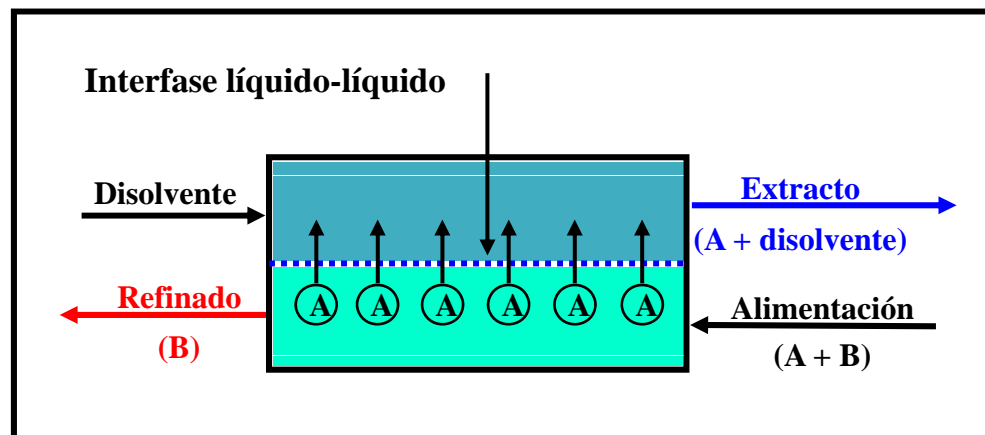
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN

Extracción

Operación básica que consiste en la separación de los componentes de una mezcla mediante un disolvente inmiscible con ella.

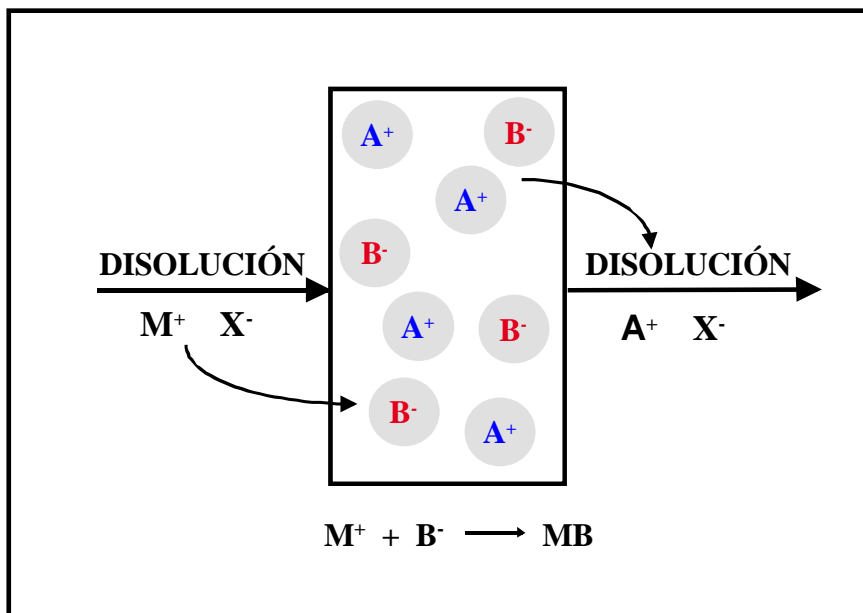
Podemos diferenciar entre:

- **Extracción sólido-líquido:** El componente a extraer se encuentra en un sólido
- **Extracción líquido-líquido:** El componente a extraer se encuentra en un líquido



Intercambio Iónico

Los procesos de *intercambio iónico* son básicamente reacciones químicas entre los iones que se encuentran en una disolución y aquéllos que se encuentran en una fase sólida (RESINA), insoluble en la disolución y que está en contacto con ella.



ADSORCIÓN

Es una operación básica controlada por la transferencia de materia, que consiste en la separación de uno o varios componentes de una **mezcla líquida o gaseosa** mediante un **sólido** que lo/s retiene.



Carbón activado

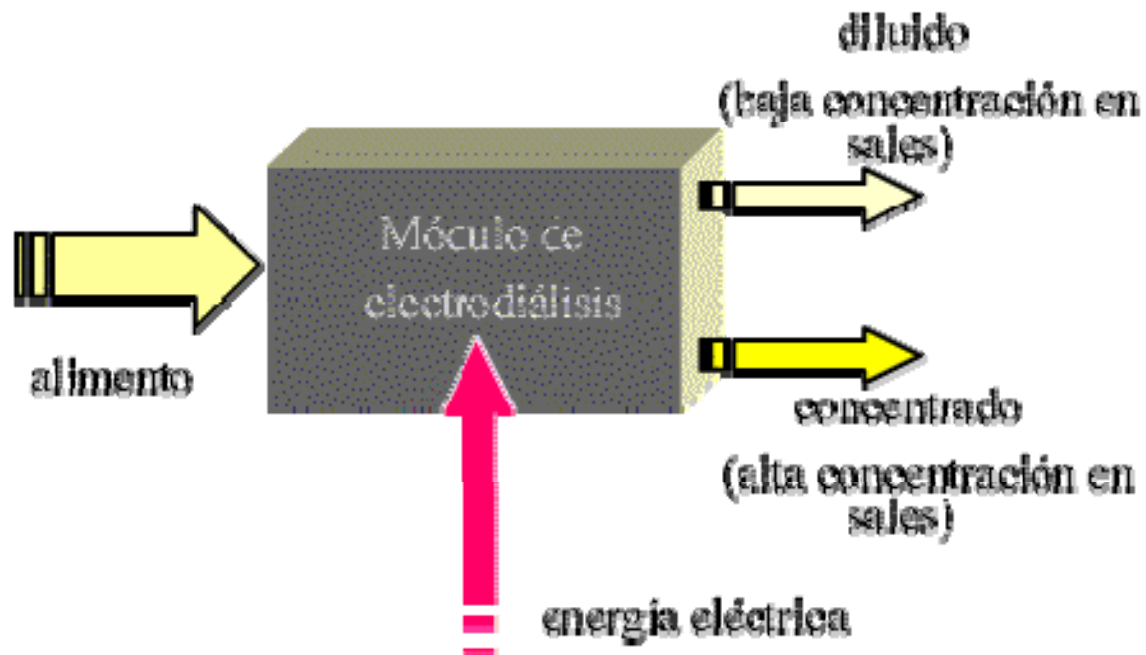


Material cerámico



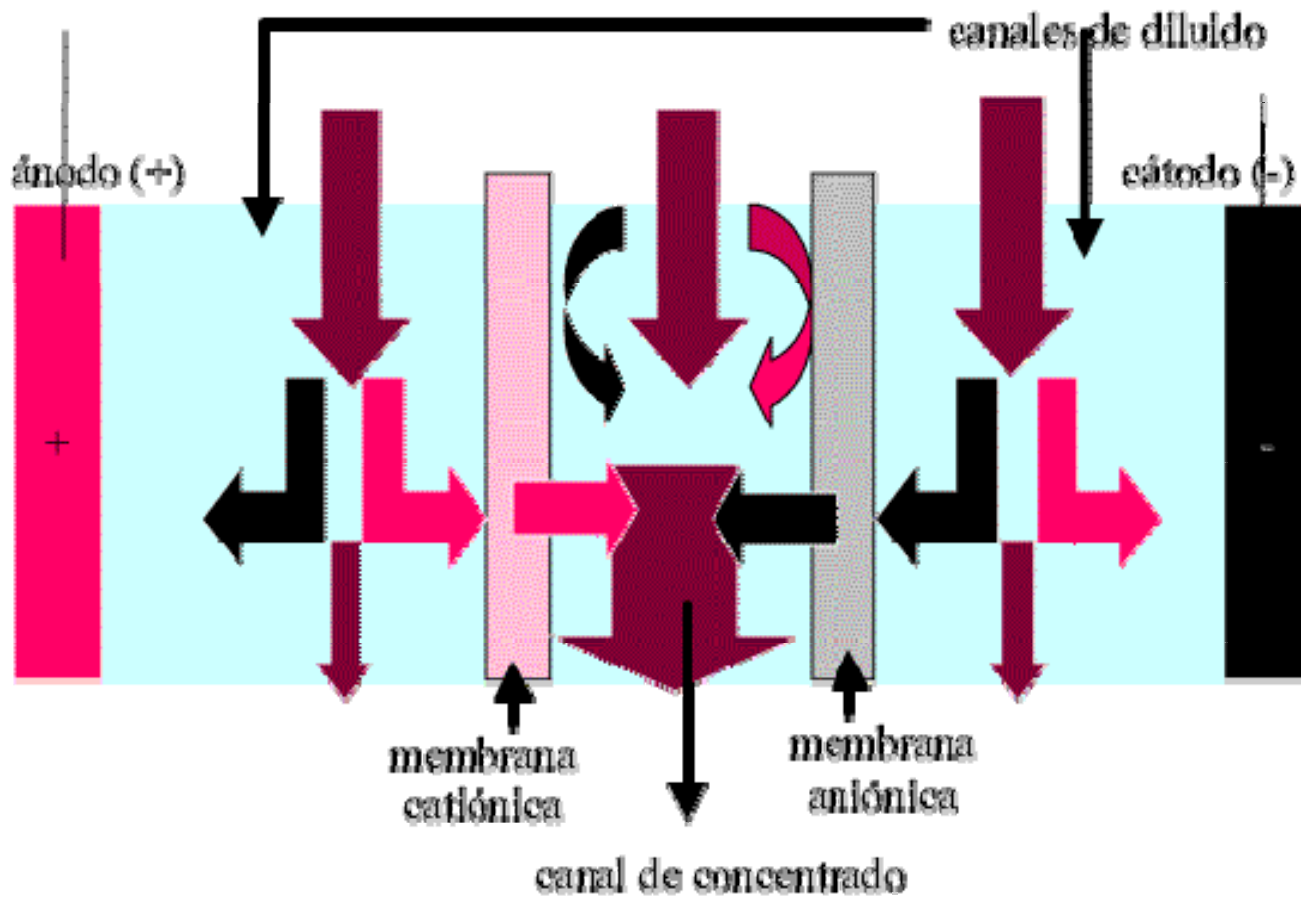
Electro diálisis

La electrodiálisis es un procedimiento de separación con membranas que tiene por objeto concentrar (o diluir) disoluciones de electrolitos. mediante el uso de membranas de intercambio iónico y la aplicación de un potencial eléctrico.



Equipo de Diálisis

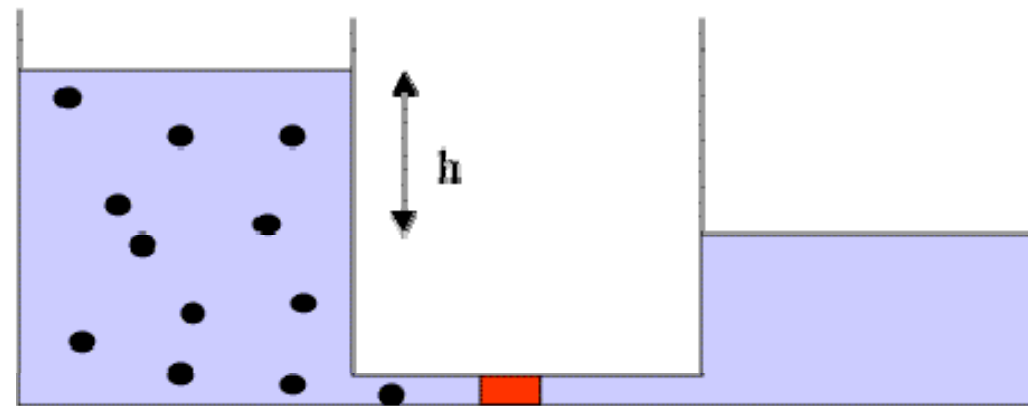
Electro diálisis



Ósmosis Inversa

Separación o concentración de electrolitos por aumento de la presión del lado de mayor concentración,

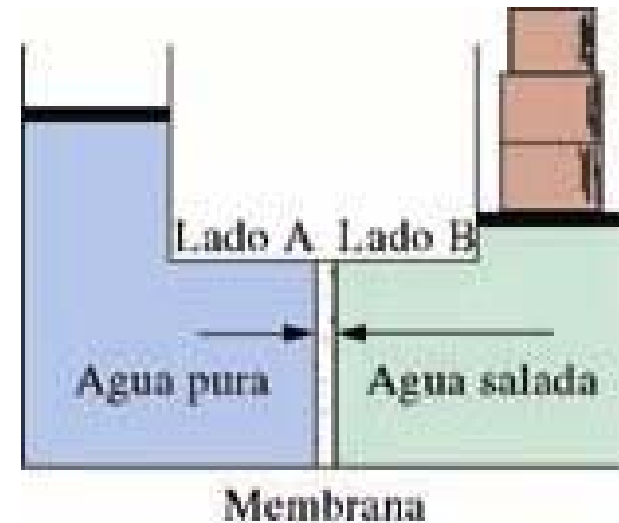
Puede lograrse que el agua pase desde el lado de alta concentración al de baja concentración



Membrana
Semipermeable



flujo debido al gradiente
de concentraciones
flujo debido al gradiente
de presiones



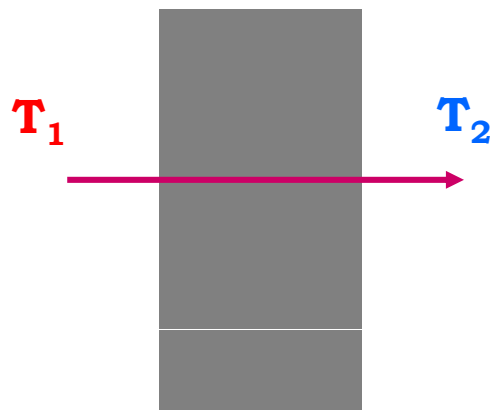
Membrana

12.2.2

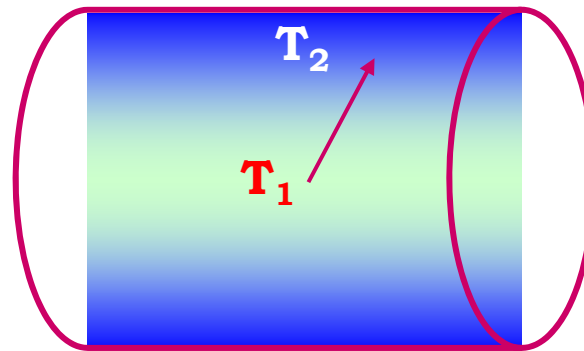
Operaciones Básicas

Controladas por la Transferencia de Calor

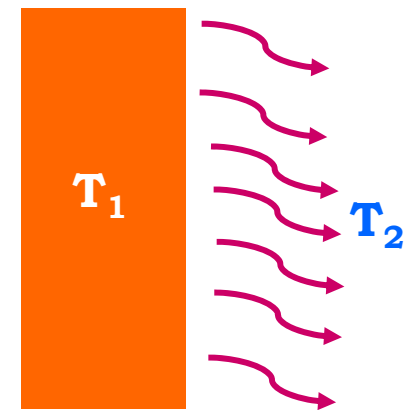
Mecanismos de Transmisión de Calor



Conducción

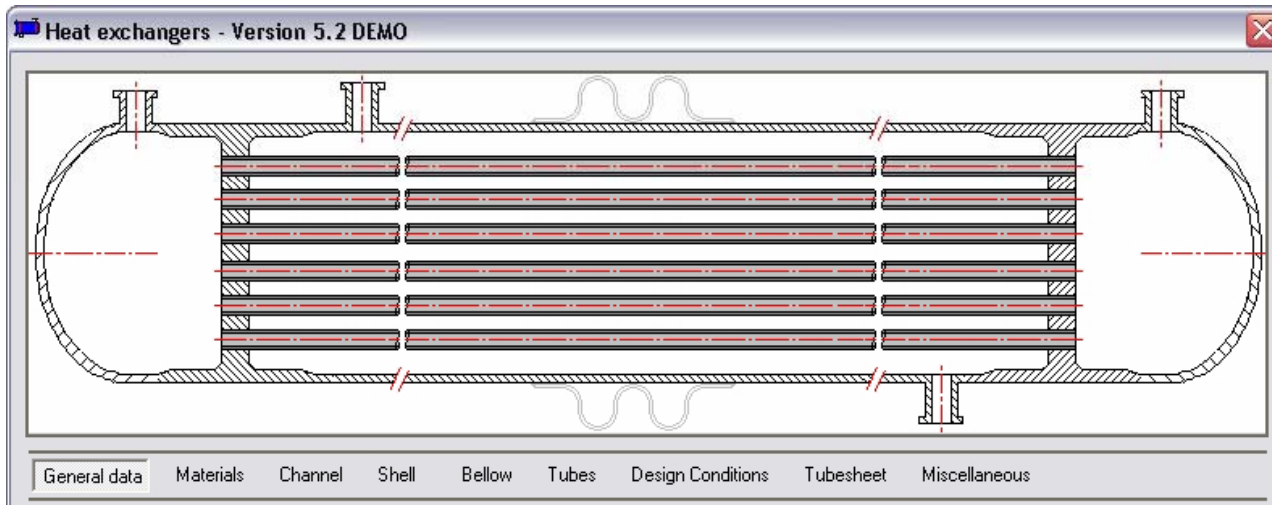


Convección



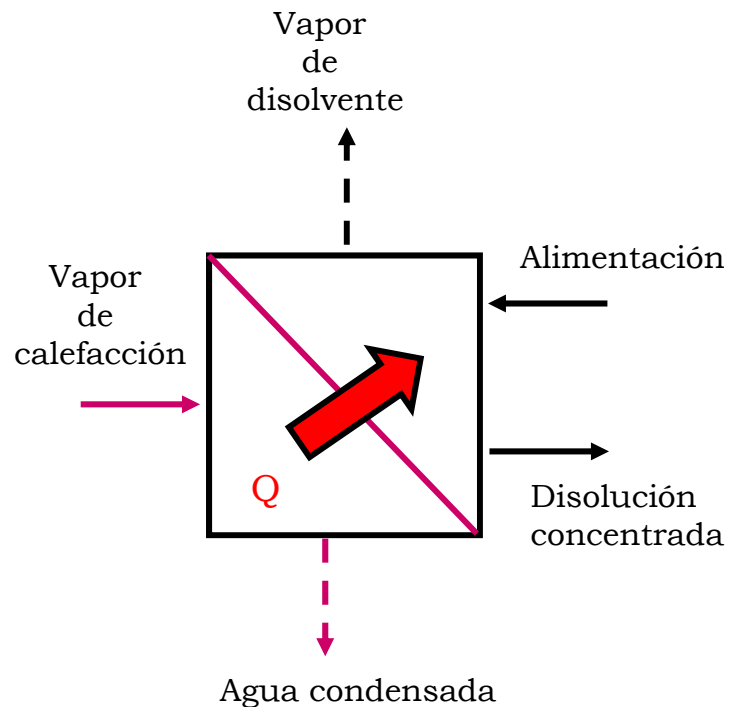
Radiación

Intercambiadores de calor



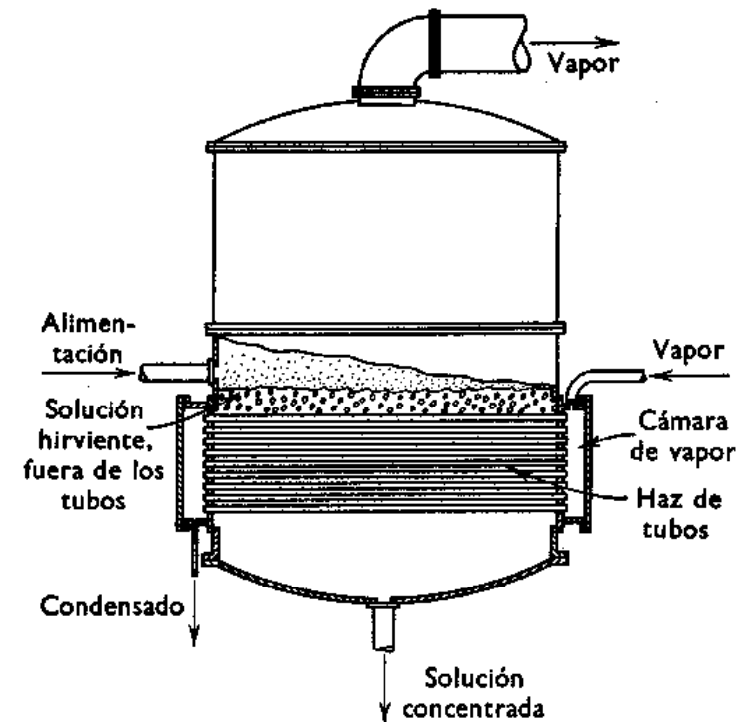
Evaporación

❖ Intercambio de calor con cambio de fase



Esquema de un Evaporador

Consiste en concentrar una disolución que consta de un soluto no volátil y un disolvente volátil, por evaporación de parte del disolvente.



Sección longitudinal de un evaporador de tubos horizontales

Evaporación



Evaporador recuperador de disolventes residuales



Evaporador múltiple efecto con columna depuradora para subproductos oleícolas (alpechines) y purines

12.2.3

Operaciones Básicas

Controladas por la Transferencia de Materia y Calor

ACONDICIONAMIENTO DE GASES

Consiste en modificar las condiciones de humedad y temperatura de una corriente de aire por interacción con una corriente de agua.

Se transfiere agua y energía calorífica de una corriente a otra.

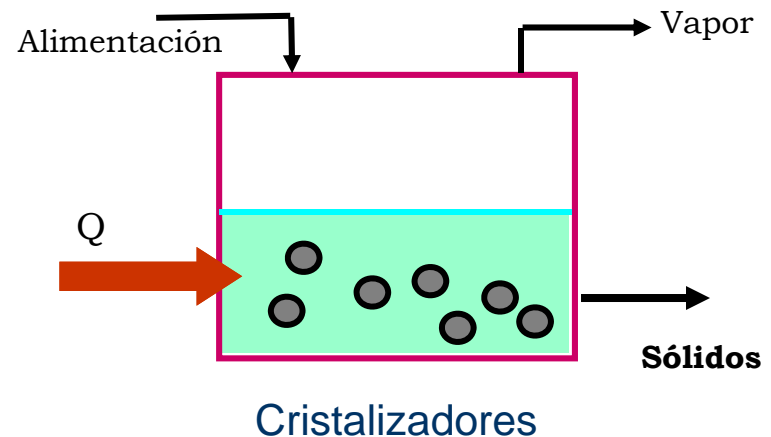


Cristalización

Formación de partículas sólidas cristalinas en el seno de una fase homogénea.

Variedad de productos se obtienen en forma cristalina.

Grados de pureza por repetición de la operación



Humidificación

Consiste en poner en contacto un líquido puro y un gas, que es prácticamente insoluble en el líquido.

El gas aumenta su contenido de humedad



Aplicaciones:

deshumidificación, enfriamiento de gases (acondicionamiento de gases), enfriamiento de líquidos, medición del contenido de vapor en el gas.

Deshumidificación

Consiste en poner en contacto un gas húmedo con un líquido más frío.

El agua del gas se condensa, disminuyendo la humedad del mismo.

Liofilización

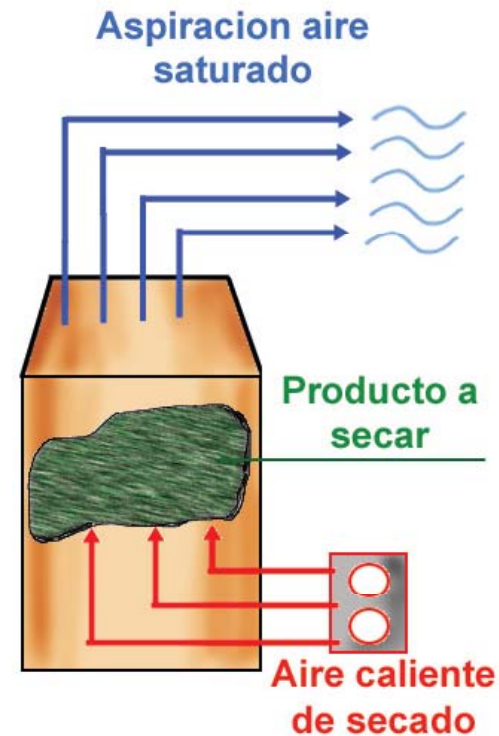
Consiste en la eliminación del agua de un sólido por sublimación de la misma.



Extracción de la cafeína

Secado

Consiste en reducir el contenido de agua de un sólido por sublimación de la misma.

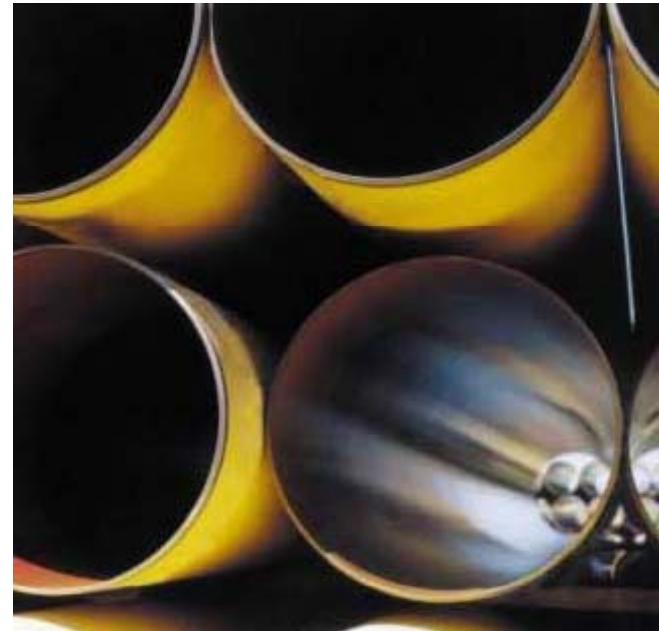


12.2.4

Operaciones Básicas

Controladas por la Transferencia de Cantidad de movimiento

Flujo de Fluidos



a) Circulación interna:

Cuando el fluido circula por el interior de conducciones

b) Circulación externa:

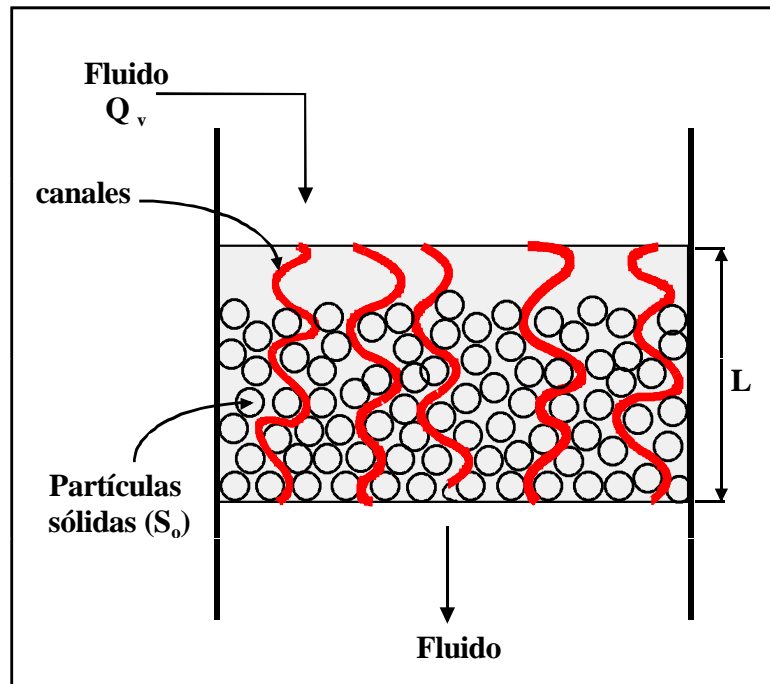
Cuando el sólido es el que se desplaza por el seno del fluido.

Estas operaciones tienen como finalidad separar el fluido de las partículas sólidas contenidas en la suspensión

Ej: Filtración, sedimentación.

Flujo a través de Lechos Porosos

Estudiar el movimiento de un fluido (gas o líquido) a través de un lecho de partículas sólidas



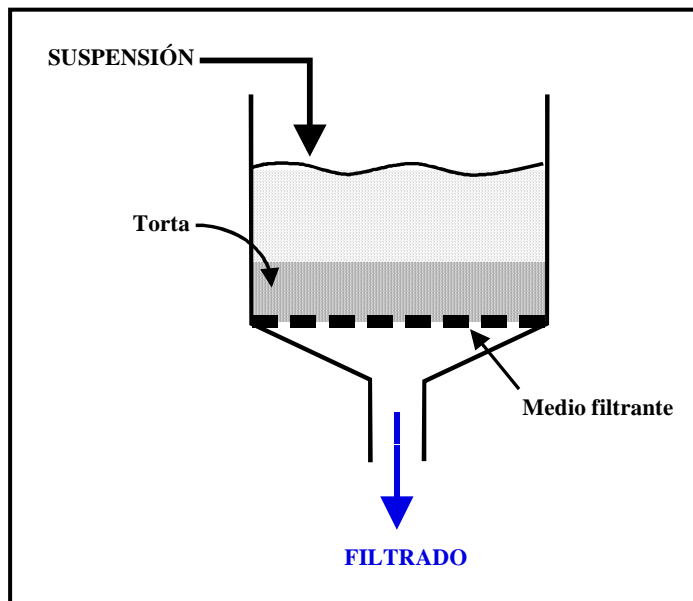
RELLENOS MÁS FRECUENTES

- Partículas cúbicas
- Partículas esféricas
- Partículas cilíndricas
- Anillos Raschig
- Sillas Berl, ...



Filtración

Es una operación básica que consiste en separar las partículas sólidas suspendidas en un fluido (líquido o gas) mediante un “*medio filtrante*” que solamente permite el paso del fluido, mientras que los sólidos quedan depositados sobre él.



MEDIO FILTRANTE:

Superficie sólida porosa e inerte que se emplea para separar las partículas sólidas de una suspensión
(Tela filtrante, placa porosa, etc)

SUSPENSIÓN:

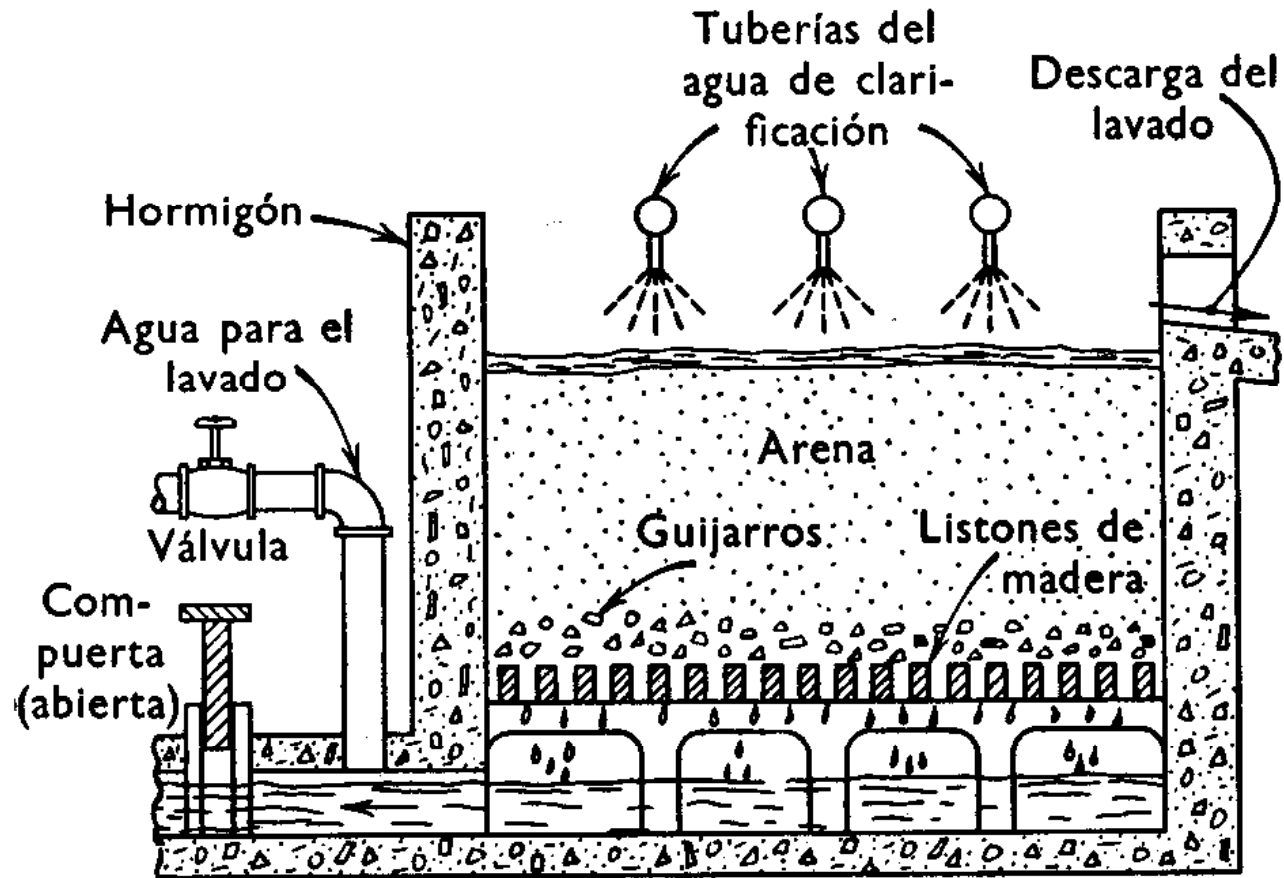
Mezcla que se desea separar (sólido + líquido o gas)

$$\text{Masa}_{\text{suspensión}} = \text{Masa}_{\text{sólido}} + \text{Masa}_{\text{líquido}}$$

TORTA:

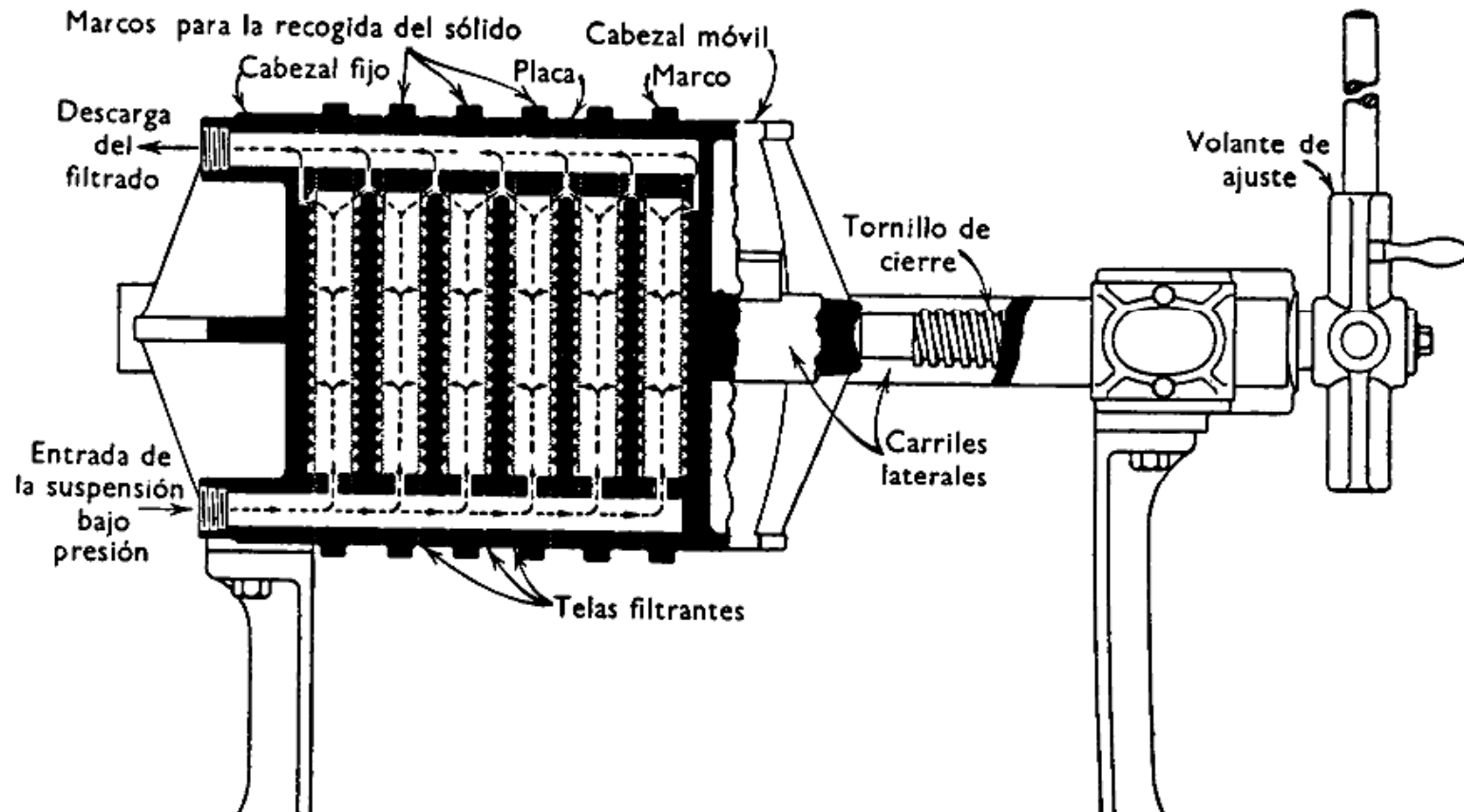
Sólido depositado sobre el medio filtrante durante la operación de filtración

Filtración



Diagrama, en sección, de un filtro de gravedad con lecho filtrante de arena.

Filtración

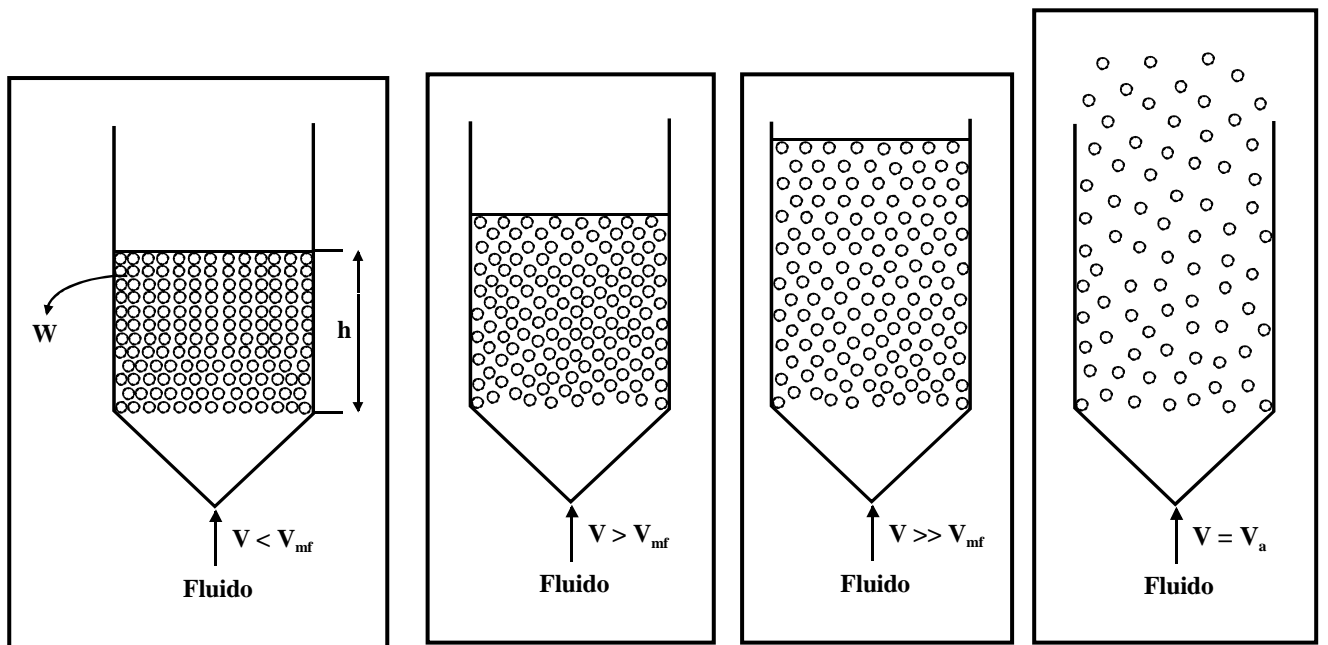


Sección longitudinal de un filtro-prensa cerrado, con desagüe único

Fluidización

Es una operación básica que consiste en la suspensión de las partículas sólidas de un lecho en el seno de un fluido que lo atraviesa en dirección ascendente

ETAPAS EN LA FORMACIÓN DE UN LECHO FLUIDIZADO



(A) Lecho fijo

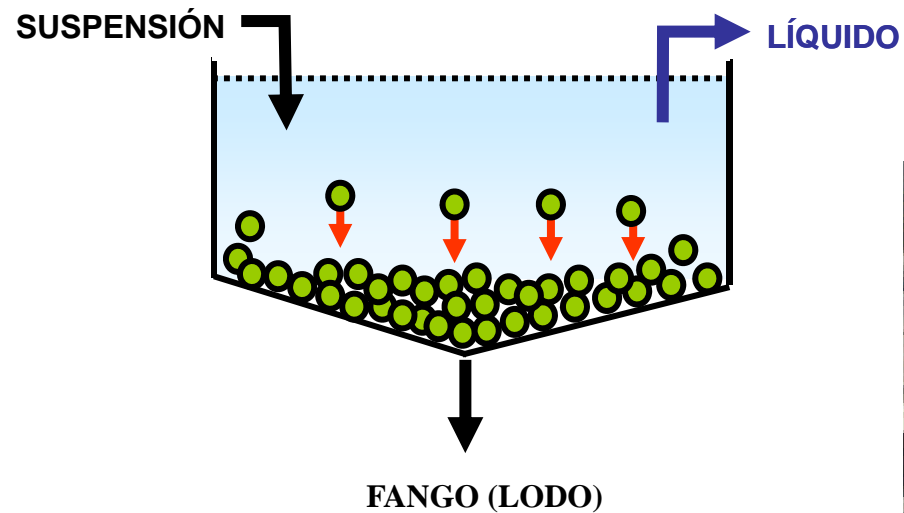
(B) Lecho fluidizado

(C)
Expansión del lecho
fluidizado

(D) Arrastre de partículas

Sedimentación

Es una operación básica controlada por la cantidad de movimiento que consiste en separar las partículas sólidas existentes en una suspensión, generalmente líquida, por acción de la gravedad, dejando la suspensión en reposo.



Sedimentación

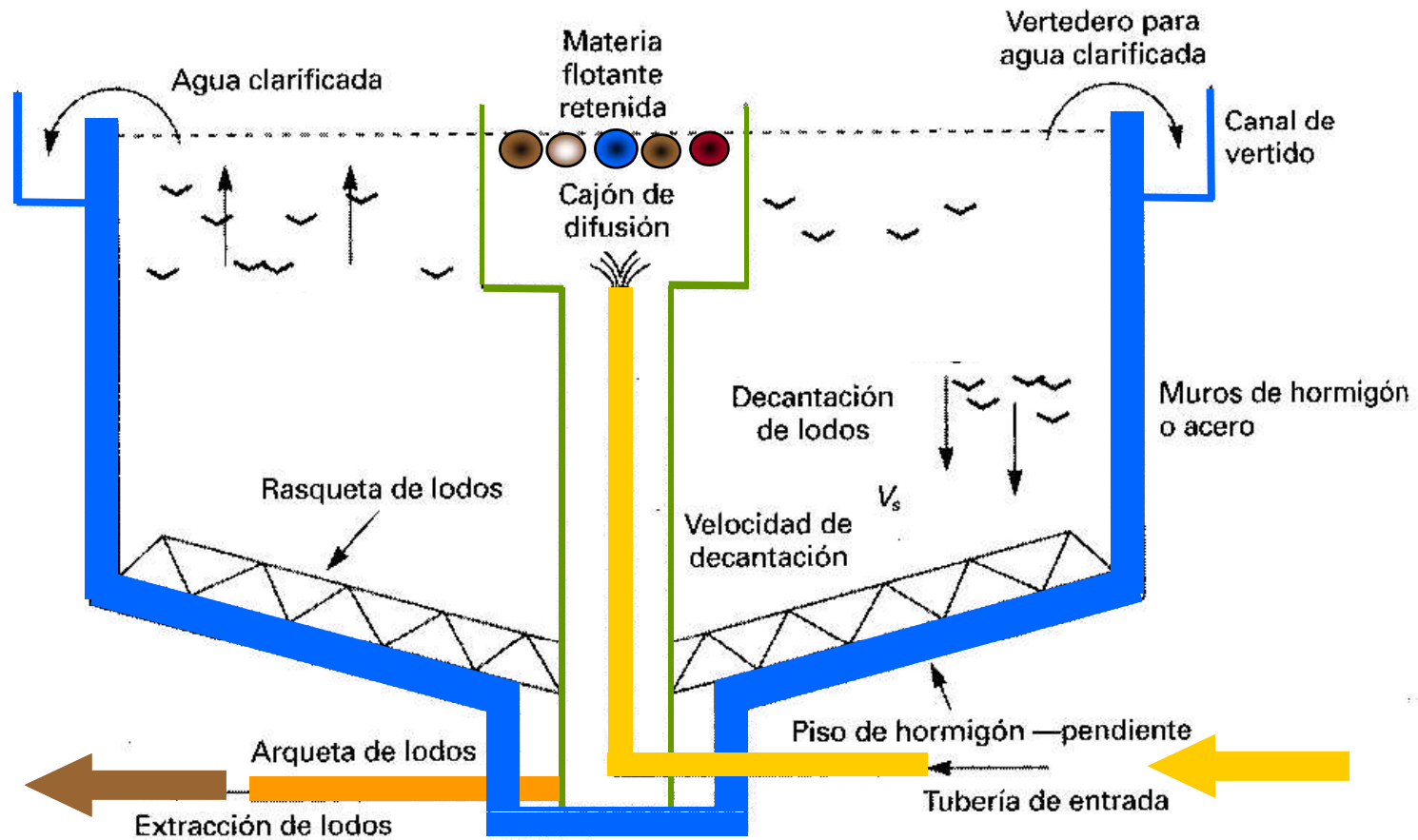
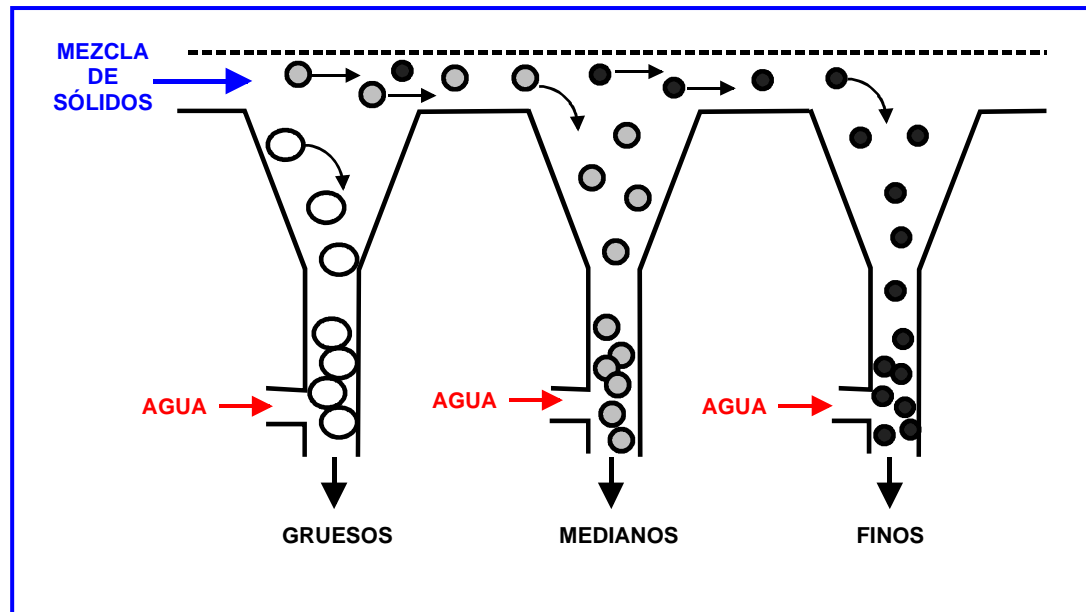


Figura 12.14. Decantador primario circular típico.

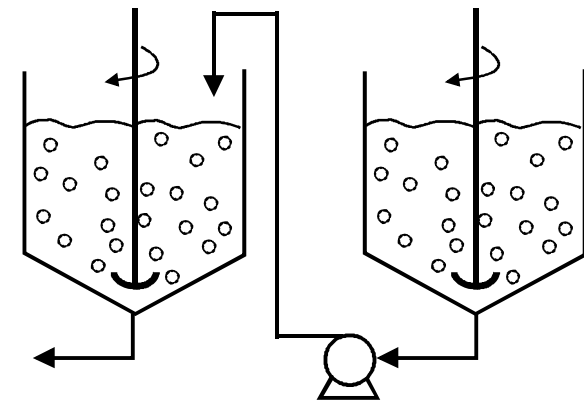
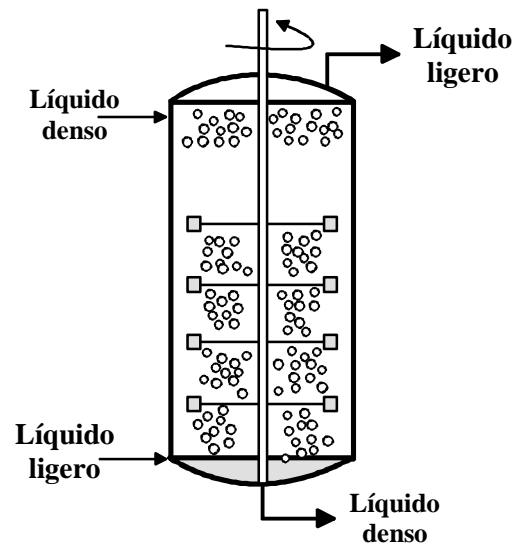
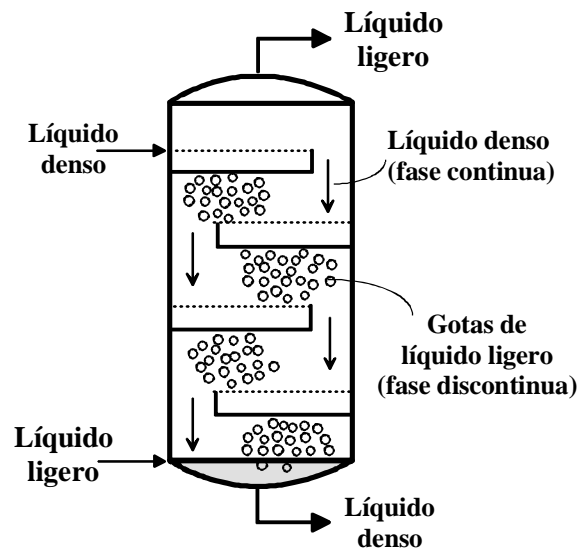
Clasificación Hidráulica

Es una operación básica controlada por la cantidad de movimiento que consiste en separar partículas sólidas en función de su tamaño, por arrastre mediante un líquido.



Transporte Neumático

Es una operación básica que consiste en el arrastre y transporte de partículas sólidas por un fluido (generalmente un gas)



12.2.5

Operaciones Básicas Complementarias

ALMACENAJE

Etapa importante en la fabricación de productos químicos.

Almacenaje de líquidos: tanques cilíndricos.

Almacenaje de gases: tanques esféricos, gasómetros



Mezcla de Sólidos y Pastas

Mezcla adecuada de materiales.

Mezclado de pastas: agitadores o paletas

Mezclado de sólidos: dispositivos mezcladores que agitan todo el recipiente ó mecanismos de vaivén



Molienda y Trituración

Reducción del tamaño de sólidos.

Trituradoras: Se basan en esfuerzos de compresión

Molinos: por fricción o impacto con elementos móviles. Molinos de bolas.

Tamizado

Separación por tamaños de las partículas de una mezcla sólida.

Las partículas de menor tamaño pasan a través de la malla.

Centrifugación

Separación de dos fases de densidad parecida utilizando la fuerza centrífuga



TEMA 13

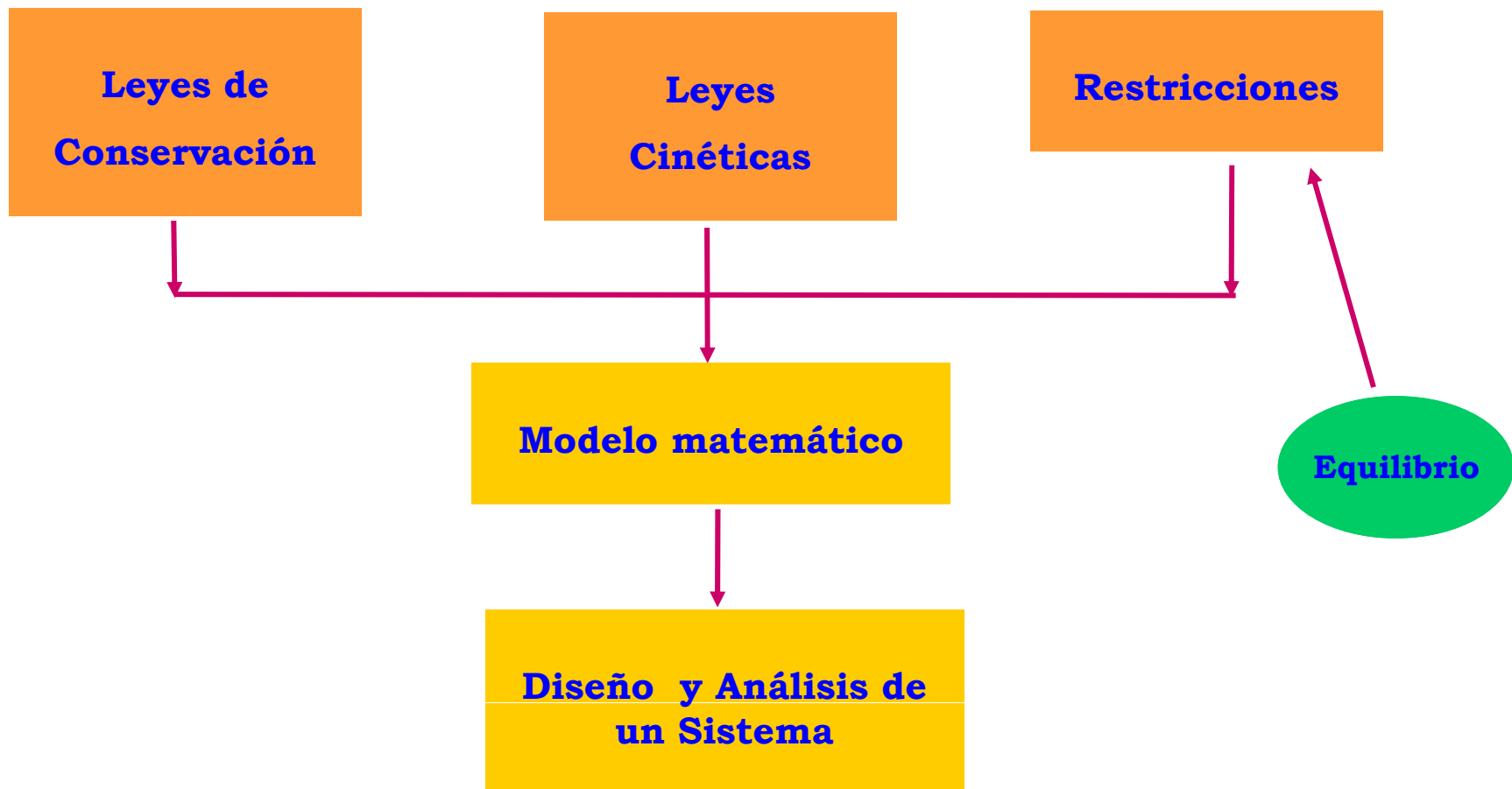
QUIMICA INDUSTRIAL (III)

DPTO. DE INGENIERÍA QUÍMICA

13.1

Balances de Materia

Ecuación de Diseño

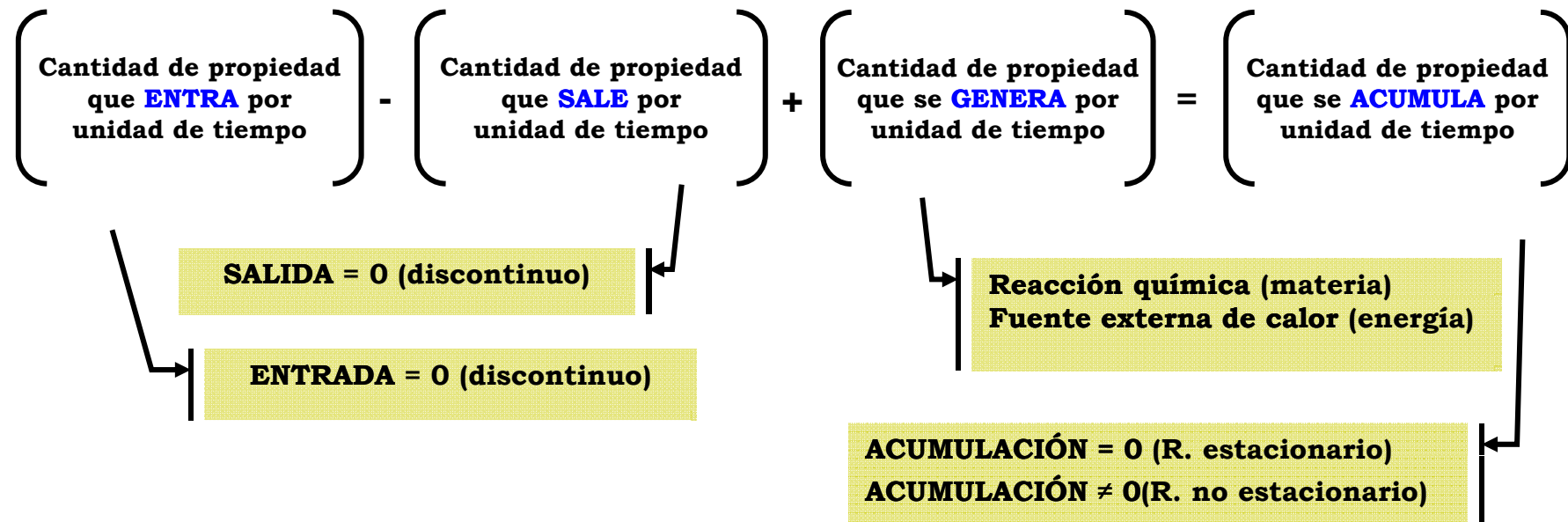


Leyes de Conservación

Ecuaciones matemáticas que permiten reproducir el proceso que tiene lugar en una unidad de operación, en una parte del proceso industrial o en todo el proceso industrial

- **BALANCES DE MATERIA** { Régimen estacionario o no estacionario
Con o sin reacción química }
- **BALANCES DE ENERGÍA** { Régimen estacionario o no estacionario
Con o sin reacción química }
- **BALANCES DE CANTIDAD DE MOVIMIENTO** { Régimen estacionario
Régimen no estacionario }

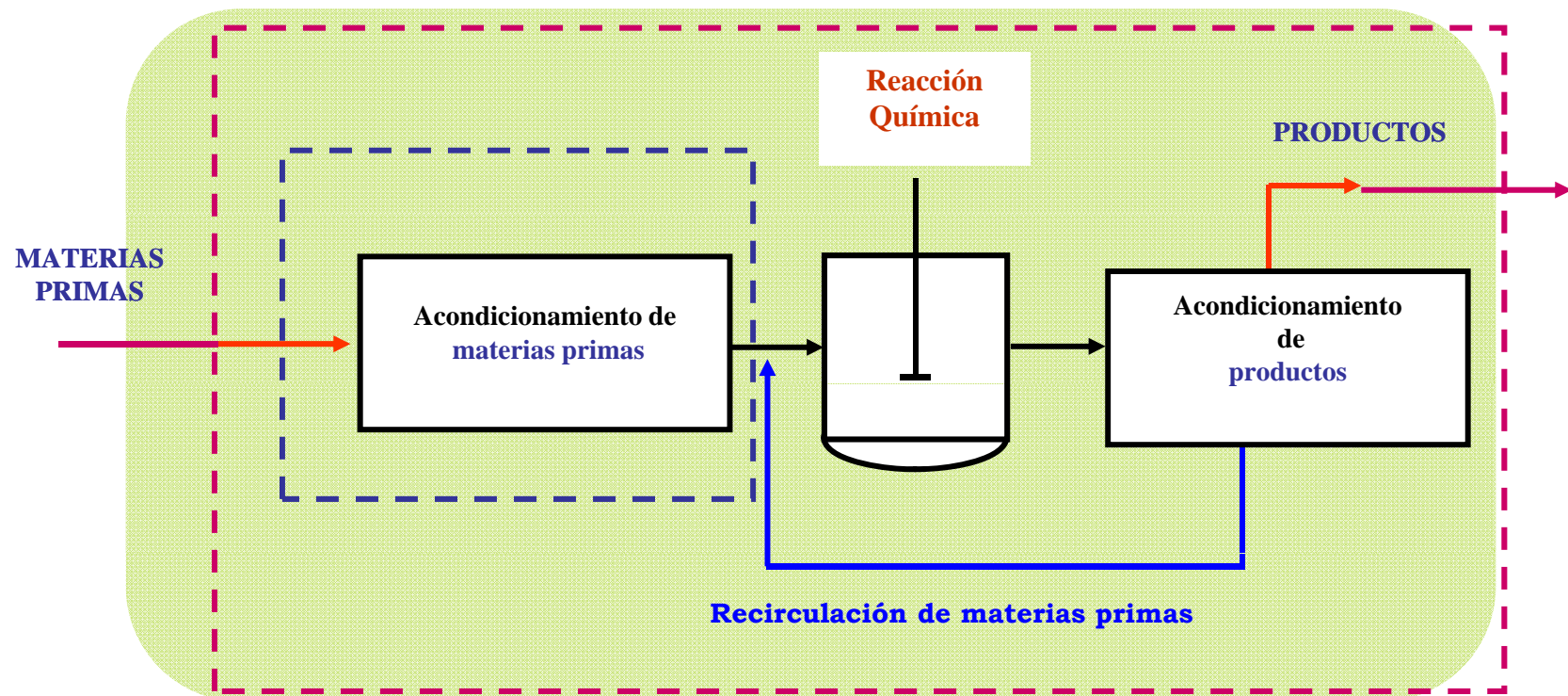
Ecuación General de Balance



Los balances se pueden plantear a dos niveles:

- 1.- BALANCES MACROCÓPICOS:** Nos permiten determinar valores medios de velocidad, temperatura o concentración. *Ec. no Diferenciales*
- 2.- BALANCES MICROSCÓPICOS:** Nos permiten calcular valores puntuales de velocidad, temperatura o concentración. *Ec. Diferenciales*

Ecuación General de Balance




Ecuación G. de Balance de Materia

$$\left(\begin{array}{l} \text{Cantidad de propiedad} \\ \text{que } \mathbf{ENTRA} \text{ por} \\ \text{unidad de tiempo} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{l} \text{Cantidad de propiedad} \\ \text{que } \mathbf{SALE} \text{ por} \\ \text{unidad de tiempo} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{l} \text{Cantidad de propiedad} \\ \text{que se } \mathbf{GENERA} \text{ por} \\ \text{unidad de tiempo} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{l} \text{Cantidad de propiedad} \\ \text{que se } \mathbf{ACUMULA} \text{ por} \\ \text{unidad de tiempo} \end{array} \right)$$

$$\phi_{ve} \cdot \rho_e - \phi_{vs} \cdot \rho_s = \frac{\partial(V \cdot \rho)}{\partial t}$$

En unidades de masa, en el Balance Global de Materia el término **Generación = 0**



$$\Delta(\phi_v \cdot \rho) + \frac{\partial M}{\partial t} = 0$$

Ecuación G. de Balance de Materia

$$\left(\begin{array}{l} \text{Cantidad de propiedad} \\ \text{que } \mathbf{ENTRA} \text{ por} \\ \text{unidad de tiempo} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{l} \text{Cantidad de propiedad} \\ \text{que } \mathbf{SALE} \text{ por} \\ \text{unidad de tiempo} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{l} \text{Cantidad de propiedad} \\ \text{que se } \mathbf{GENERA} \text{ por} \\ \text{unidad de tiempo} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{l} \text{Cantidad de propiedad} \\ \text{que se } \mathbf{ACUMULA} \text{ por} \\ \text{unidad de tiempo} \end{array} \right)$$

$$\phi_{ve} \cdot C_e - \phi_{vs} \cdot C_s = \frac{\partial(V \cdot C_i)}{\partial t}$$

En unidades Molares, hay que tener en cuenta en el Balance Global de Materia el término **Generación**

Generación = 0 En el sistema no hay reacción Química

Generación ≠ 0 En el sistema hay reacción Química

Balance de Materia a Múltiples Componentes

$$\left(\begin{array}{c} \text{Cantidad de propiedad} \\ \text{que } \mathbf{ENTRA} \text{ por} \\ \text{unidad de tiempo} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{c} \text{Cantidad de propiedad} \\ \text{que } \mathbf{SALE} \text{ por} \\ \text{unidad de tiempo} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{c} \text{Cantidad de propiedad} \\ \text{que se } \mathbf{GENERA} \text{ por} \\ \text{unidad de tiempo} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{Cantidad de propiedad} \\ \text{que se } \mathbf{ACUMULA} \text{ por} \\ \text{unidad de tiempo} \end{array} \right)$$

$$\phi_{ve} \cdot \sum \rho_{e,i} - \phi_{vs} \cdot \sum \rho_{s,i} = \frac{\partial (V \cdot \sum \rho_i)}{\partial t}$$

B. M. Expresado en términos de Fracción molar

$$\Delta(n \cdot x_i) + \frac{\partial (N \cdot x_i)}{\partial t} = 0$$

B. M. Expresado en términos de Fracción másica

$$\Delta(m \cdot w_i) + \frac{\partial (M \cdot w_i)}{\partial t} = 0$$