

Unidades temáticas

- 1 Generalidades de los procesos de transformación
- 2 Abordaje de problemas vinculados a los procesos de transformación
- 3 Balances de materia
- 4 Balances de energía
- 5 Operaciones Unitarias y Servicios Auxiliares
- 6 Aspectos económico / financieros

Unidades temáticas

1 Generalidades de los procesos de transformación

5 Operaciones Unitarias y Servicios Auxiliares

1 Generalidades de los procesos de transformación

- Motivación de los procesos de transformación
- Algunas peculiaridades de los procesos de transformación provocados por el ser humano
 - Naturaleza de las transformaciones involucradas
 - Concatenación de procesos de transformación
 - Espontaneidad
 - Hay entradas y salidas, de materia y energía
 - Participan seres humanos
 - Impacto en la Naturaleza
 - Riesgos de accidentes
- Procesos por lotes / Procesos continuos
- Estados estacionario y transitorio
- Partes de un proceso de transformación
- Representación gráfica de procesos
- Procesos de transformación en el contexto de las actividades humanas
- La industria de procesos
- Evolución temporal

... aquí encontramos las Operaciones Unitarias y los Servicios Auxiliares

Unidades temáticas

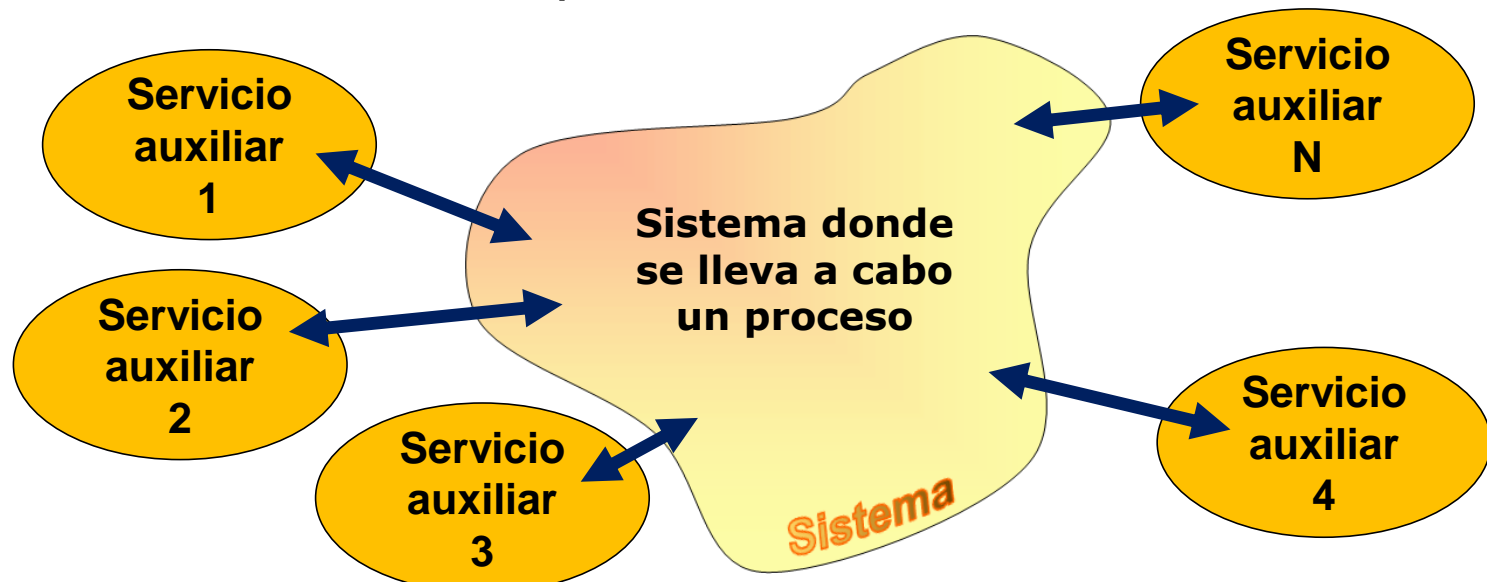
- 1 Generalidades de los procesos de transformación
- 2 Abordaje de problemas vinculados a los procesos de transformación
- 3 Balances de materia
- 4 Balances de energía
- 5 Operaciones Unitarias y Servicios Auxiliares
- 6 Aspectos económico / financieros

Servicios Auxiliares

Servicios Auxiliares

¿A qué nos referimos?

Actividades que involucran intercambios de materia y/o de energía con el sistema en el que se lleva a cabo el proceso al cual “auxilian”.



Servicios Auxiliares

¿A qué nos referimos?

Actividades que involucran intercambios de materia y/o de energía con el sistema en el que se lleva a cabo el proceso al cual “auxilian”.

Aportan materiales y/o energía necesaria, o bien, retiran materiales y/o energía que debe ser descartada, para que el proceso pueda ocurrir.

NOTA: Otra acepción dada al término “servicios” y con la que no debemos confundir, es para referir a ciertas actividades humanas relacionadas con ciertas áreas de gestión (por ej. mantenimiento, logística, seguridad perimetral, control de calidad, consultoría técnica, prevención de accidentes, prestaciones al personal, etc...)

Servicios Auxiliares

¿A qué nos referimos?

Actividades que involucran intercambios de materia y/o de energía con el sistema en el que se lleva a cabo el proceso al cual “auxilian”.

Aportan materiales y/o energía necesaria, o bien, retiran materiales y/o energía que debe ser descartada, para que el proceso pueda ocurrir.

“materiales y/o energía” → “recursos”

Una clasificación (no exhaustiva) podría hacerse a partir de los tipos de recursos que involucran.

Tipos de Servicios Auxiliares (ejemplos) (I)

Recursos Energéticos

- ✓ Trabajo mecánico:
 - electricidad (para motores)
 - circuitos hidráulicos y neumáticos de fuerza, ...
- ✓ Calefacción
 - electricidad (para resistencias)
 - generación y distribución de vapor (de agua)
 - humos de combustión,
 - aceites térmicos ...
- ✓ Refrigeración
 - agua de refrigeración,
 - refrigerantes baja T (amoníaco, freones, etc...)
 - aire para enfriamiento

Tipos de Servicios Auxiliares (ejemplos) (II)

Recursos Operativos

- ✓ Transmisión de información (y control)
 - electricidad en baja tensión
 - aire comprimido
- ✓ Atmósferas controladas (gases inertes industriales)
- ✓ Higiene
 - agua potable
 - ventilación

Recursos para la Seguridad

- ✓ refrigeración para enfriamiento súbito (reactores)
- ✓ agua contra incendios (para hidrantes)
- ✓ aire medicinal
- ✓ electricidad (iluminación, video vigilancia, alarmas...)

Tipos de Servicios Auxiliares (ejemplos) (III)

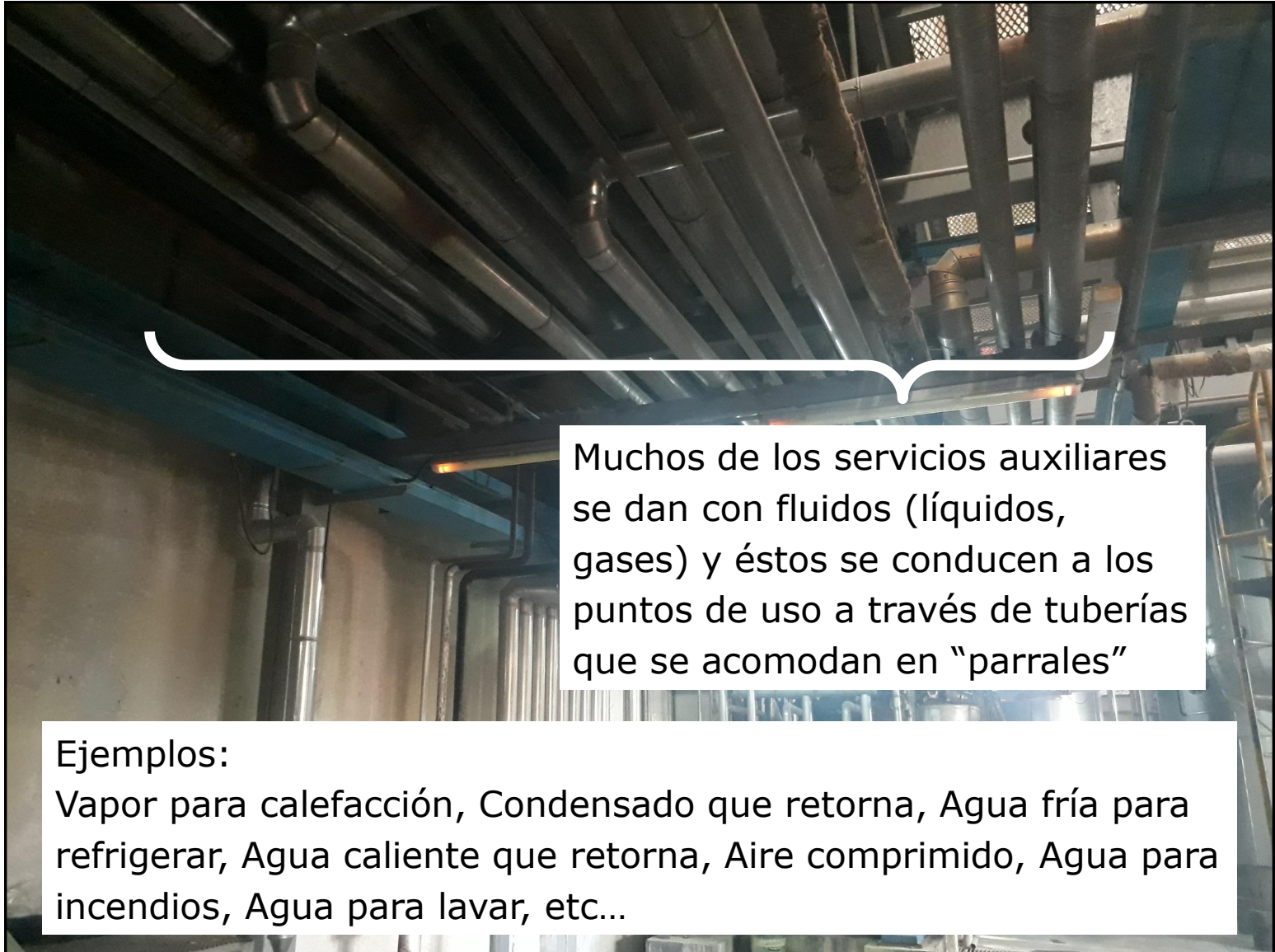
Recursos para la gestión medioambiental

- ✓ Procesamiento y evacuación de efluentes (líquidos)
- ✓ Procesamiento y evacuación de emisiones (humos, vahos, partículas, etc..)
- ✓ Procesamiento y disposición de residuos

Servicios Auxiliares

¿Son parte del proceso de transformación en cuestión?
o no?

No forman parte del núcleo del proceso pero proporcionan al proceso distintos recursos materiales y/o energéticos necesarios sin los que el proceso no podría tener lugar de forma satisfactoria.



Muchos de los servicios auxiliares se dan con fluidos (líquidos, gases) y éstos se conducen a los puntos de uso a través de tuberías que se acomodan en "parrales"

Ejemplos:

Vapor para calefacción, Condensado que retorna, Agua fría para refrigerar, Agua caliente que retorna, Aire comprimido, Agua para incendios, Agua para lavar, etc...



Por estas bandejas van los cables de energía eléctrica (de potencia -380 V-, iluminación, de señal -24 V-) y otros (redes de comunicación, CCTV, etc...)



Pregunta

En la cocina de vuestra casa se realizan a diario varios procesos de transformación (convirtiendo ingredientes simples en platos de comida exquisitos listos para consumir).

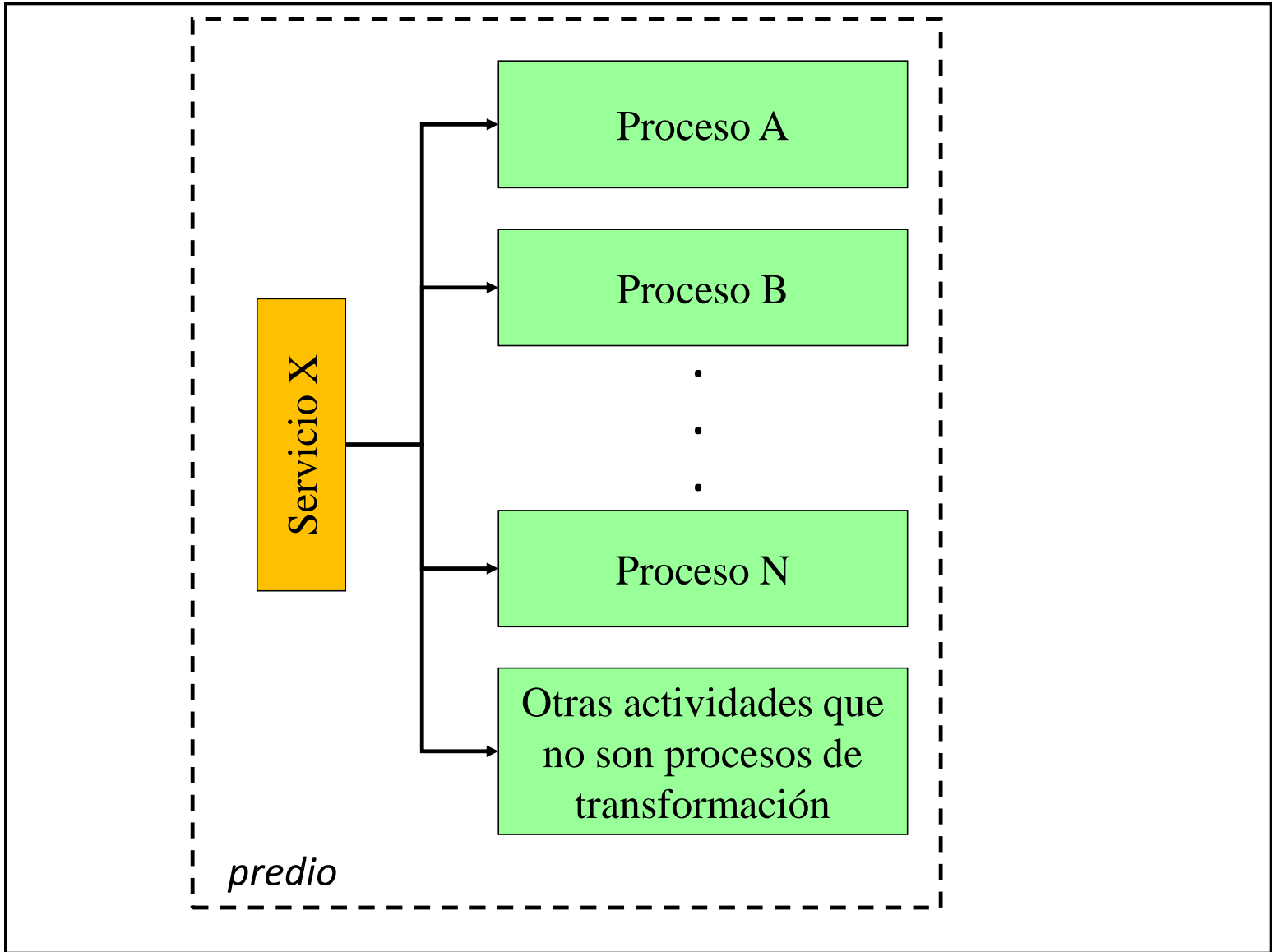
Cite cuáles son los servicios auxiliares que require su cocina para poder llevar a cabo dichos procesos.

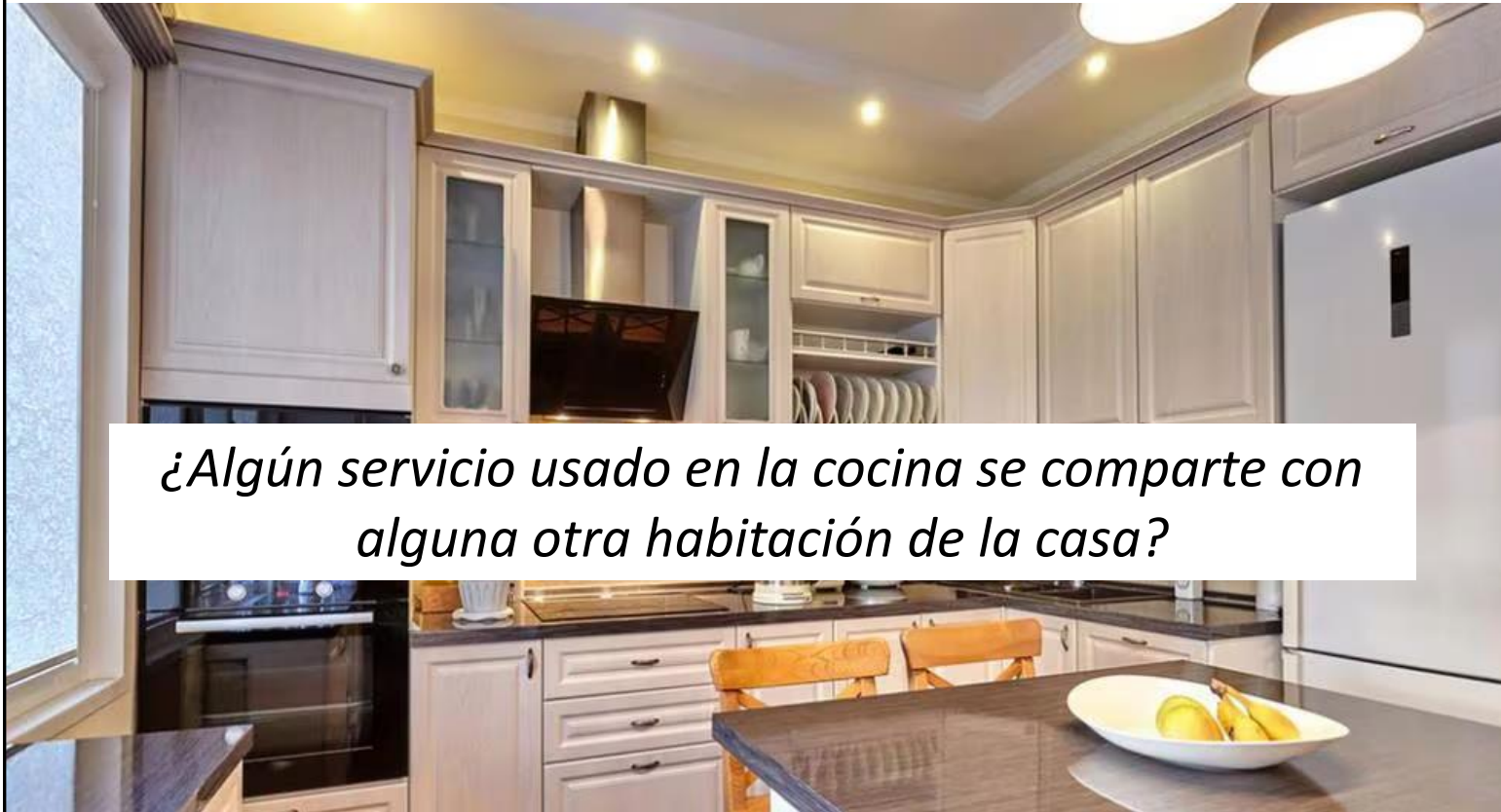
Servicios Auxiliares

Se pueden compartir...

En general se comparten para todos los procesos de la planta

También aportan recursos a otras actividades de la planta (no estrictamente vinculadas con los procesos de transformación)





¿Algún servicio usado en la cocina se comparte con alguna otra habitación de la casa?

Ejemplos de Servicios Auxiliares

Daremos un rápido vistazo a modo de ejemplo

Energéticos

- ✓ Trabajo mecánico:
 - electricidad (para motores)
 - circuitos hidráulicos y neumáticos de fuerza, ...
- ✓ Calefacción
 - (electricidad para resistencias)
 - generación y distribución de vapor (de agua)
 - humos de combustión,
 - aceites térmicos ...
- ✓ Refrigeración
 - agua de refrigeración,
 - refrigerantes baja T (amoníaco, freones, etc...)

Operativos

- ✓ Transmisión de información (y control)
- electricidad en baja tensión
- aire comprimido
- atmósferas controladas (gases inertes industriales)
- agua potable
- distribución
- agua para enfriamiento súbito (reactores)
- agua para incendios (para hidrantes).
- señal.
- seguridad (iluminación, video vigilancia, alarmas...)

Medioambientales

- ✓ Procesamiento y evacuación de efluentes (líquidos)
- ✓ Procesamiento y evacuación de emisiones (humos, vahos, partículas, etc..)
- ✓ Procesamiento y disposición de residuos

Calefacción / Refrigeración

El aporte o retiro de calor de un sistema de interés se hace intercambiando calor entre el sistema y una fuente o sumidero.

Este aporte y retiro puede ser:

- directo (ejemplos: horno para calentar, aerorefrigerador para enfriar)
- Indirecto (usando un fluido intermedio para transportar la energía)

El a
se h
una

En un caso el material recibe el calor directo de la fuente, en el otro el material entrega el calor directo al sumidero (aire atmosférico)

n
de interés
stema y

Este aporte y retiro puede ser:

- directo (ejemplos: horno para calentar, aerorefrigerador para enfriar)
- Indirecto (usando un fluido intermedio para transportar la energía)

Calefacción / Refrigeración

El aporte o retiro de calor se hace intermedio a una fuente o sumidero de calor.

Este aporte y retiro puede ser:

- directo (ejemplo: horno para calentar, aerorefrigerador para enfriar)
- Indirecto (usando un fluido intermedio para transportar la energía)

Ocurren intercambios de calor entre el material del proceso y el fluido intermedio que aporta o retira el calor (ej. en intercambiadores de calor)

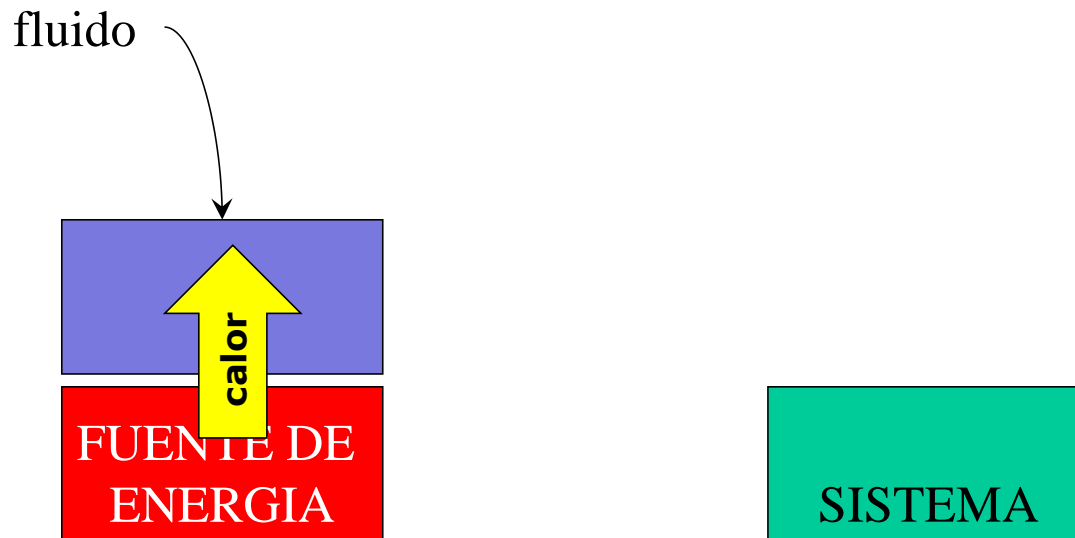
Transporte de energía

CALEFACCION DIRECTA



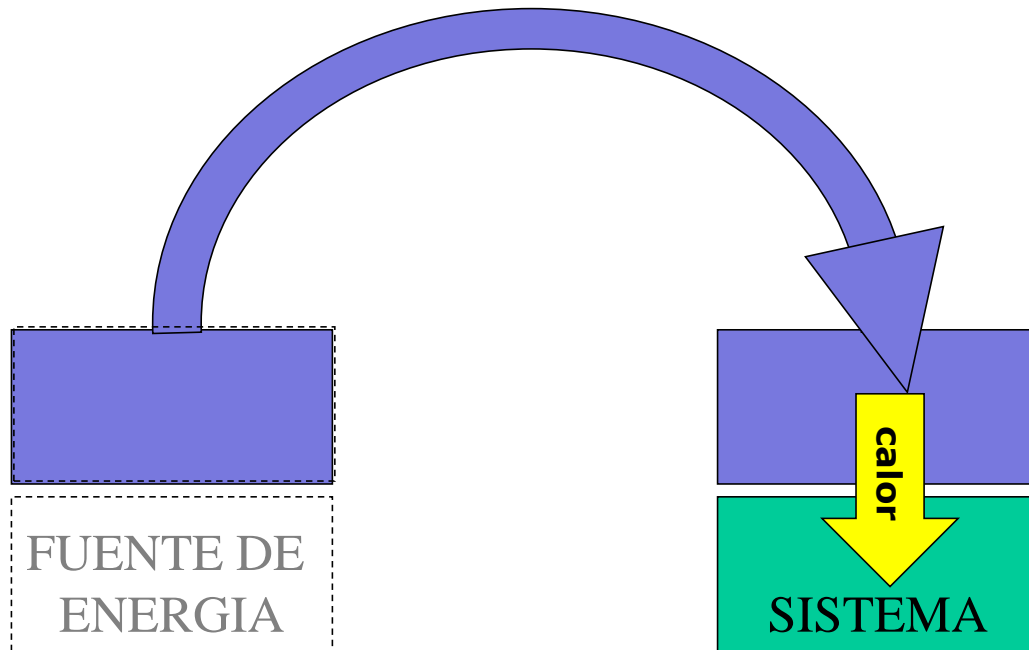
Transporte de energía

CALEFACCION INDIRECTA



Transporte de energía

CALEFACCION INDIRECTA



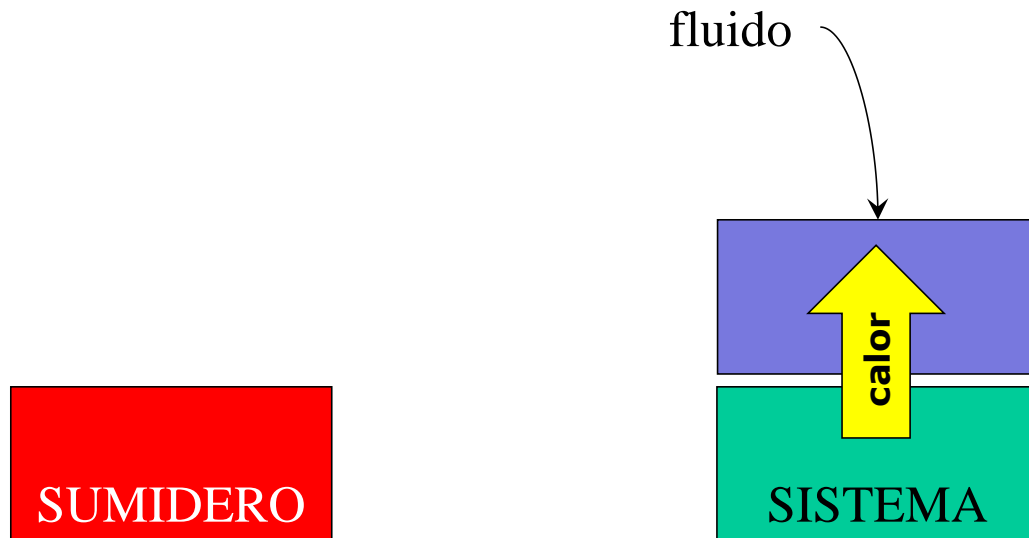
Transporte de energía

REFRIGERACION DIRECTA



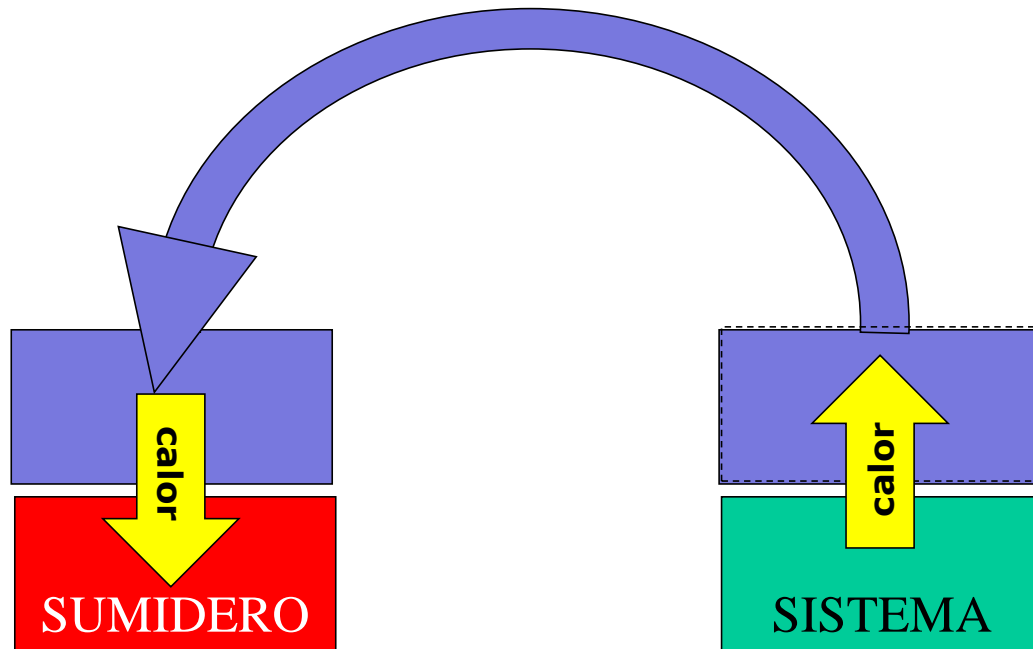
Transporte de energía

REFRIGERACION INDIRECTA



Transporte de energía

REFRIGERACION INDIRECTA



VEREMOS A MODO DE EJEMPLO...

Uso de vapor de agua
para transporte de energía

Uso de vapor de agua para transporte de energía

- El vapor provee un medio para transportar cantidades controlables de energía desde una central (en donde se produce)
- El vapor puede entregar:
 - energía térmica (calor), o
 - energía mecánica (trabajo)

Uso de vapor de agua para transporte de energía

Sistema donde se lleva a cabo cierto proceso de transformación

A modo de ejemplo:

Calentar agua

Calentar el contenido de un reactor

Impulsar una turbina

A

B

N

Uso de vapor de agua para transporte de energía

En estos puntos se requiere energía (térmica y/o mecánica)

Disponemos de energía (química) en el combustible

combustible

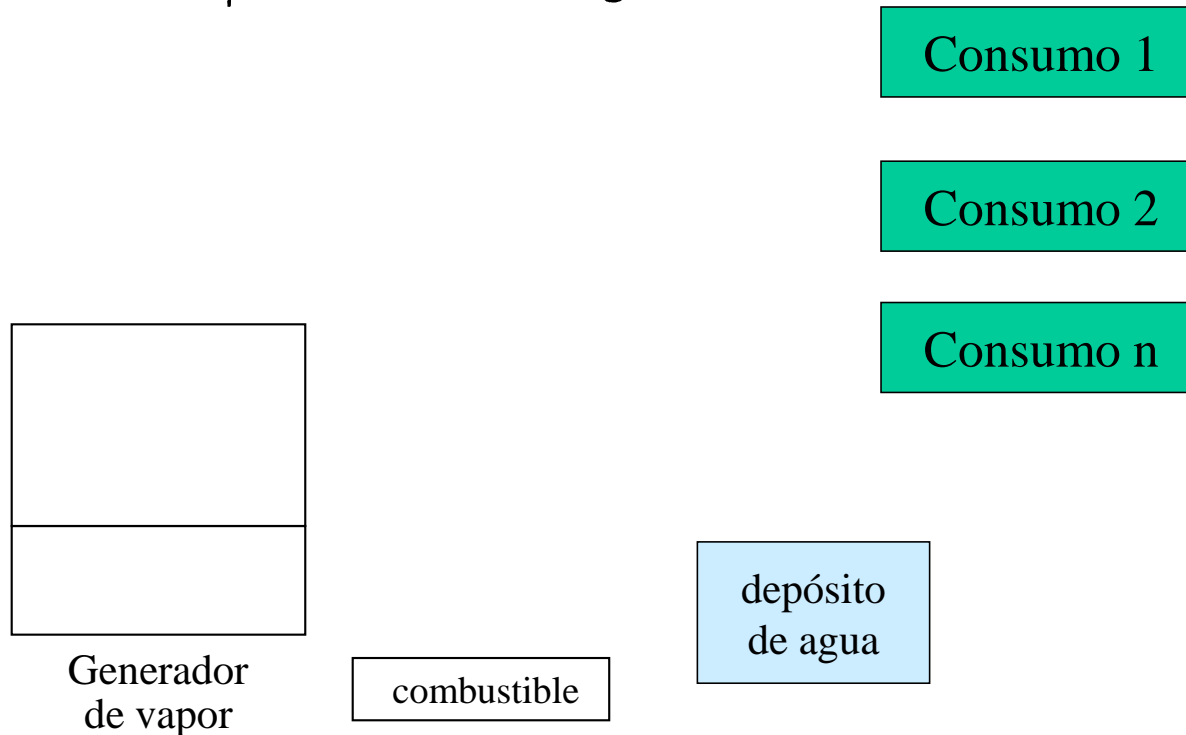
Consumo 1

Consumo 2

Consumo n

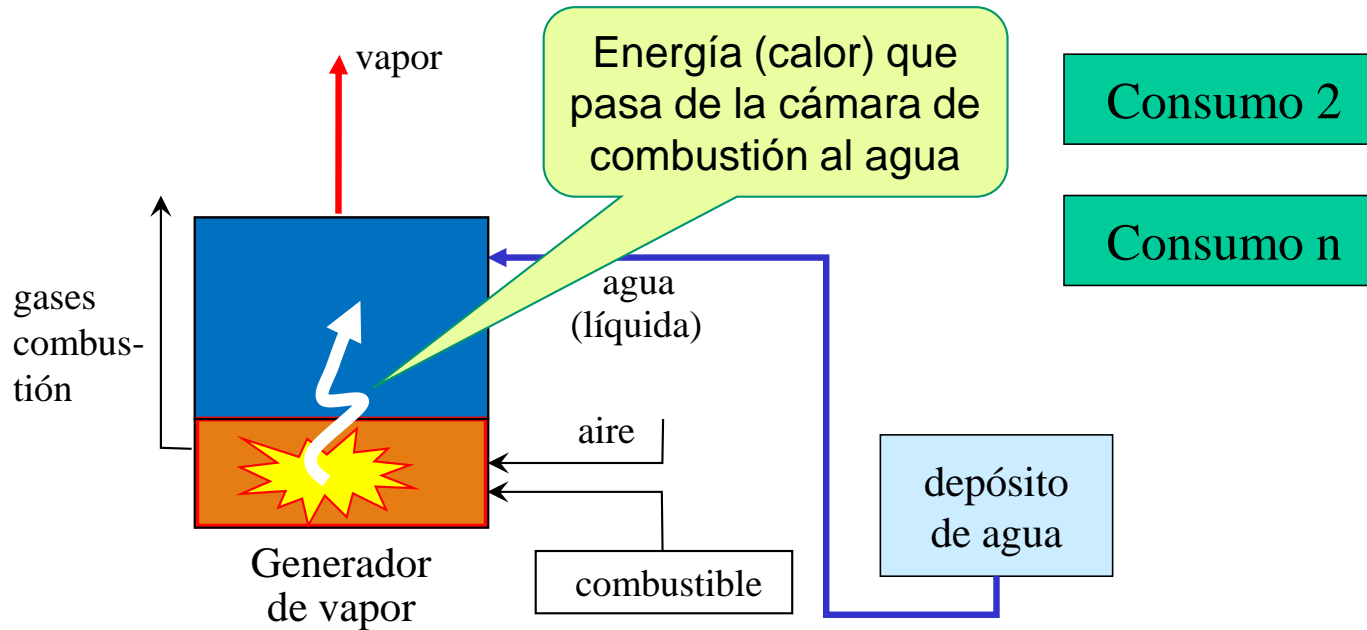
Uso de vapor de agua para transporte de energía

Usaremos agua (vapor)
para transportar la energía

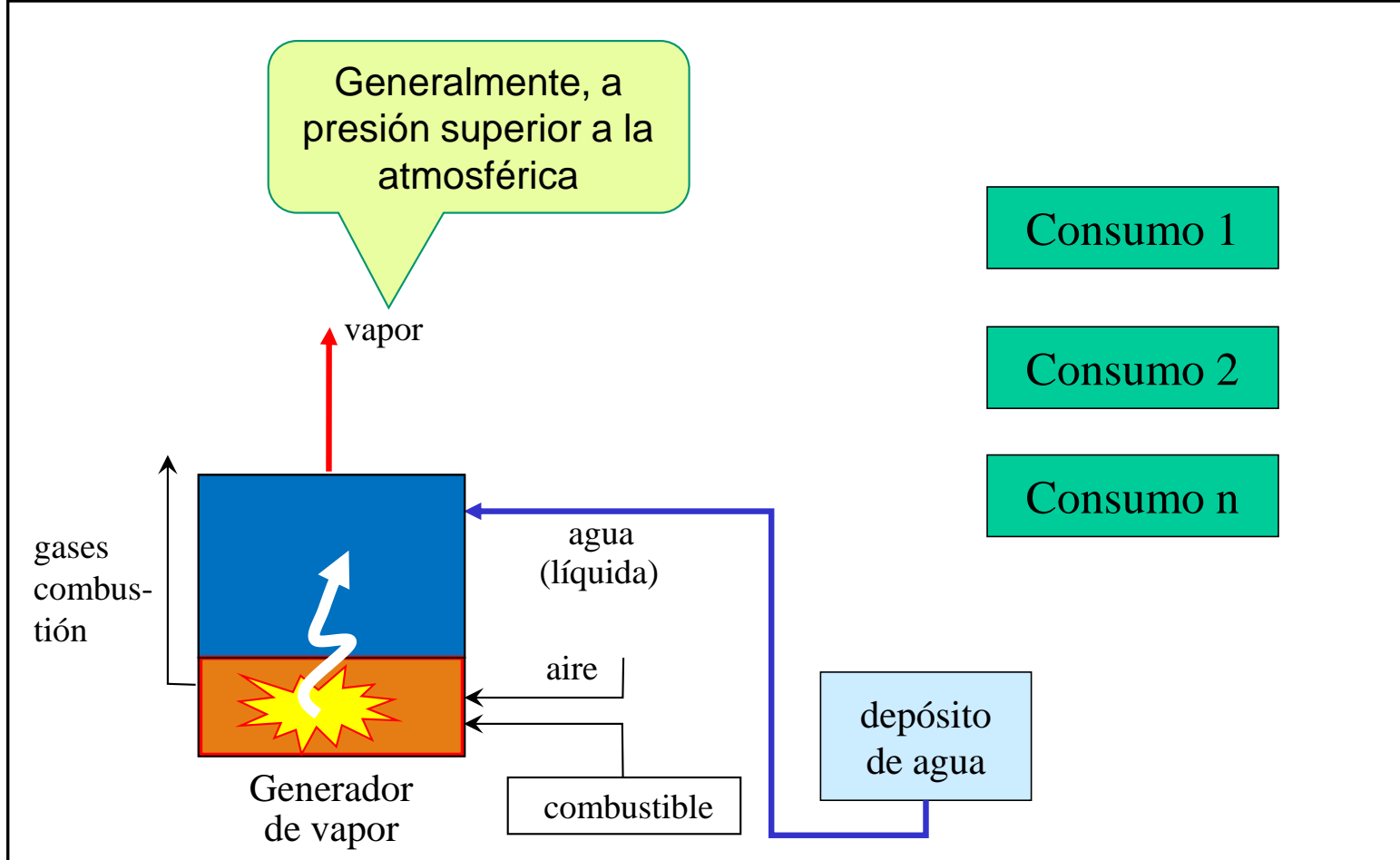


Uso de vapor de agua para transporte de energía

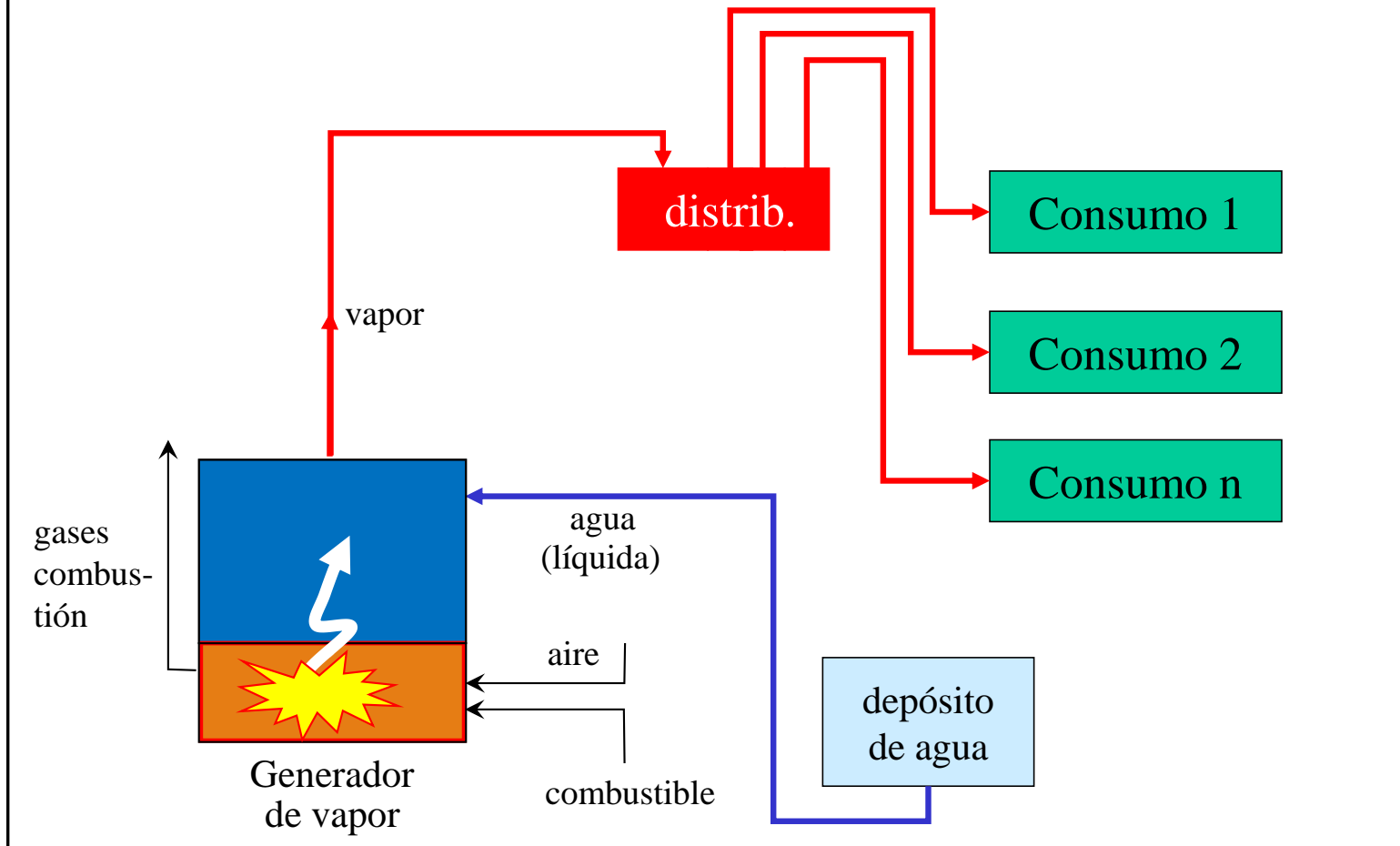
Usaremos agua (vapor)
para transportar la energía



Uso de vapor de agua para transporte de energía

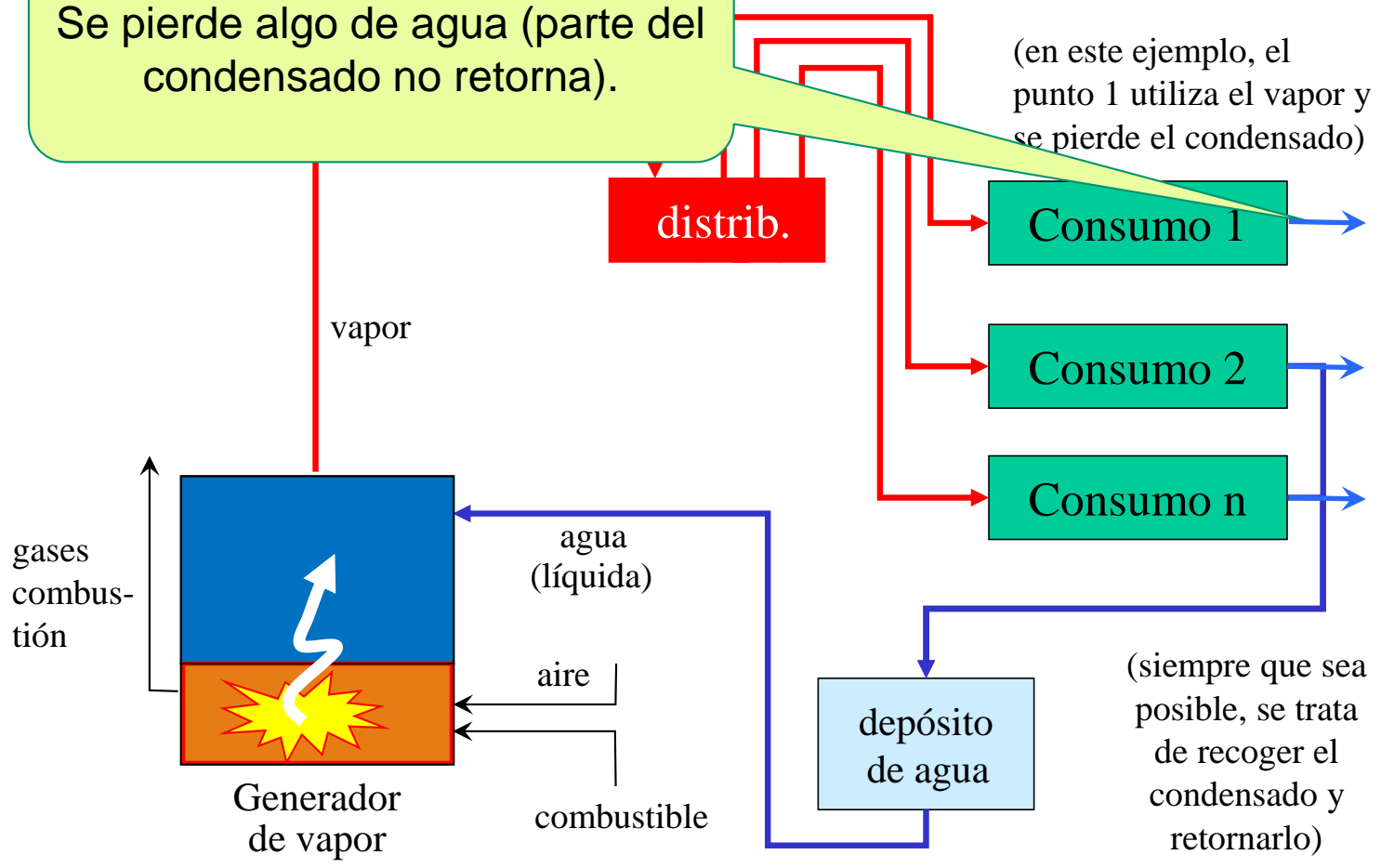


Uso de vapor de agua para transporte de energía



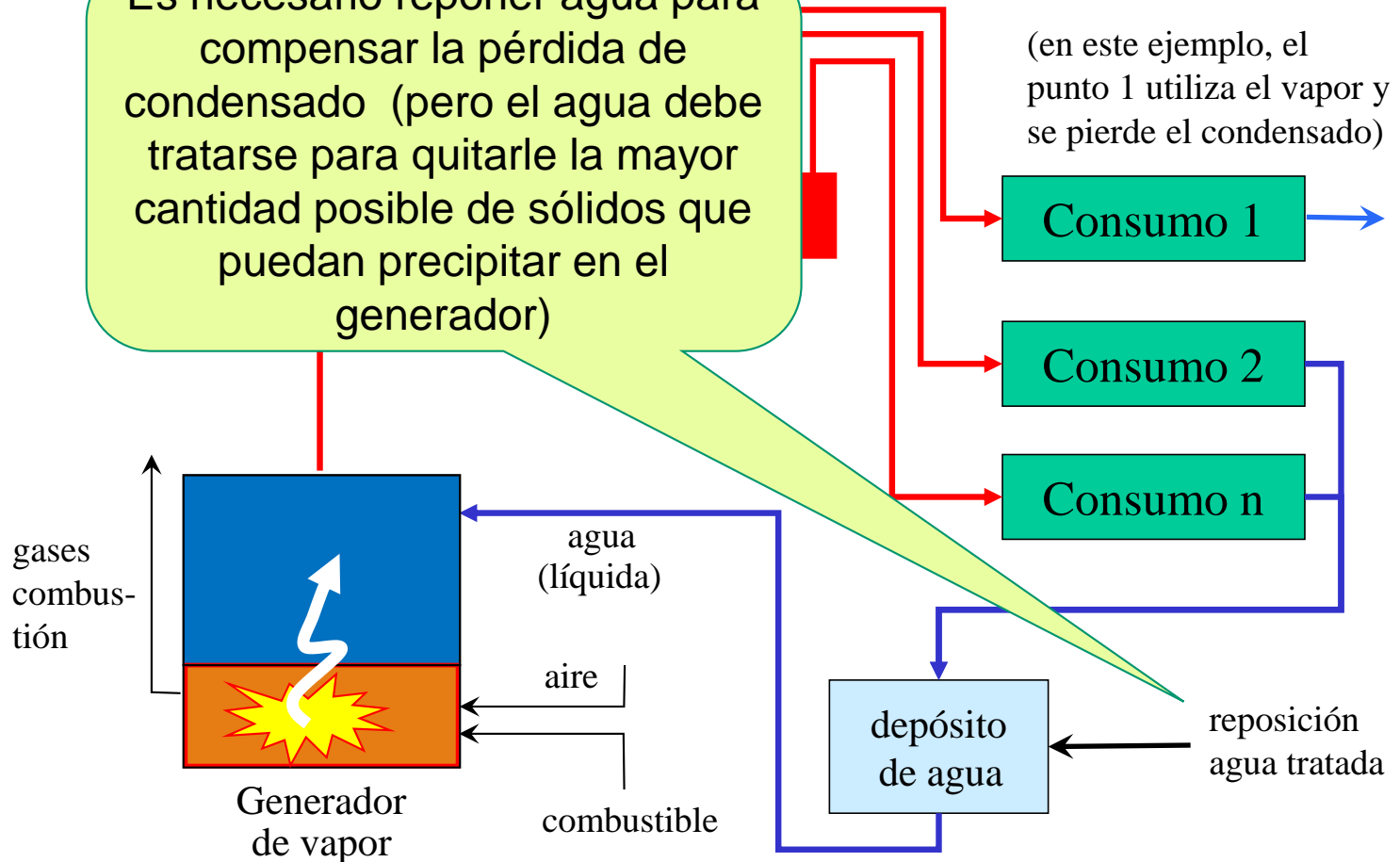
Uso de vapor de agua para transporte de energía

Se pierde algo de agua (parte del condensado no retorna).

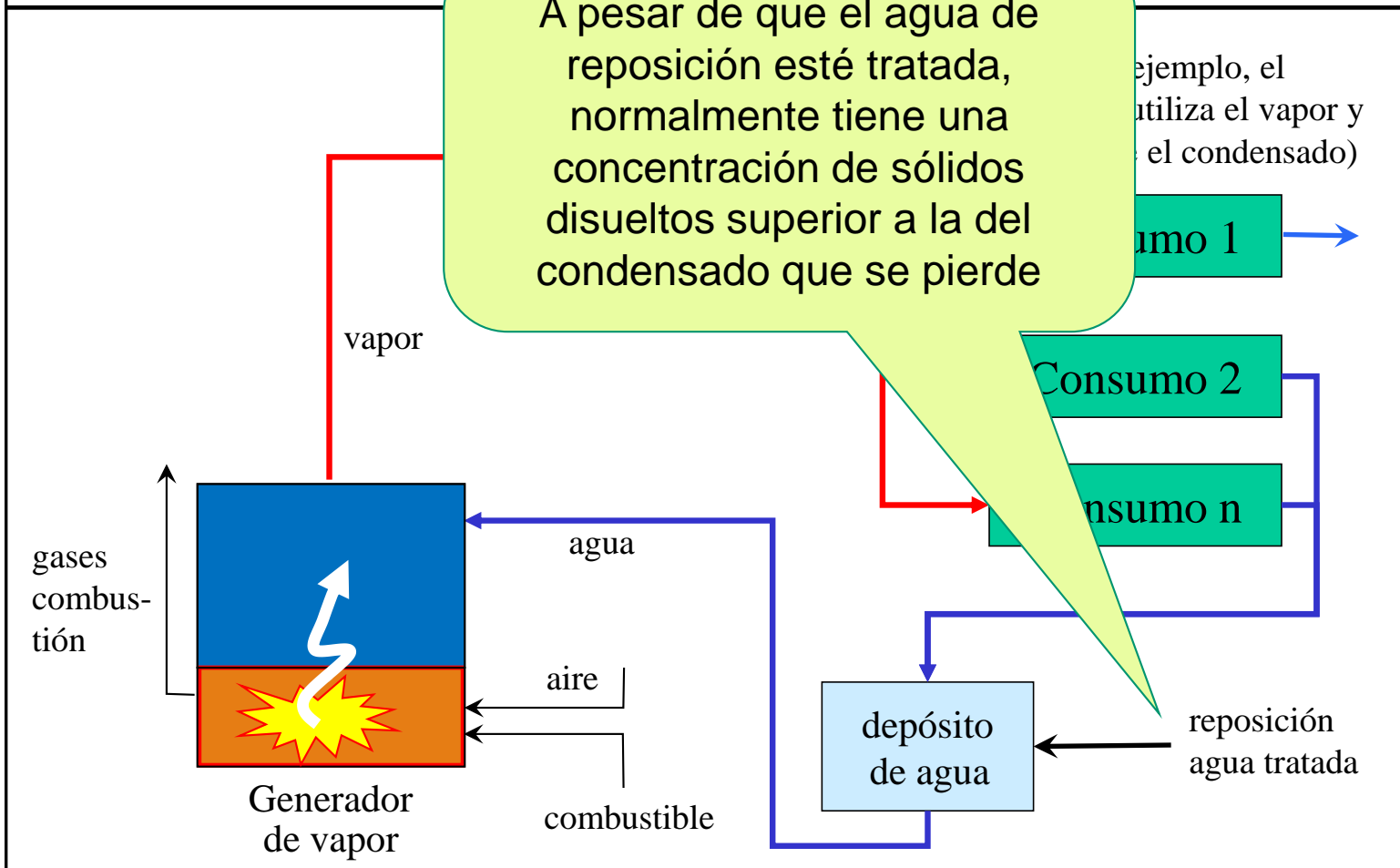


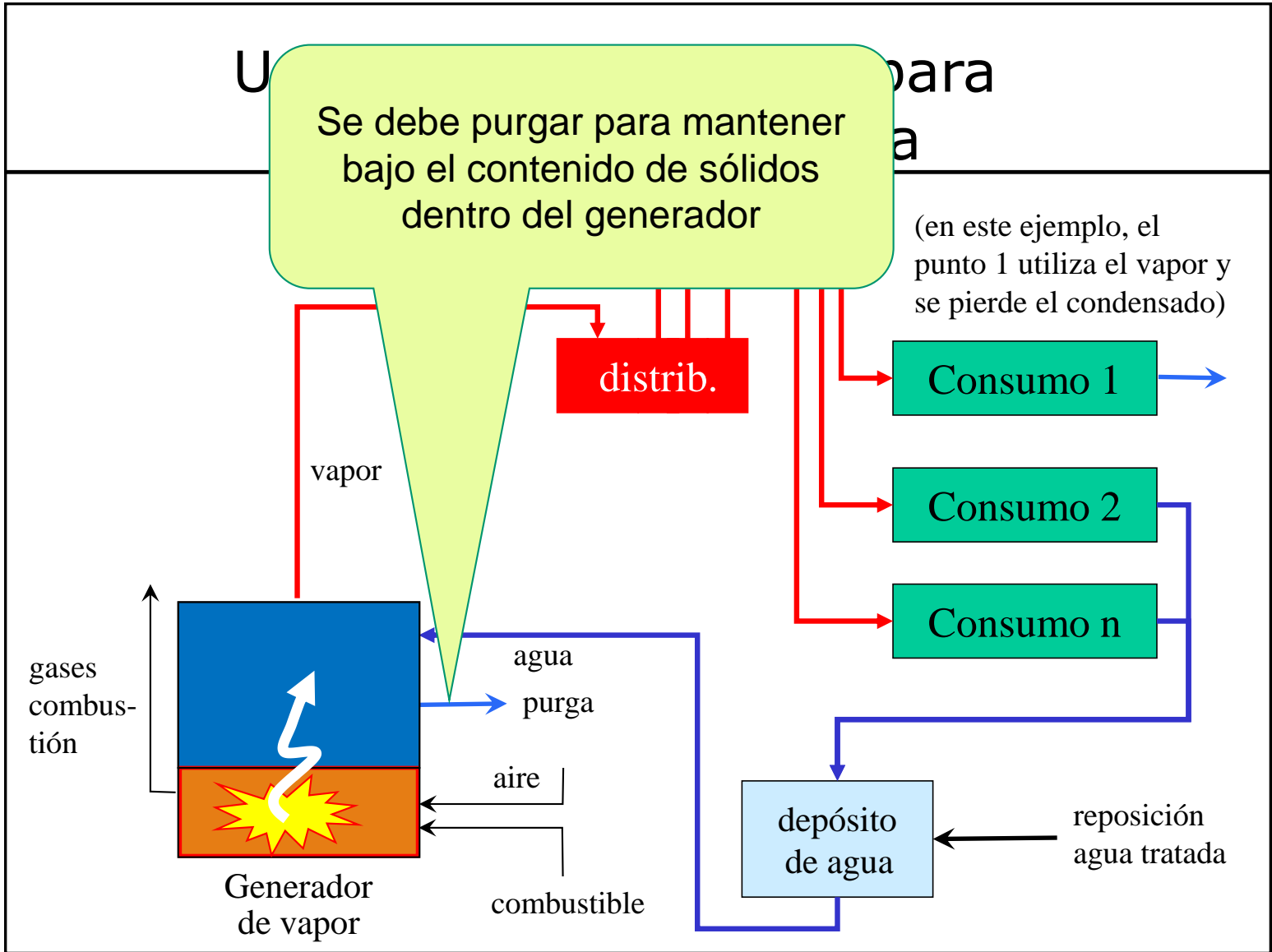
Uso de vapor de agua para transporte de energía

Es necesario reponer agua para compensar la pérdida de condensado (pero el agua debe tratarse para quitarle la mayor cantidad posible de sólidos que puedan precipitar en el generador)



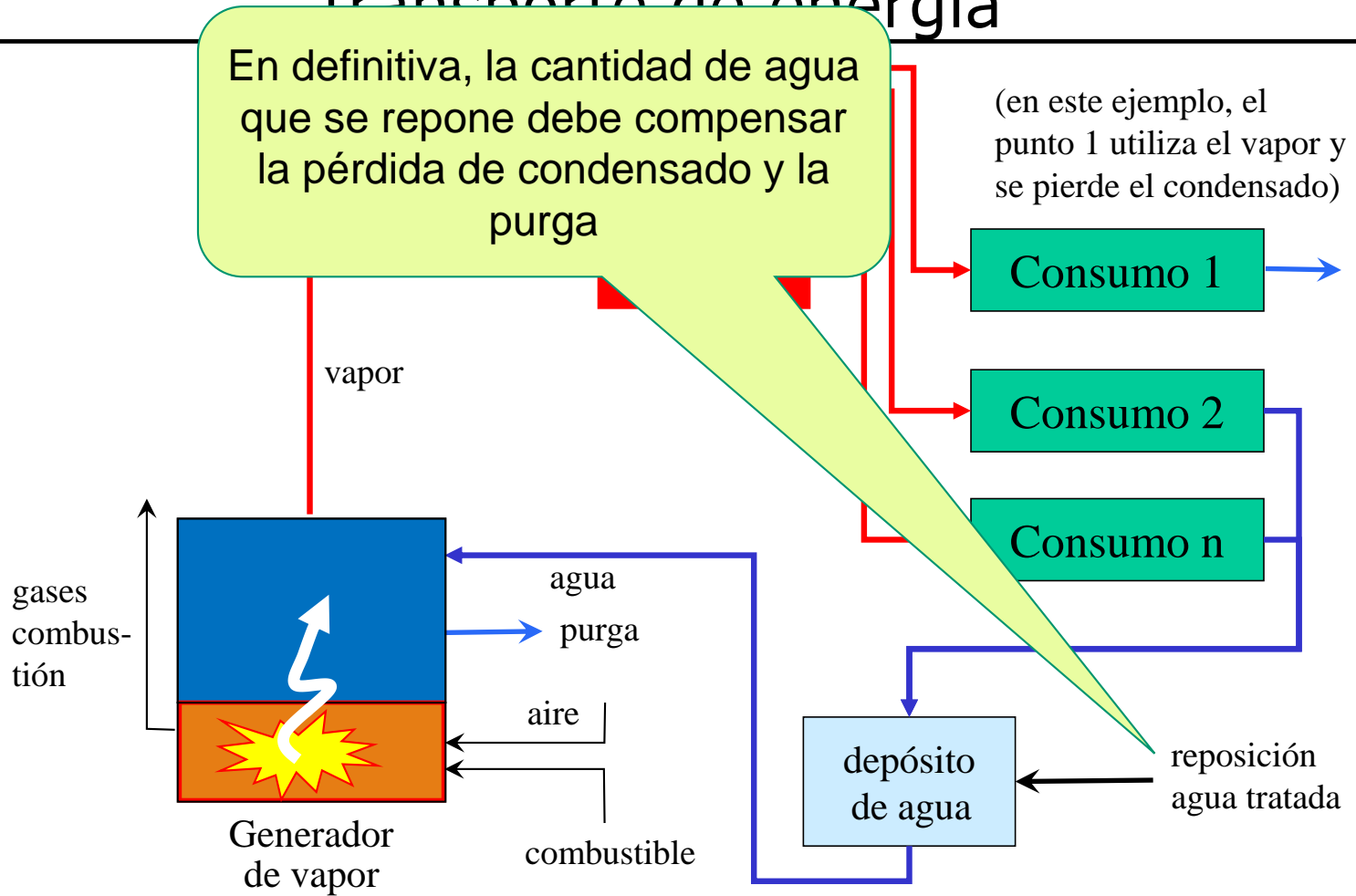
Uso de vapor de agua para tran



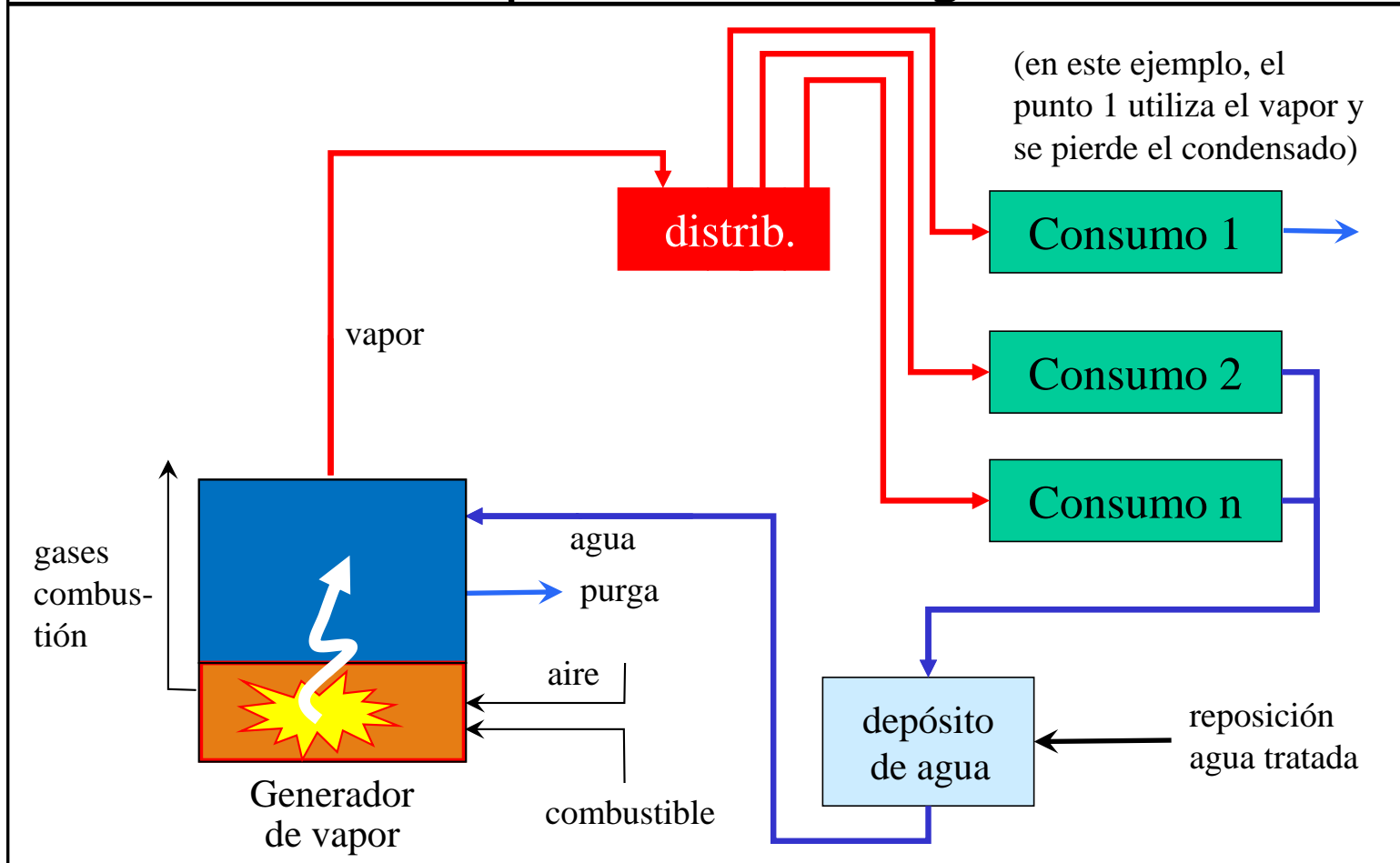


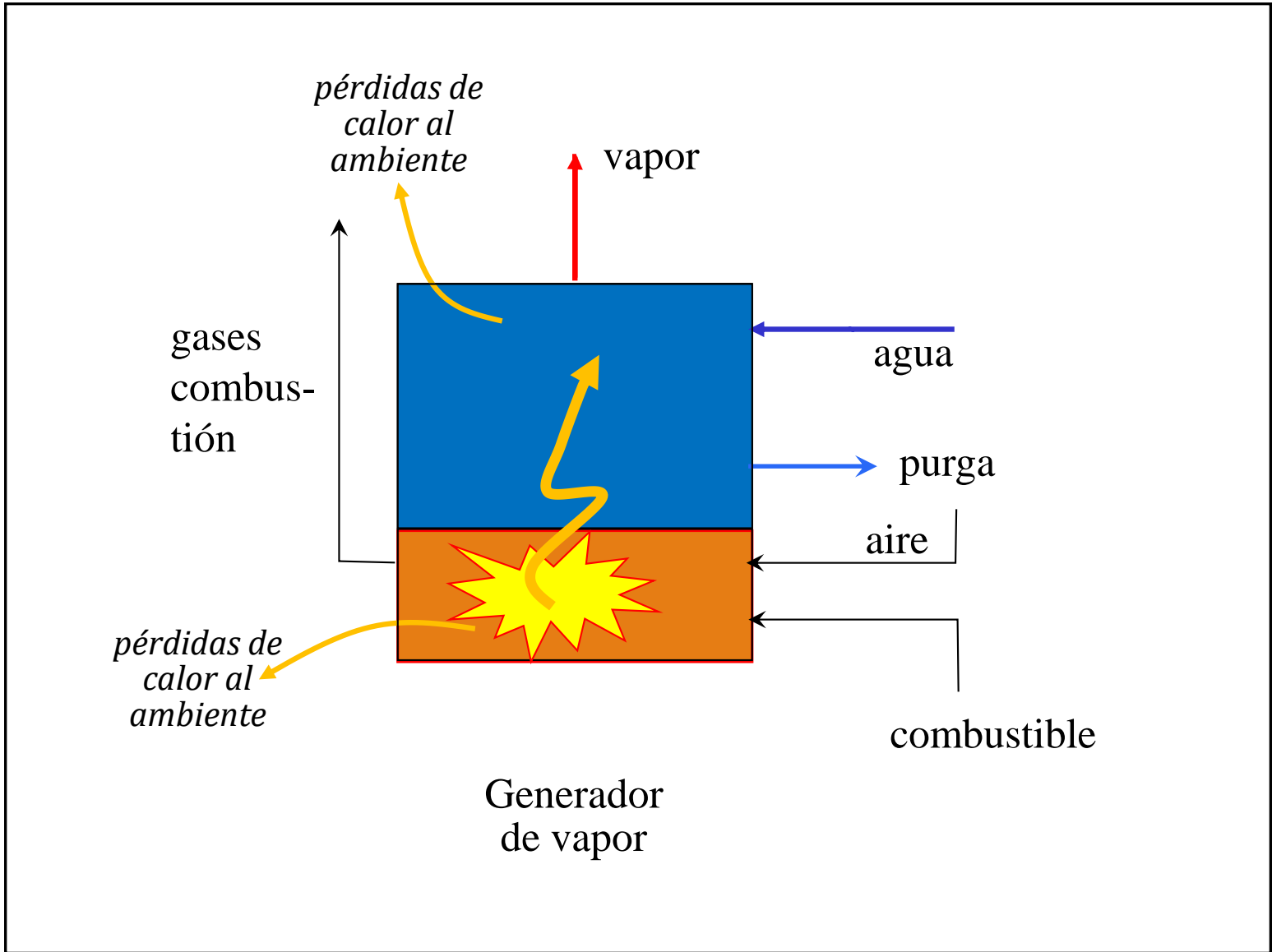
Uso de vapor de agua para transporte de energía

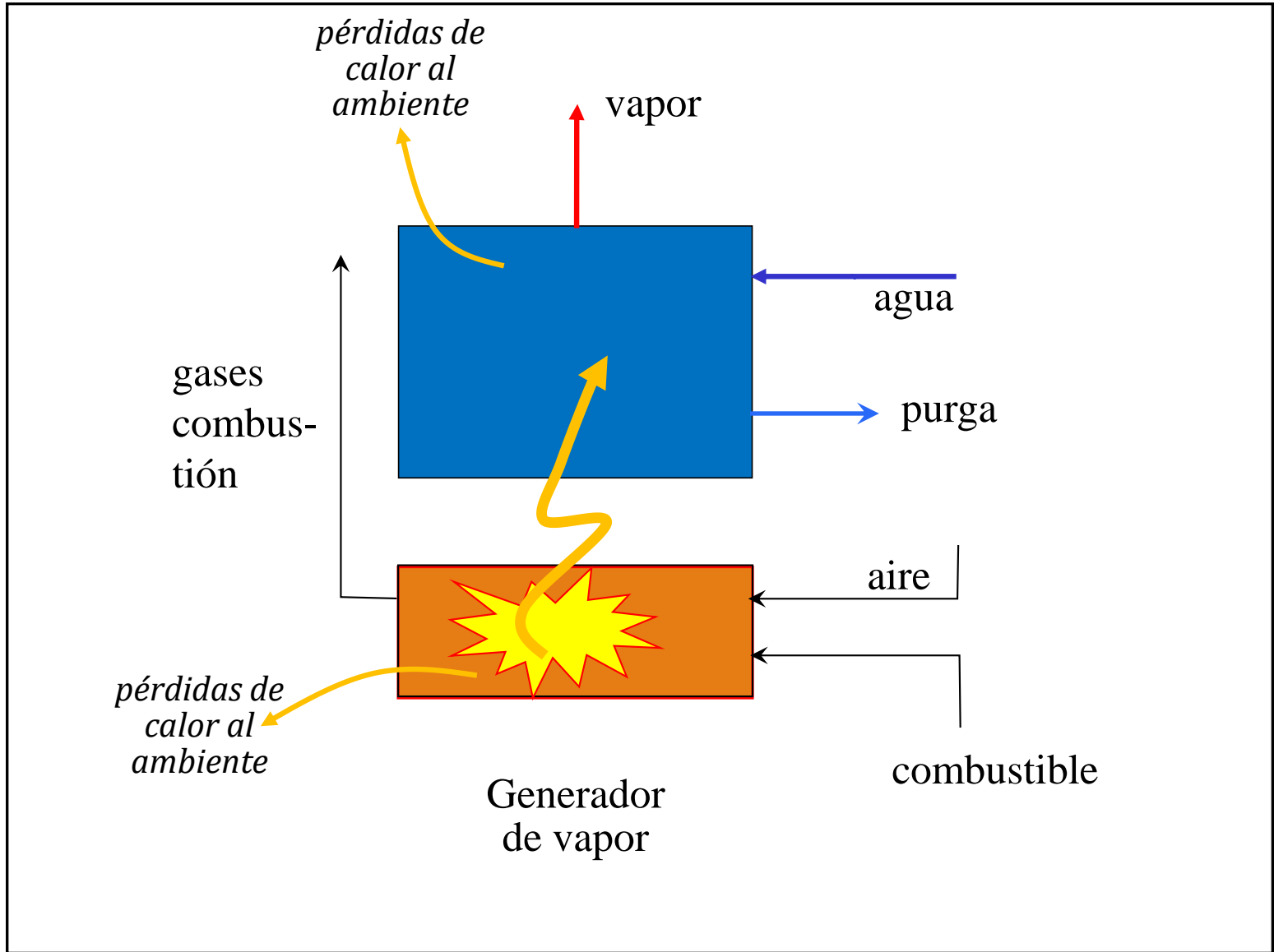
En definitiva, la cantidad de agua que se repone debe compensar la pérdida de condensado y la purga

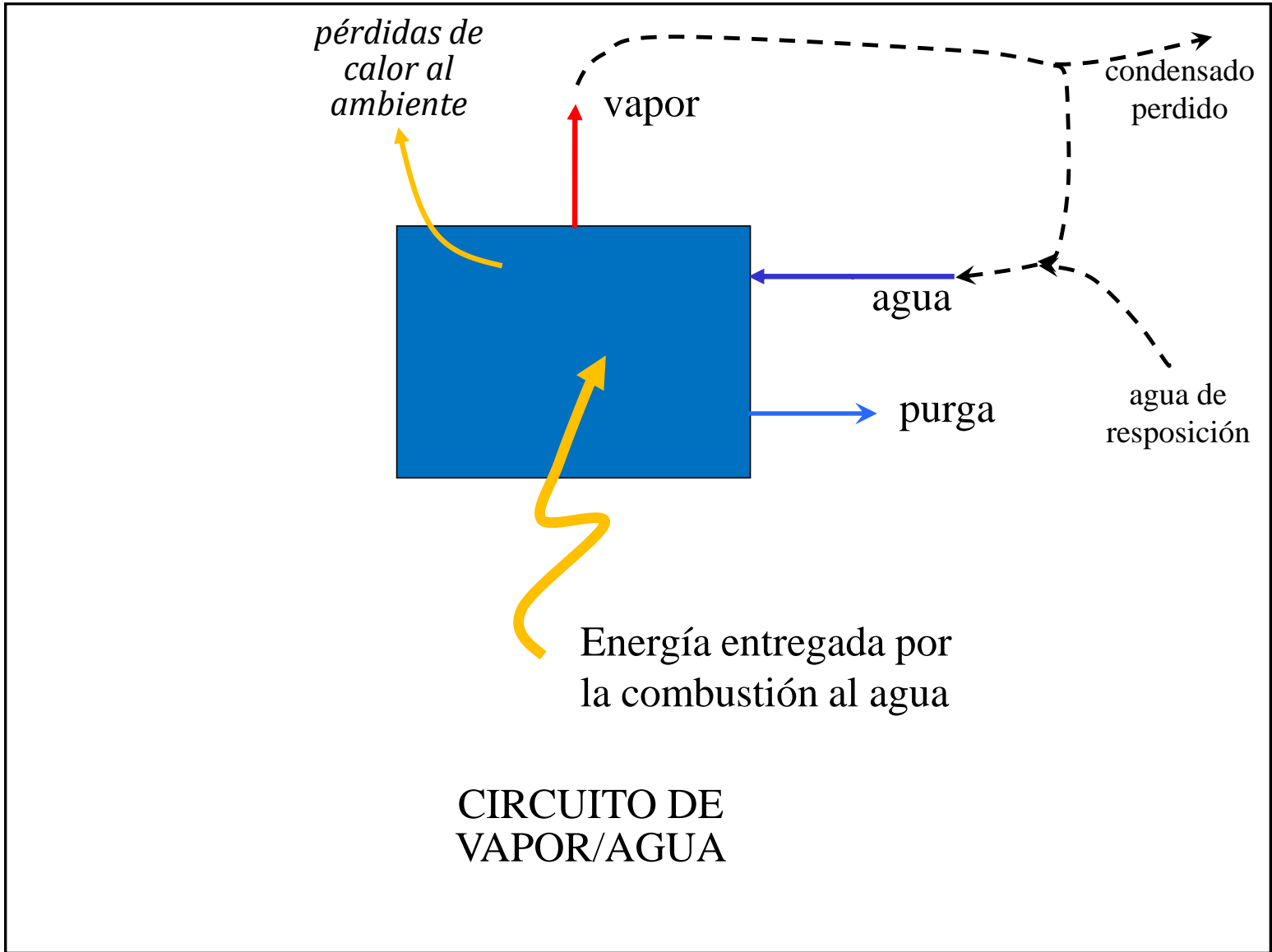


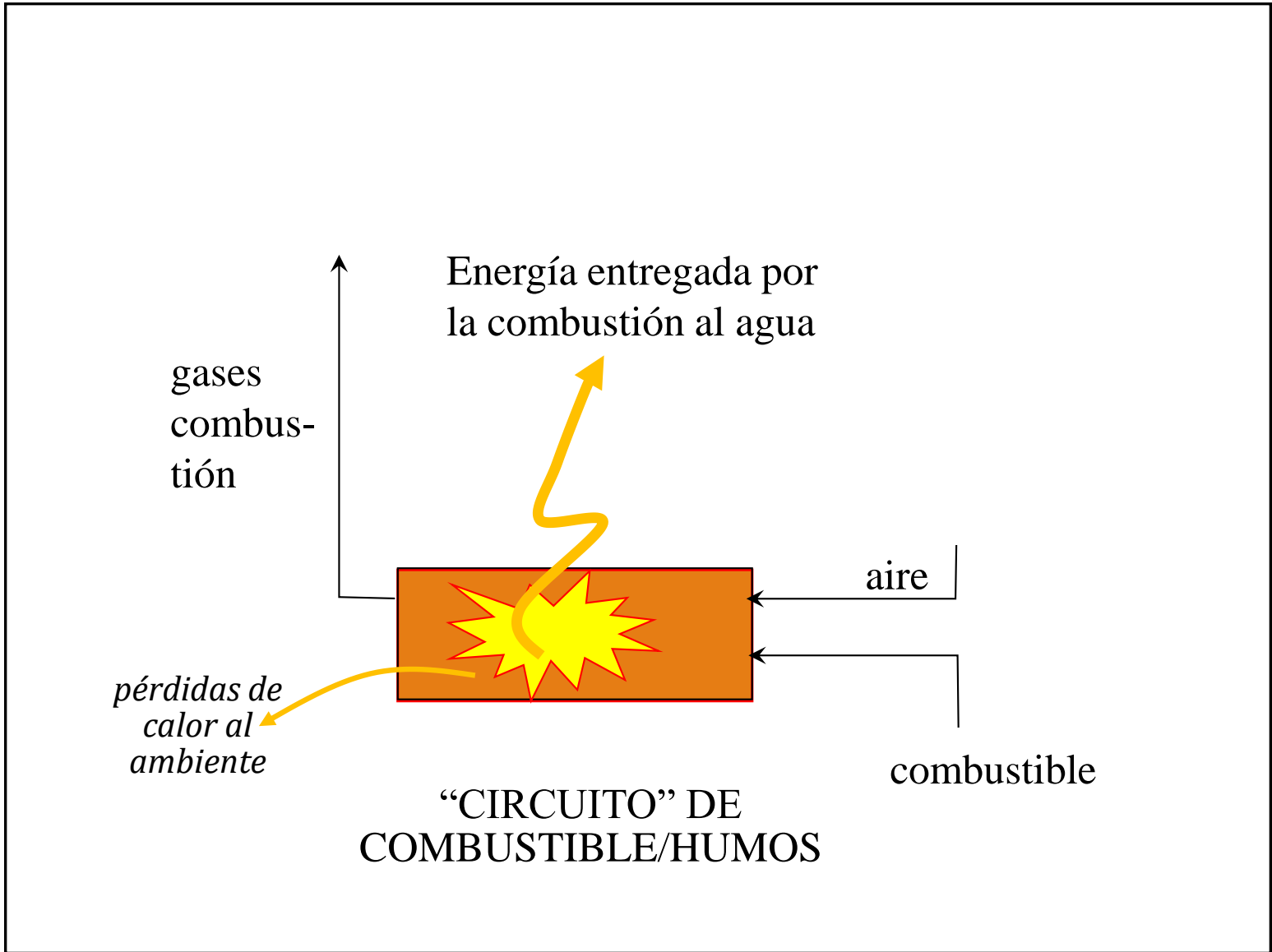
Uso de vapor de agua para transporte de energía

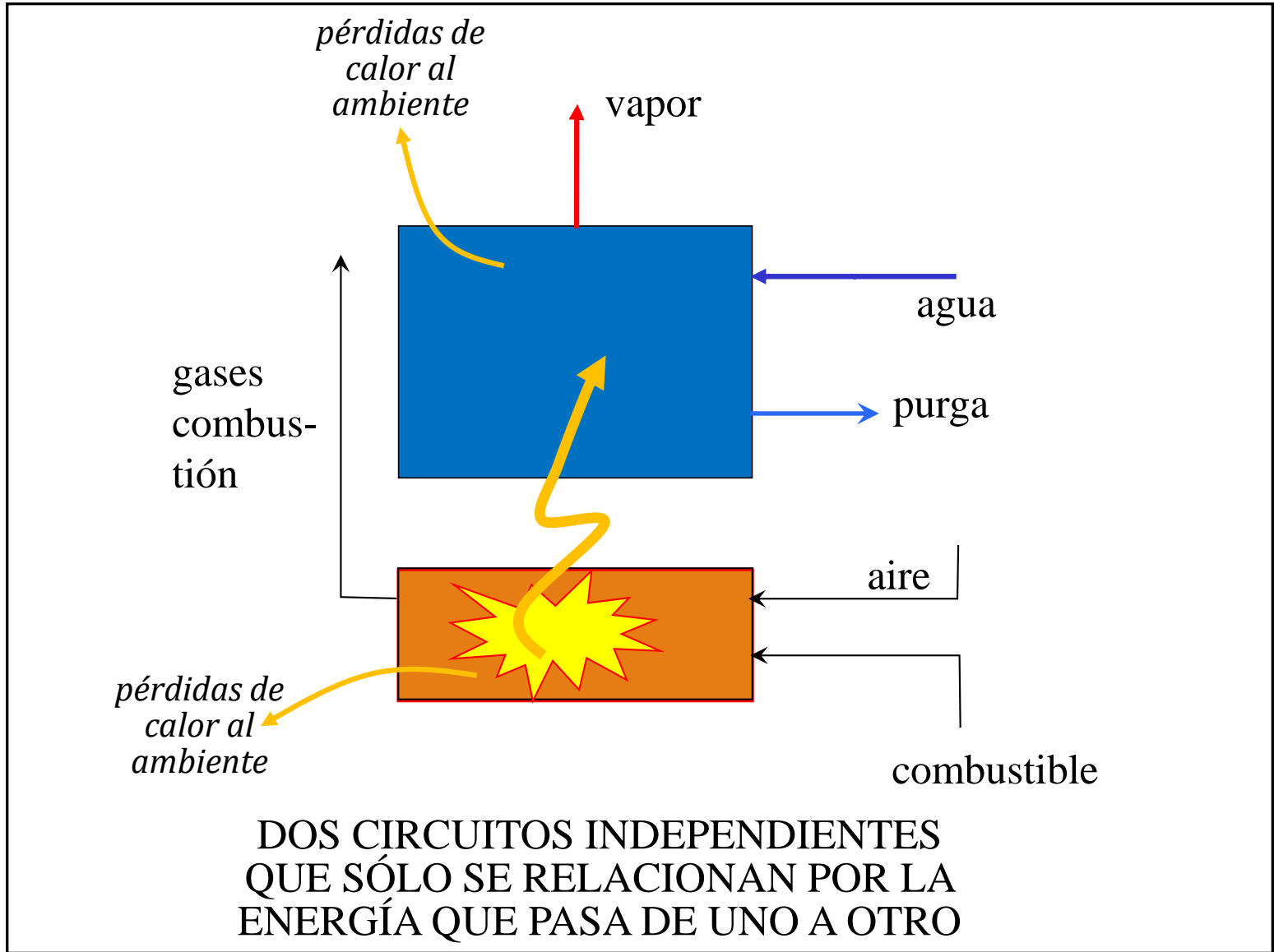


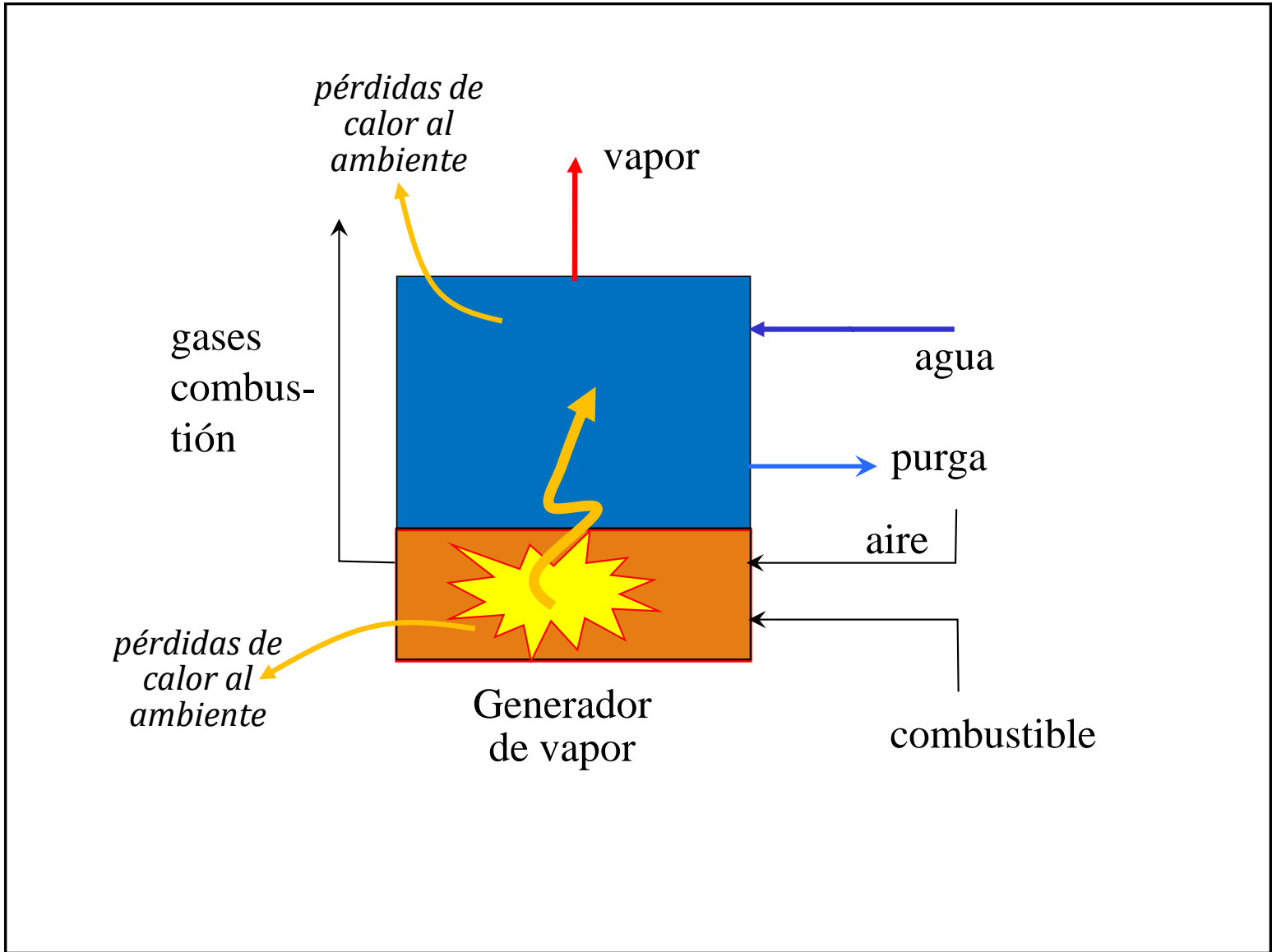




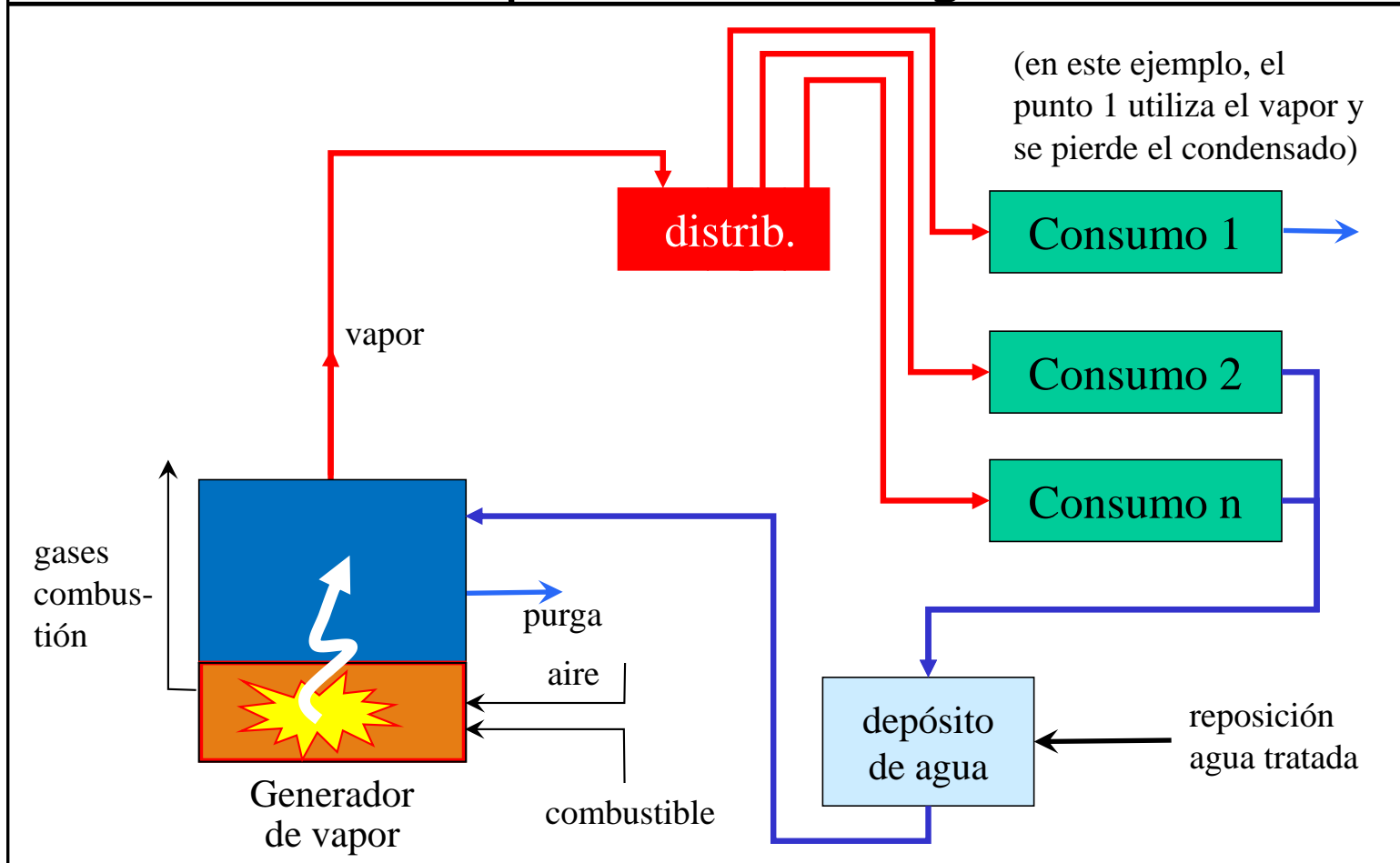






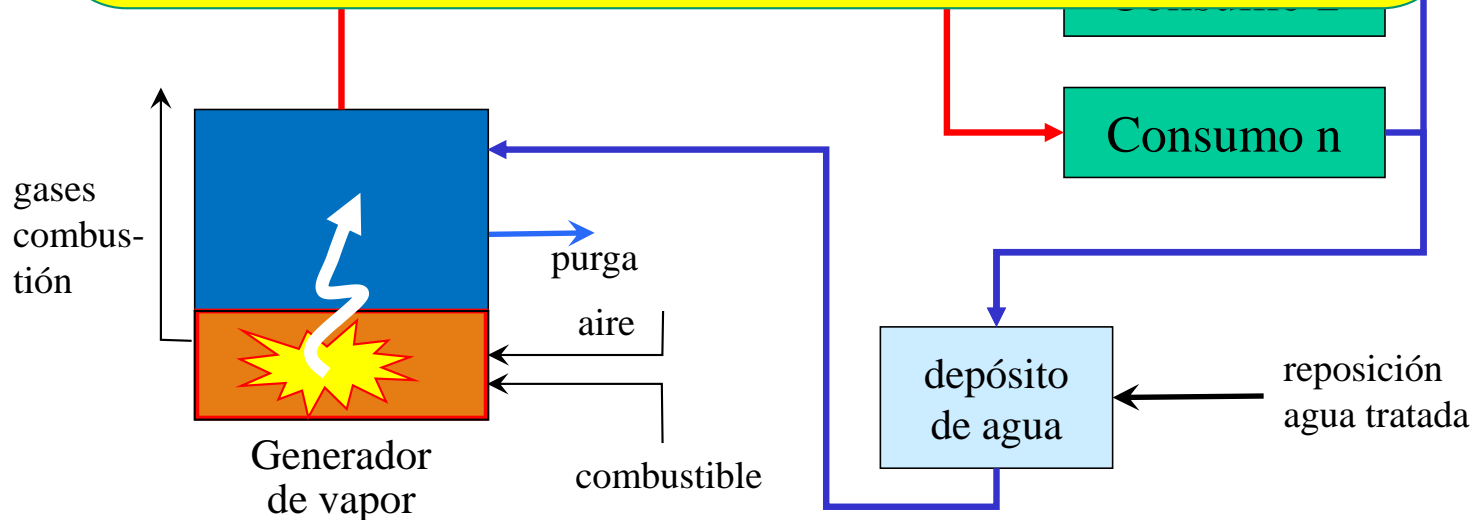


Uso de vapor de agua para transporte de energía

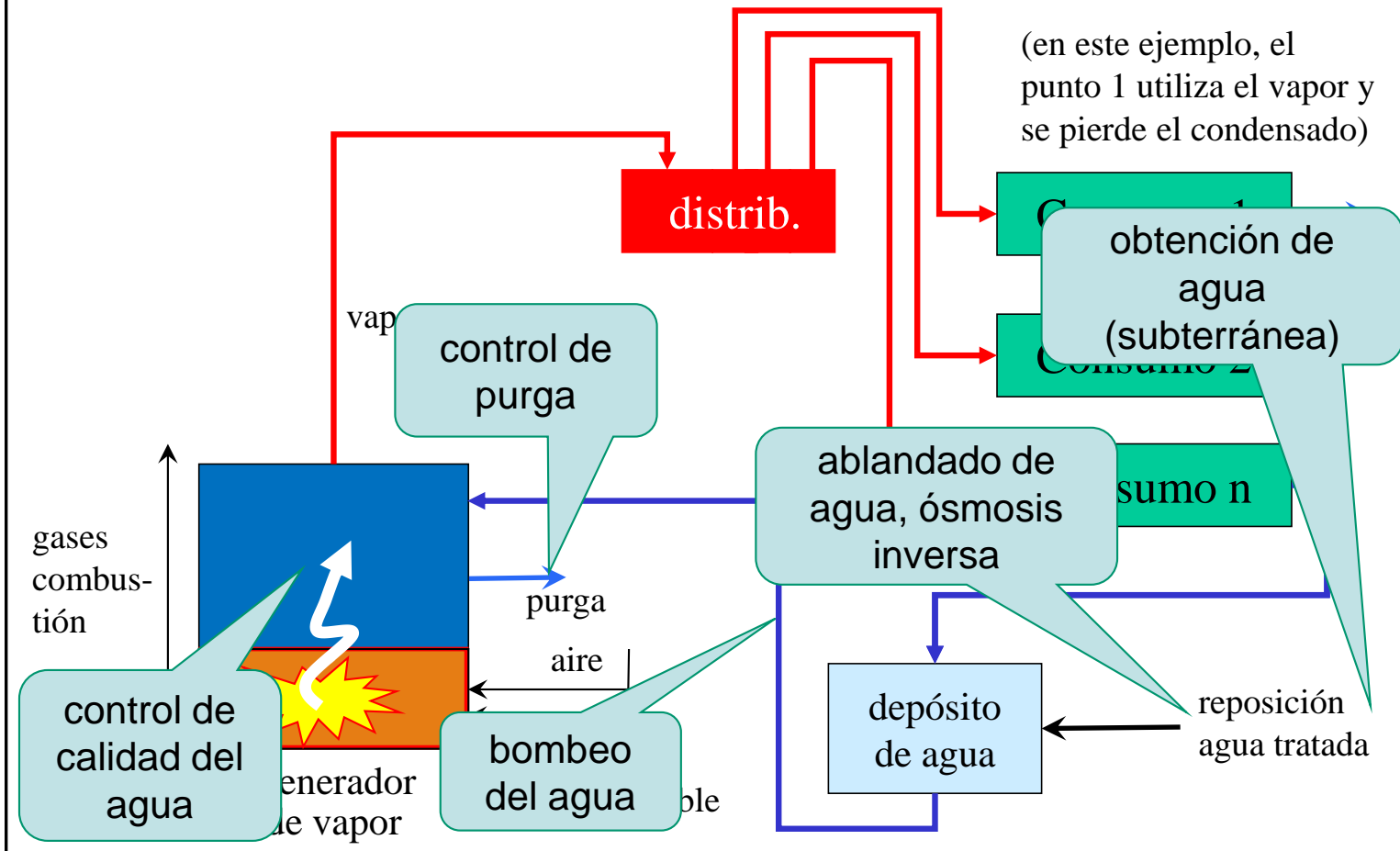


Algunos de los problemas que ocuparán al Ingeniero (sólo en el área de Generación y Distribución de vapor)

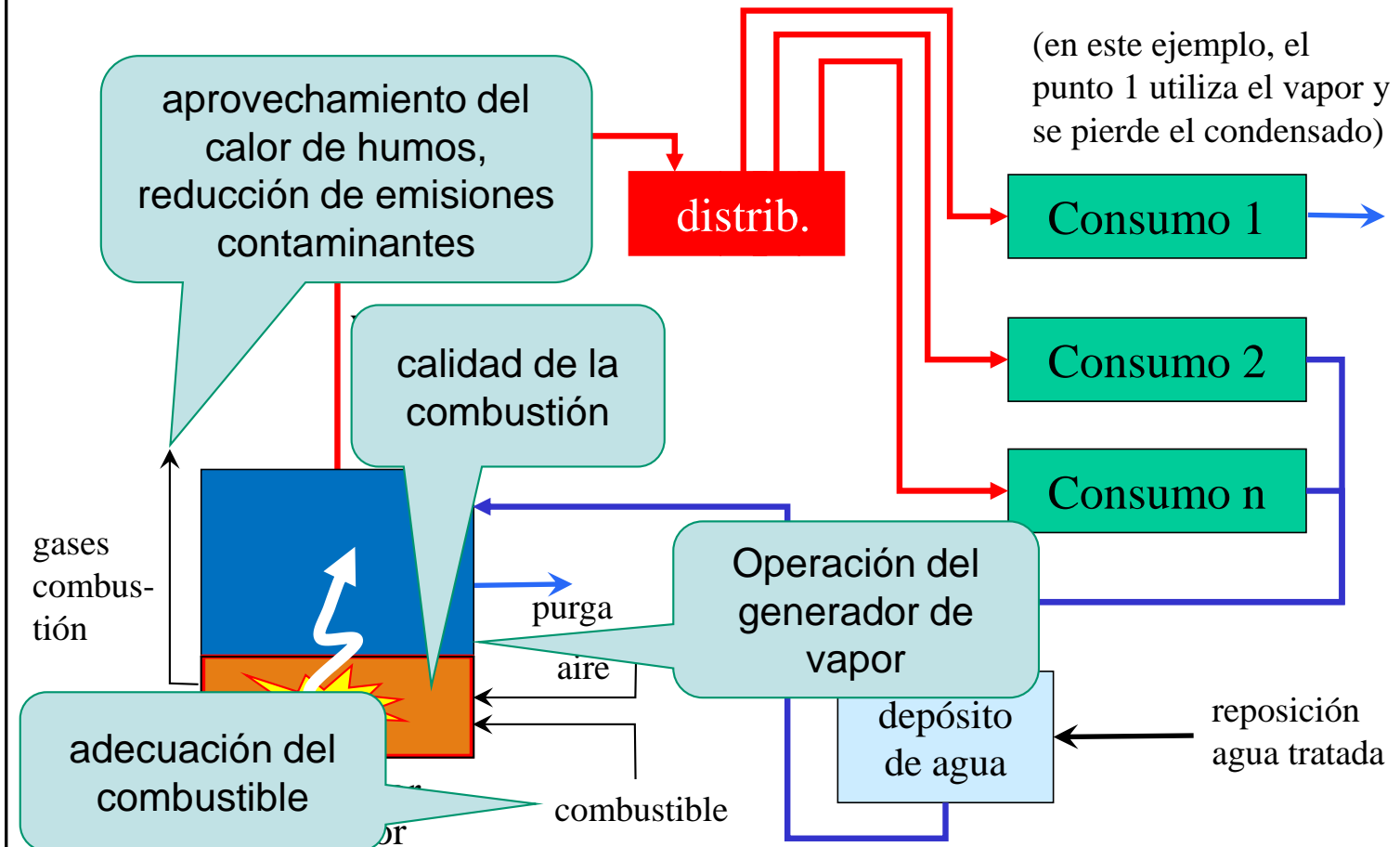
Hay una problemática asociada al diseño, construcción y montaje del generador de vapor. Pero además...

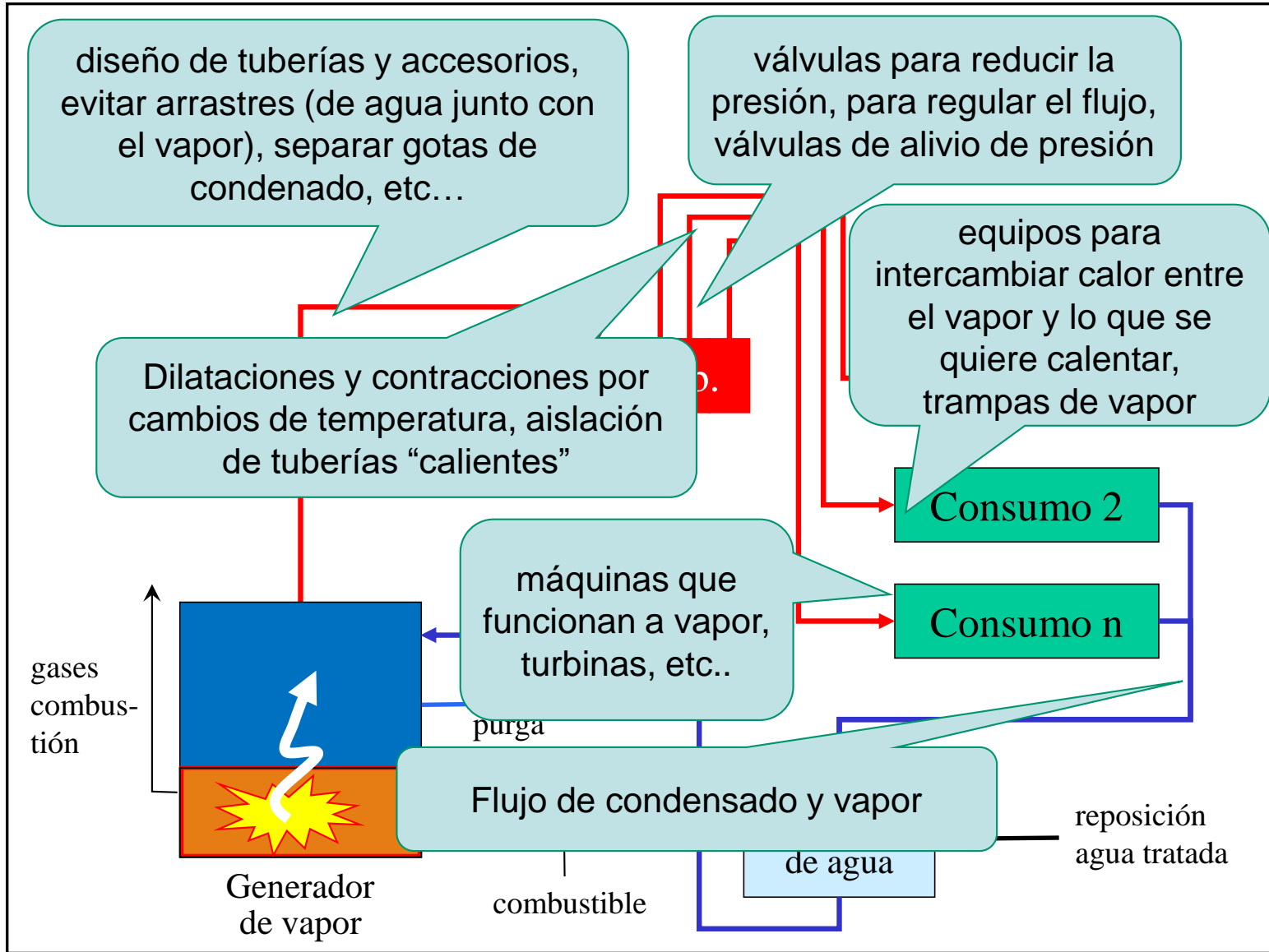


Algunos de los problemas que ocuparán al Ingeniero (sólo en el área de Generación y Distribución de vapor)



Algunos de los problemas que ocuparán al Ingeniero (sólo en el área de Generación y Distribución de vapor)





A pesar de toda esta vasta problemática que ocupará a (varios) ingenieros... esto no es “el” proceso de transformación en sí sino apenas “un servicio auxiliar”

ca
ción

Generador
de vapor

con

posic
de agua

reposición
agua tratada

Servicios Auxiliares (características)

- ✓ Actividades que involucran intercambios de materia y/o de energía con el sistema en el que se lleva a cabo el proceso al cual “auxilian”.
- ✓ No forman parte del núcleo del proceso pero proporcionan al proceso distintos recursos necesarios
- ✓ En general, se comparten para todos los procesos de la planta
- ✓ También aportan recursos a otras actividades de la planta (no estrictamente vinculadas con los procesos de transformación)

Unidades temáticas

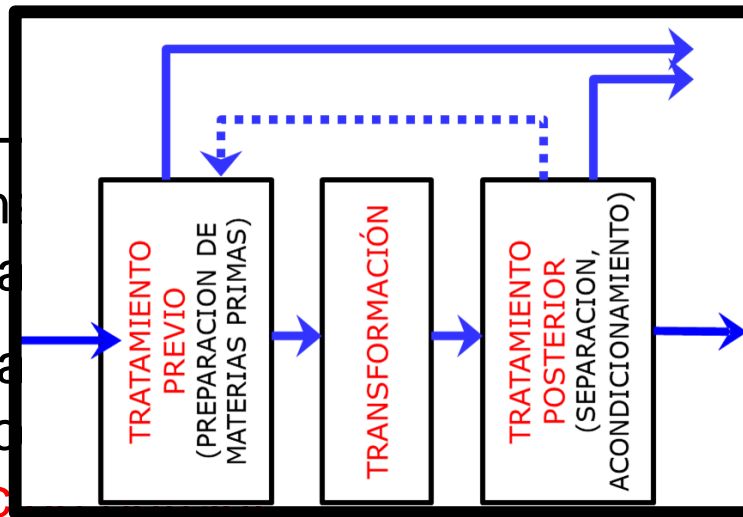
- 1 Generalidades de los procesos de transformación
- 2 Abordaje de problemas vinculados a los procesos de transformación
- 3 Balances de materia
- 4 Balances de energía
- 5 Operaciones Unitarias y Servicios Auxiliares
- 6 Aspectos económico / financieros

Operaciones Unitarias

Hemos visto que...

- ✓ la transformación de materiales y energía en productos de interés rara vez se consigue en un único paso
- ✓ por el contrario, lo usual es que haya una serie de pasos interconectados que provocan, cada uno, una transformación parcial

- ✓ la transformación de interés raíz
- ✓ por el contrario, los pasos intermedios de una transformación



en productos
 o paso
 serie de
 a uno, una

- ✓ estas transformaciones parciales pueden implicar:
 - el acondicionamiento de los productos intervinientes (a través de variaciones de temperatura, o cambios de fase, o cambios de presión, etc...)
 - eventualmente cambios de composición (a través de separaciones o mezclas o reacciones químicas).

Quando vimos “Partes de un Proceso” ...

Las operaciones de acondicionamiento de las materias primas y de productos pueden incluir:

- **Separación** (por ej. para retirar contaminantes)
- **Mezcla** (por ej. cuando participan más de una materia prima en la reacción)
- **Variación de la temperatura** (por ej. para adecuar la temperatura a la que optimizar la velocidad de reacción, o luego de la reacción para llevar a las condiciones de manipulación posterior)
- **Variación de la presión**
- **Variación del tamaño de partículas**

A su vez, la Separación se puede conseguir por diferentes métodos:

Separación de mezclas heterogéneas

- Filtración
- Flotación
- Sedimentación
- Centrifugación
- Secado
- Separación inercial

Separación de mezclas homogéneas

- Destilación
- Absorción
- Membranas
- Cristalización
- Evaporación
- Extracción
- Condensación

Las operaciones de acondicionamiento de las materias primas y de productos pueden incluir:

- **Separación** (*por ej. para retirar contaminantes*)
- **Mezcla** (*por ej. cuando participan más de una materia prima en la reacción*)
- **Variación de la temperatura** (*por ej. para adecuar la temperatura a la que optimizar la velocidad de reacción, o luego de la reacción para llevar a las condiciones de manipulación posterior*)
- **Variación de la presión**
- **Variación del tamaño de partículas**

A su vez, la Separación se puede conseguir por diferentes métodos:

Separación de mezclas heterogéneas

- Filtración
- Flotación
- Sedimentación
- Centrifugación
- Secado
- Separación inercial

Separación de mezclas homogéneas

- Destilación
- Absorción
- Membranas
- Cristalización
- Evaporación
- Extracción
- Condensación

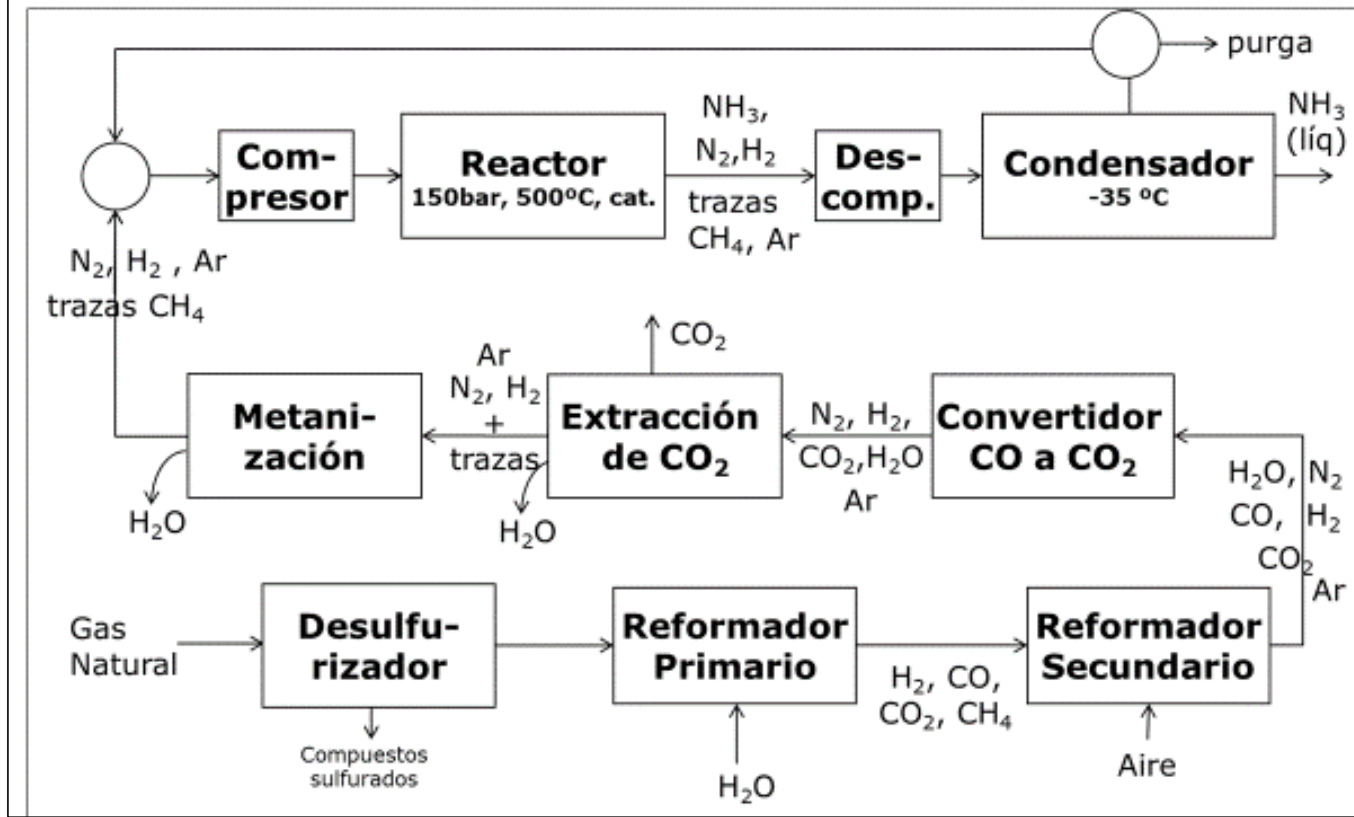
Hemos visto que...

- ✓ la transformación de materiales y energía en productos de interés rara vez se consigue en un único paso
- ✓ por el contrario, lo usual es que haya una serie de pasos interconectados que provocan, cada uno, una transformación parcial

Cada “proceso de transformación” puede verse como una adecuada interconexión de pasos básicos (cada uno de los cuales provoca una transformación parcial)

Recordando ejemplos...

Proceso de obtención NH_3 con Gas Natural



Recordando ejemplos...

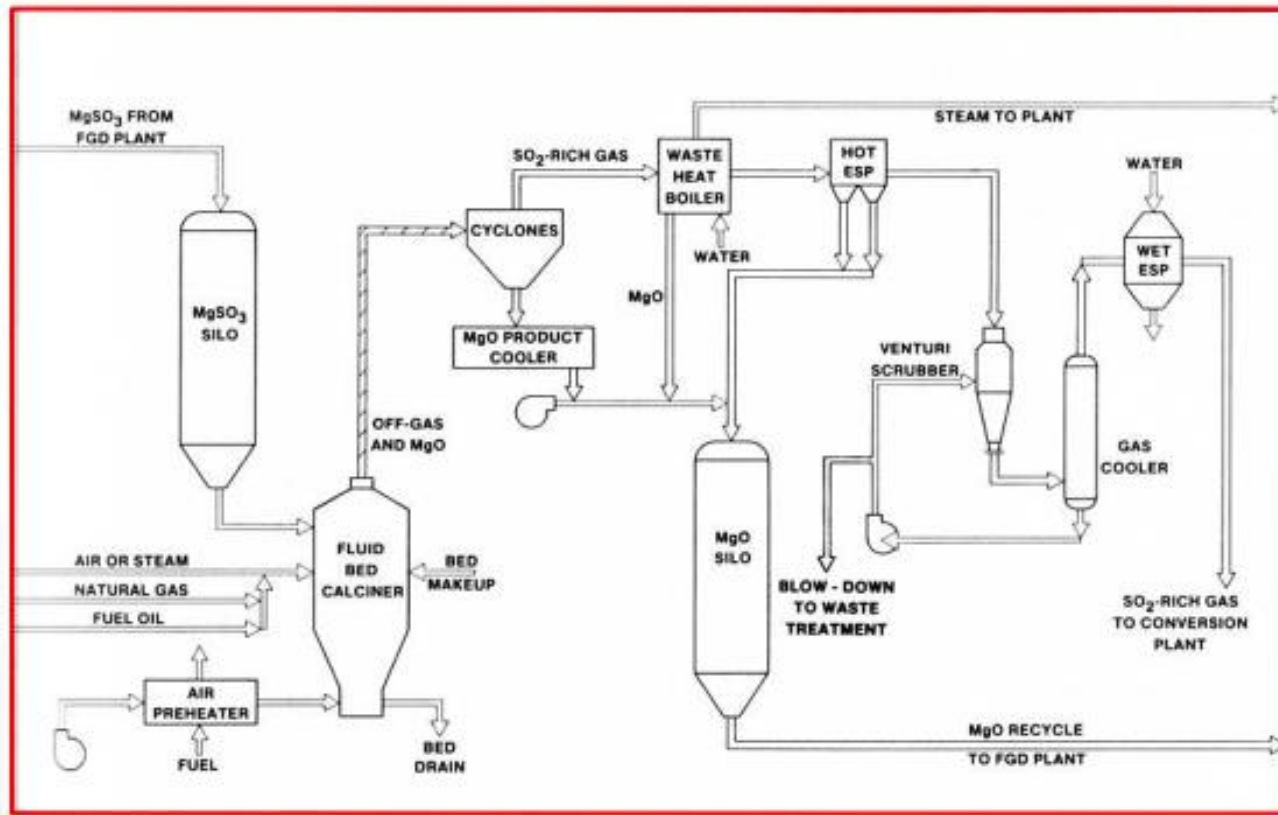
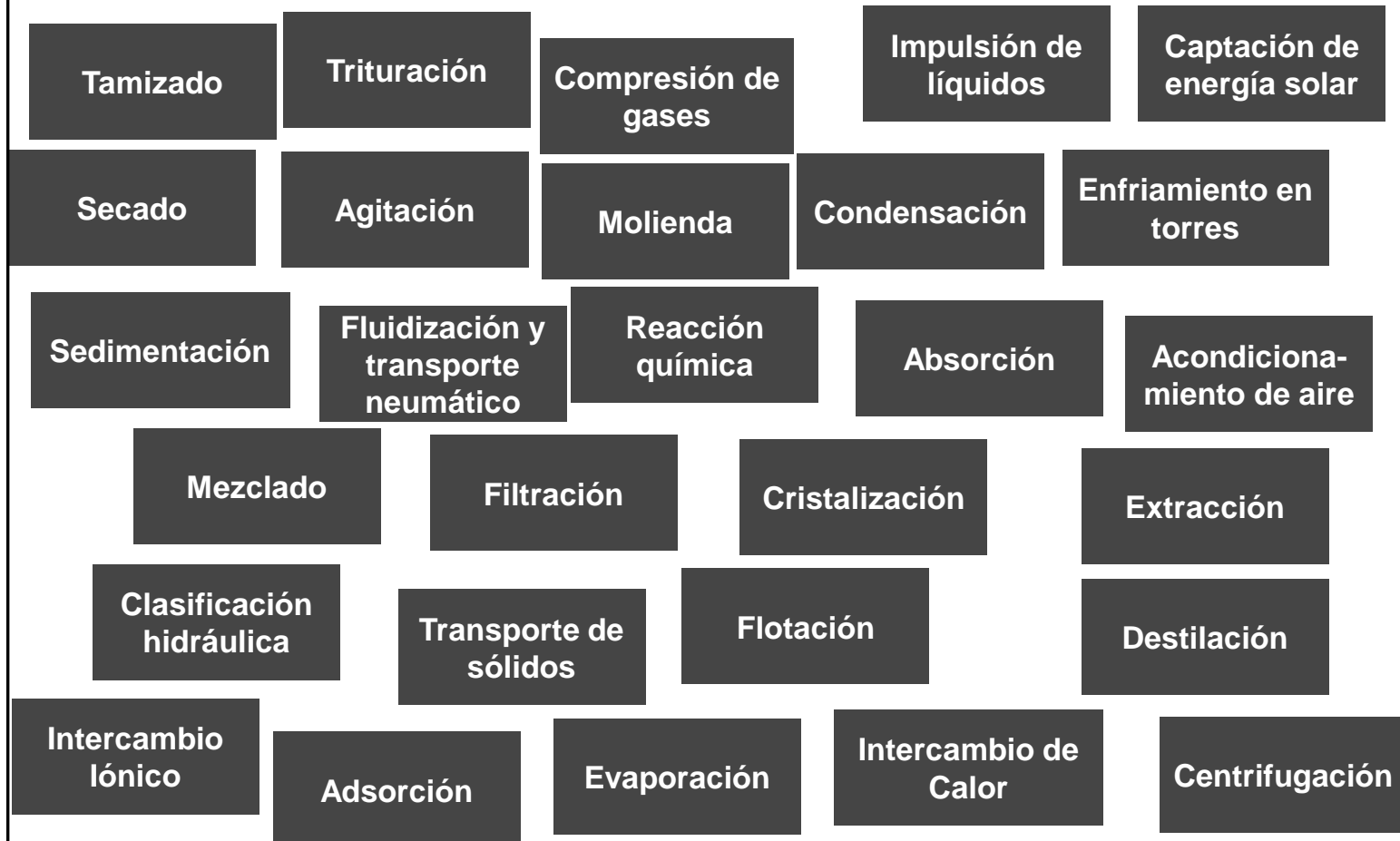


Diagrama del proceso de la planta de regeneración de MgO

Principales “pasos básicos”



O sea, que...

- ✓ la transformación de materiales y energía en productos de interés rara vez se consigue en un único paso
- ✓ por el contrario, lo usual es que haya una serie de pasos interconectados que provocan, cada uno, una transformación parcial

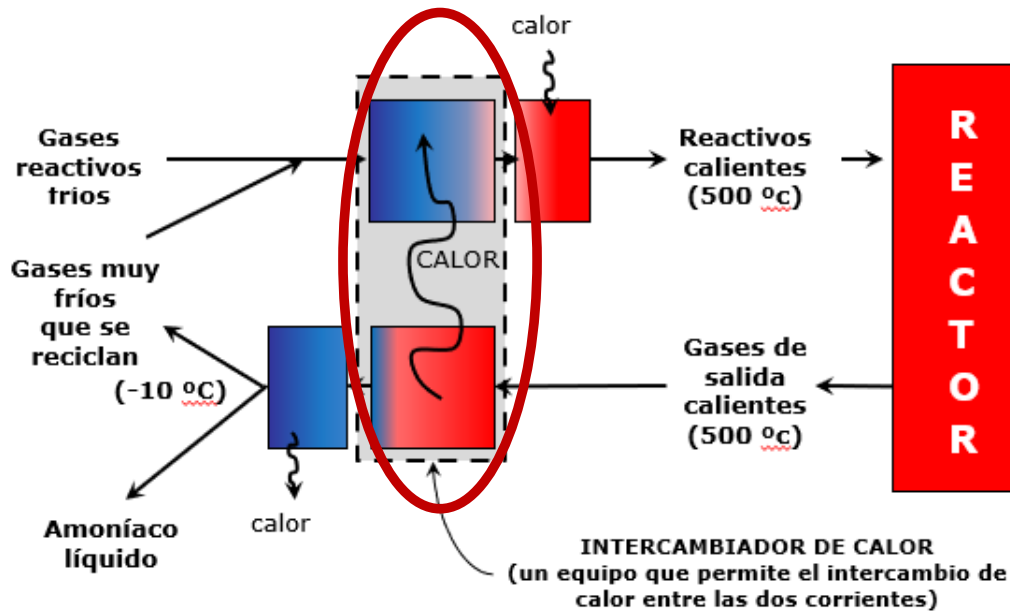
Cada “proceso de transformación” puede verse como una adecuada interconexión de pasos básicos (cada uno de los cuales provoca una transformación parcial)

Ahora bien, ...

- ✓ La ocurrencia de cada uno de esos “pasos básicos” no es exclusiva de un proceso de transformación en particular.
- ✓ Por el contrario, esos “pasos básicos” aparecen en muchos procesos... e incluso también en “servicios auxiliares”
- ✓ E independientemente de los procesos de transformación en los que intervengan, cada uno de esos pasos básicos tiene particularidades propias que ameritan que se los **estudie independientemente** (haciendo abstracción del proceso de transformación global)

Ejemplo

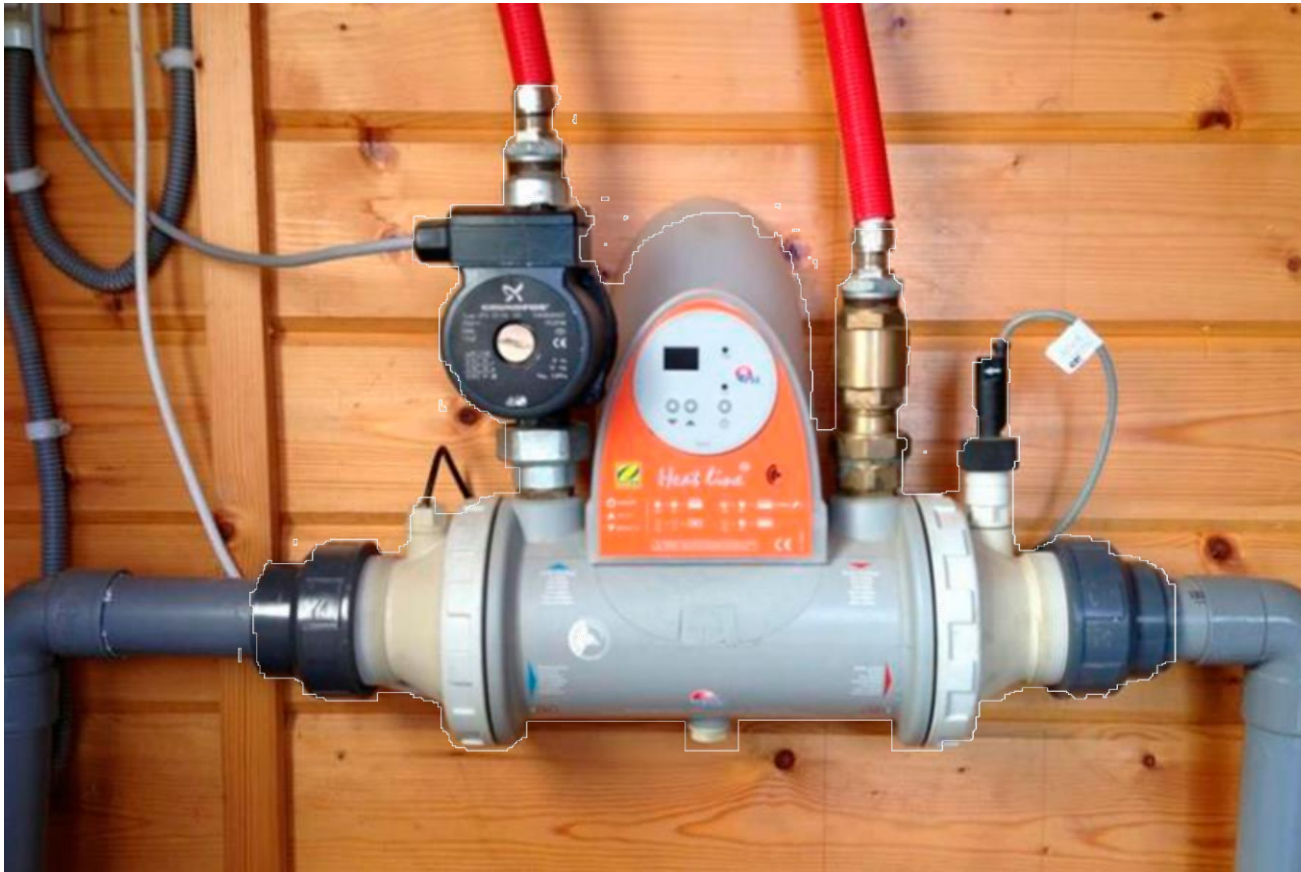
Supongamos que queremos diseñar el intercambiador de calor requerido para recuperar el calor de los gases que salen del reactor de amoníaco...



¿qué tipo de intercambiador? ¿qué dimensiones? ¿qué materiales? ...



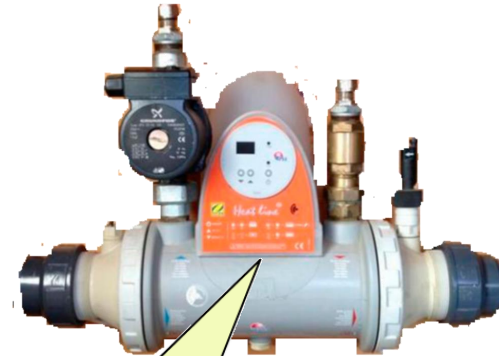
Intercambiador de calor para el reciclo de la síntesis de amoníaco



Intercambiador de calor para calentar agua de piscina



**Intercambiador de calor para el
reciclo de la síntesis de amoníaco**



**Intercambiador de calor para
calentar agua de piscina**

Las leyes de la física que gobiernan la velocidad de transferencia de calor en ambos “intercambiadores” son las mismas



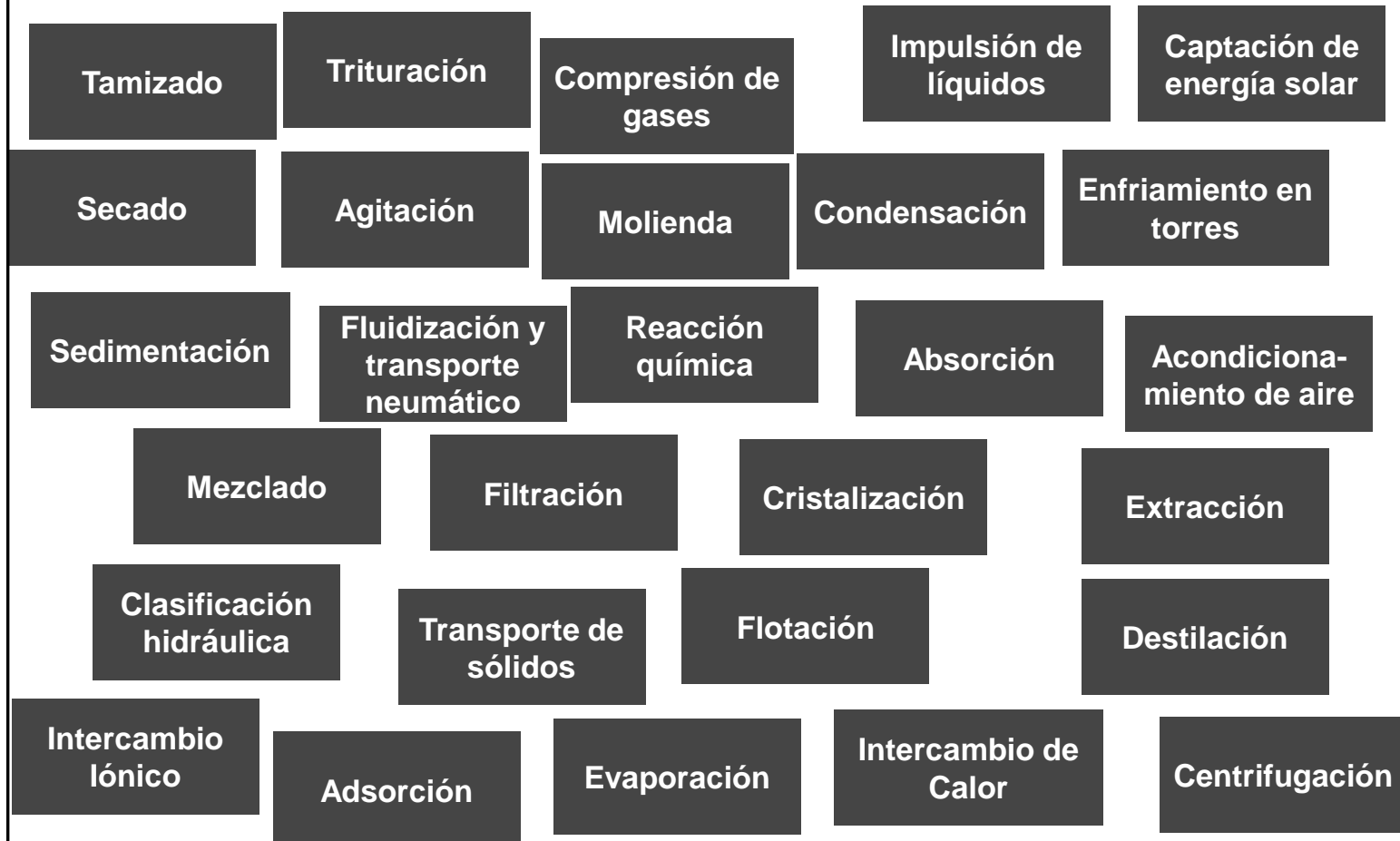
I
re

La idea es que...

En vez de estudiar el diseño de cada intercambiador para **cada servicio particular** por separado, “empezando de cero”...

desarrollamos **una** teoría para el diseño de intercambiadores de calor y luego la aplicamos a cada caso particular.

Principales “pasos básicos”



Ahora bien, ...

- ✓ La ocurrencia de cada uno de esos “pasos básicos” no es exclusiva de un proceso de transformación en particular.
- ✓ Por el contrario, esos “pasos básicos” aparecen en muchos procesos... e incluso también en “servicios auxiliares”
- ✓ E independientemente de los procesos de transformación en los que intervengan, cada uno de esos pasos básicos tiene particularidades propias que ameritan que se los **estudie independientemente** (haciendo abstracción del proceso de transformación global)

Esos pasos o unidades básicas, donde tienen lugar transformaciones parciales, y que tienen la particularidad de formar parte de muchos procesos de transformación, reciben el nombre de **Operaciones Unitarias**.

Operaciones Unitarias

A fines del siglo XIX cuando la segunda Revolución Industrial provocaba la “proliferación” de industrias con novedosos procesos de transformación para fabricar productos nuevos a gran escala, apareció la Ingeniería Química como una rama nueva y específica de la Ingeniería con el foco puesto en el estudio de esos procesos de transformación.

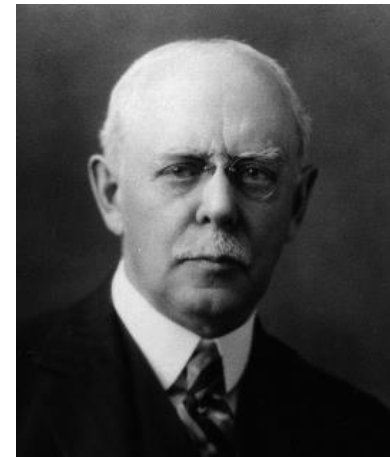
En un principio, los procesos de transformación se estudiaban por separado y se diseñaban los aparatos de forma independiente para cada proceso.

Operaciones Unitarias

En 1915, surgió la idea de estudiar los pasos que se repetían en todos los procesos y que obedecían a las mismas leyes con independencia de los procesos en cuestión.

Así surgió el concepto de “Operaciones Unitarias” y desde entonces se fue imponiendo el estudio de éstas separadas de los procesos industriales específicos.

Algunos consideran el concepto de “Operaciones Unitarias” como el **Primer Paradigma** de la Ingeniería Química.



Arthur Little

Operaciones Unitarias

Desde el reconocimiento de la existencia de las operaciones unitarias, lo que se estudia es la “*ciencia y tecnología*” que subyace detrás de cada operación unitaria.

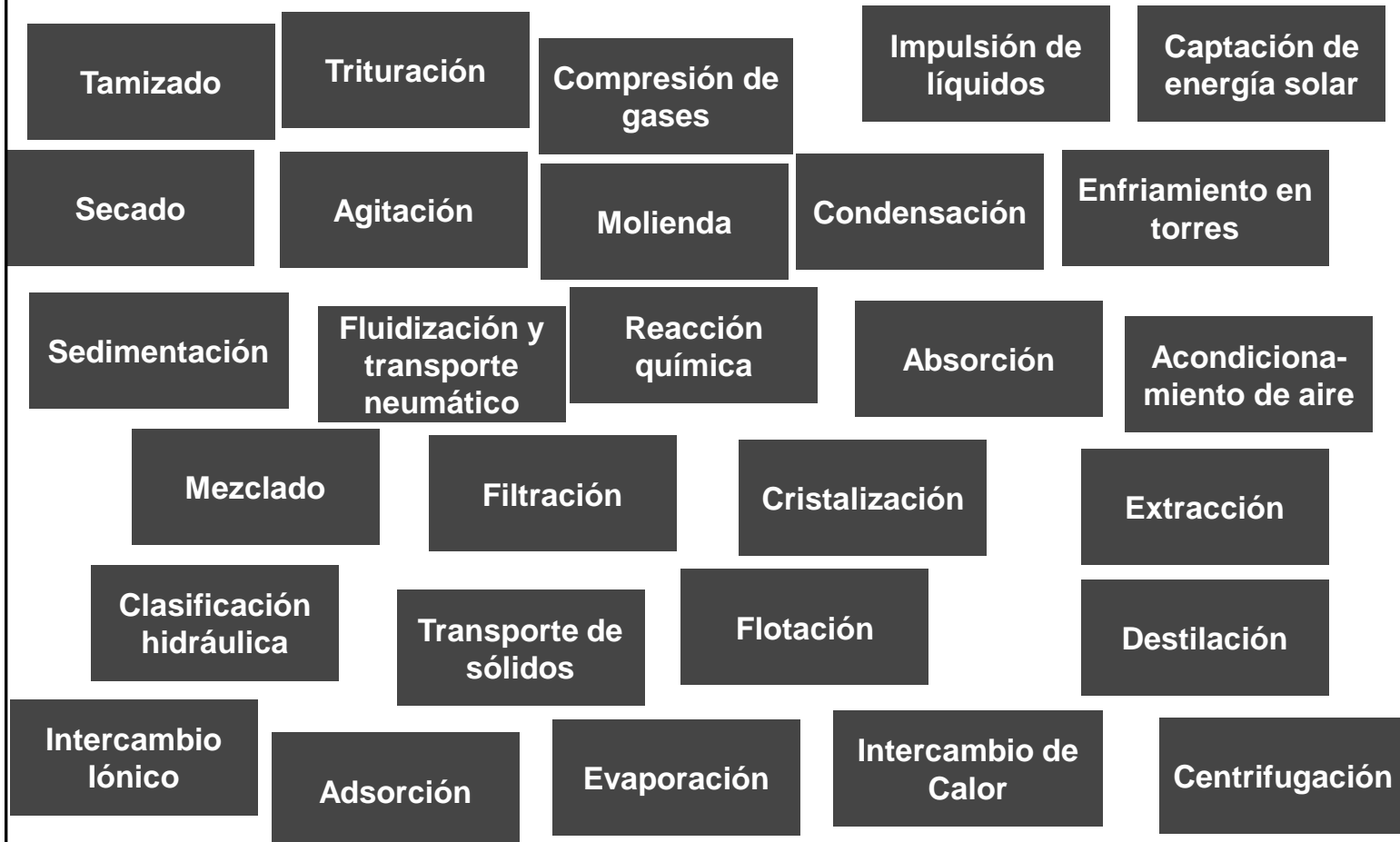
Existen decenas de miles de procesos de transformación de aplicación en la industria pero sólo unas pocas operaciones unitarias.

Es muy probable que en el ejercicio de la profesión el Ingeniero se vea enfrentado a problemas de:

- ❖ *diseño,*
- ❖ *especificación,*
- ❖ *compra, instalación,*
- ❖ *mantenimiento y*
- ❖ *operación*

de los equipos en donde se llevan a cabo estas operaciones unitarias.

Operaciones Unitarias



Operaciones Unitarias

Al analizar las Operaciones Unitarias se ve que muchas de éstas se basan en el transporte o transferencia de cierta “propiedad” en el espacio (calor, masa, cantidad de movimiento).

Y partiendo de estas similitudes las podemos clasificar en grupos con una “problemática” común.

Intercambio
Iónico

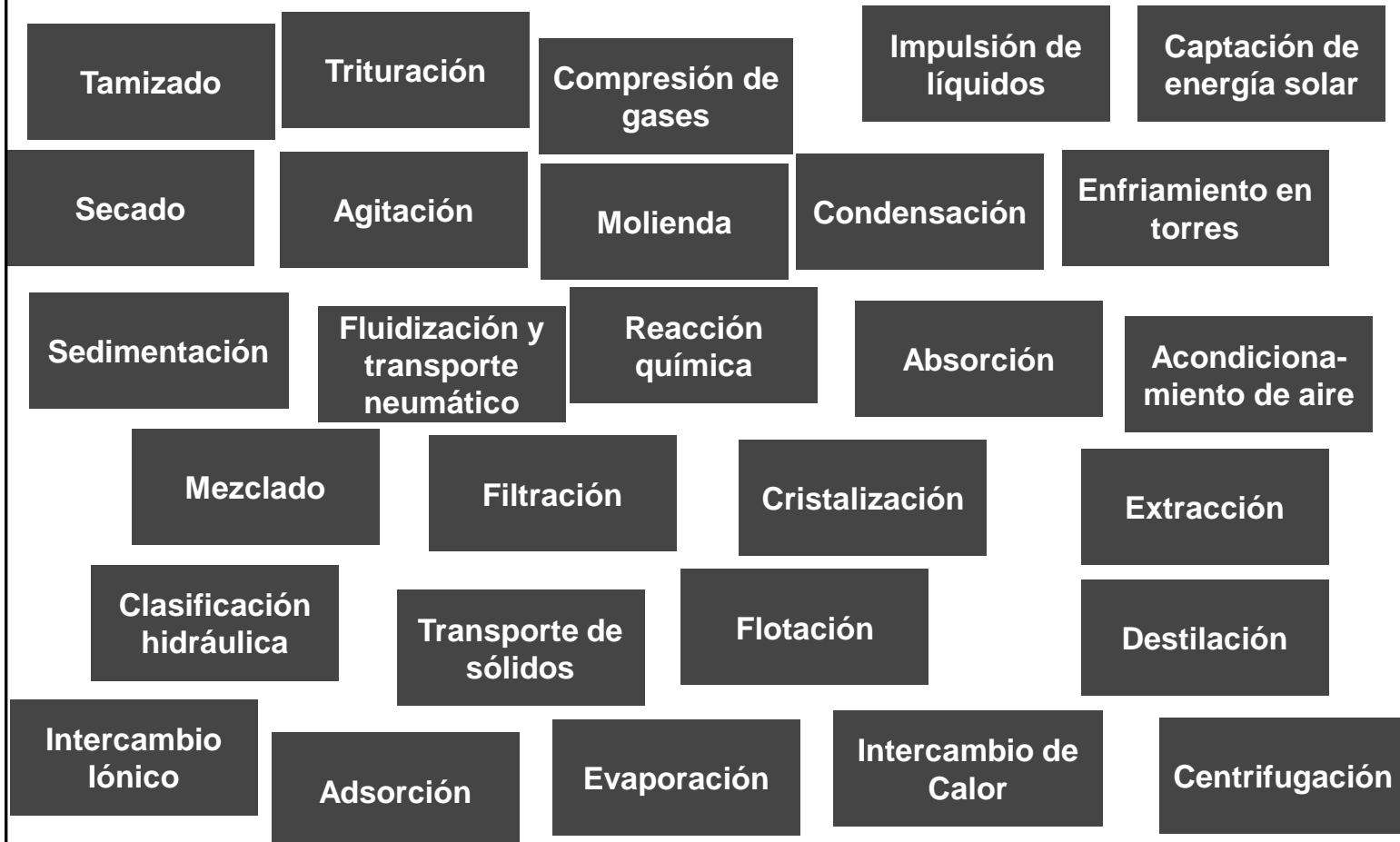
Adsorción

Evaporación

Intercambio de
Calor

Centrifugación

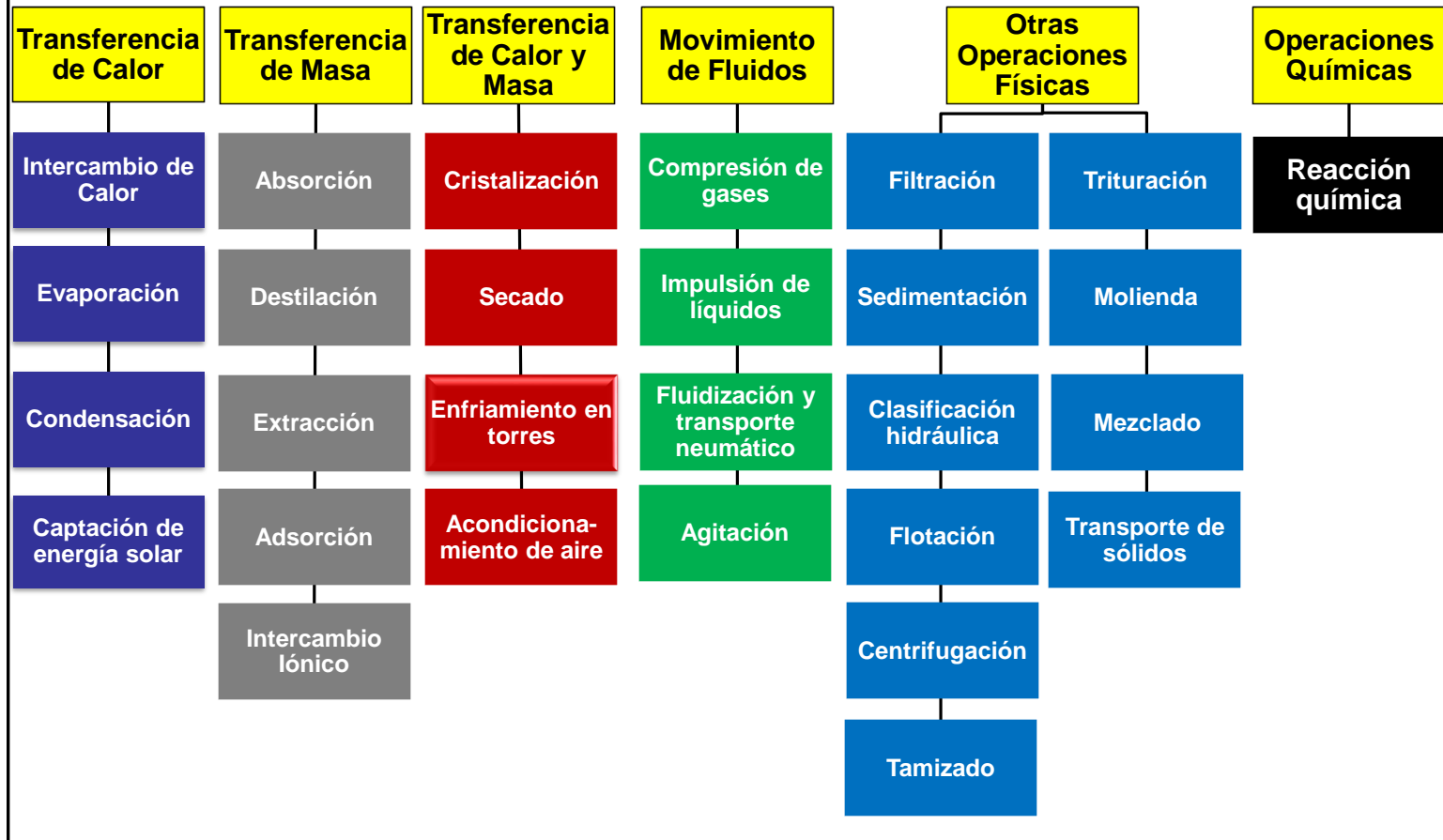
Operaciones Unitarias



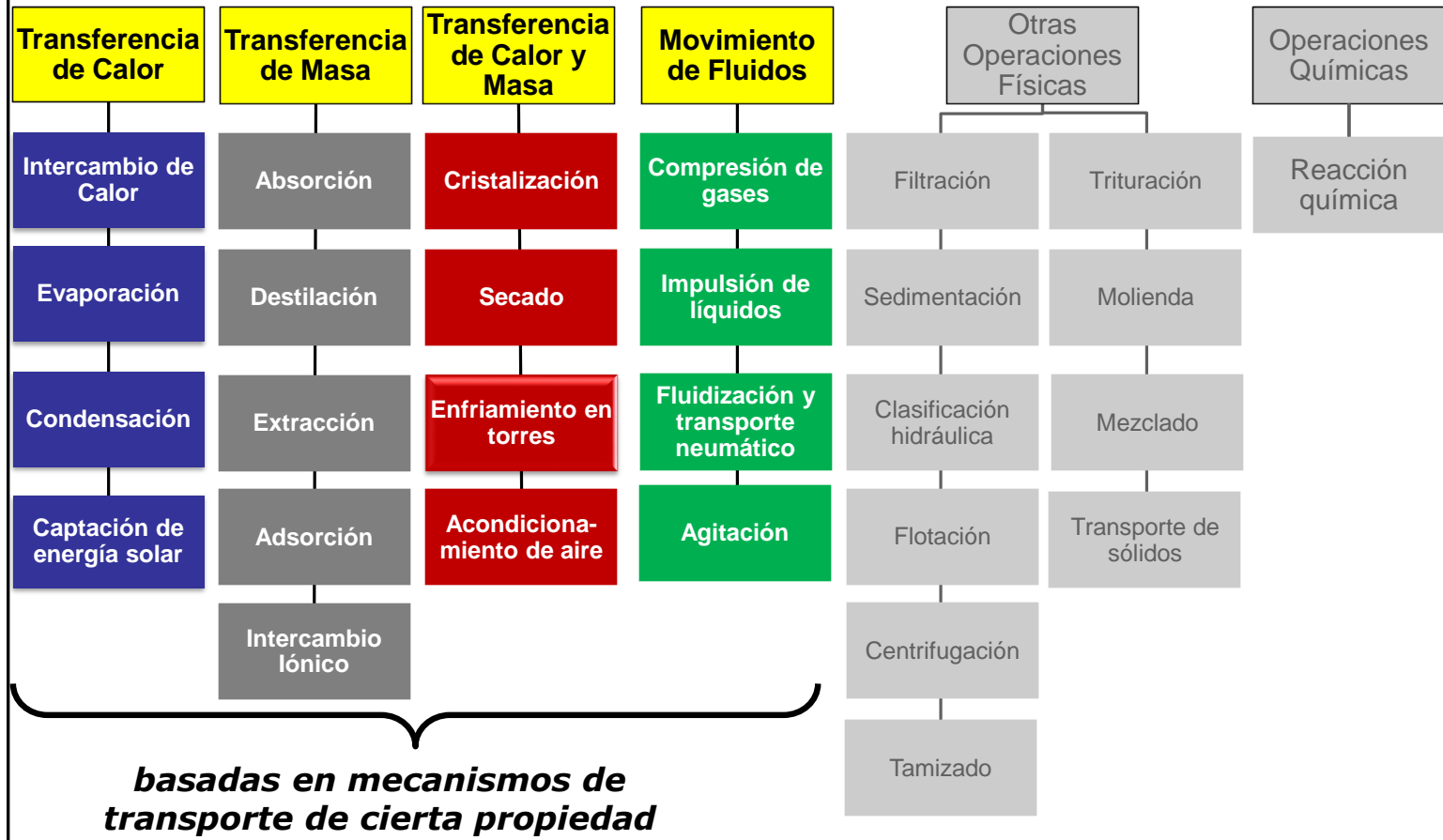
Operaciones Unitarias

| | | | | | | |
|----------------------------|--------------------|---------------------------|-------------------------------------|--------------------------|-----------------------|------------------|
| Intercambio de Calor | Absorción | Cristalización | Compresión de gases | Filtración | Trituración | Reacción química |
| Evaporación | Destilación | Secado | Impulsión de líquidos | Sedimentación | Molienda | |
| Condensación | Extracción | Enfriamiento en torres | Fluidización y transporte neumático | Clasificación hidráulica | Mezclado | |
| Captación de energía solar | Adsorción | Acondicionamiento de aire | Agitación | Flotación | Transporte de sólidos | |
| | Intercambio iónico | | | Centrifugación | | |
| | | | | Tamizado | | |

Clasificación de Operaciones Unitarias



Clasificación de Operaciones Unitarias



Transporte "molecular"

En 1960 con su libro "Fenómenos de Transporte", Bird, Stewart y Lightfoot, introdujeron un abordaje particular para el estudio de fenómenos físico-químicos de transferencia, que comprende a aquellos procesos en los que hay una transferencia o transporte neto de materia, calor o cantidad de movimiento.

Este abordaje está basado en explicaciones moleculares para los fenómenos macroscópicos.



De izq. a der: Lightfoot, Bird y Stewart

Transferencia de calor

| | Mecanismo | Equipos (ejemplo) |
|--|--|--|
| Calentamiento o enfriamiento de fluido de interés (sin cambio de fase) por medio de otro fluido | Fluido de interés es calentado por conducción y convección desde fluido caliente, o bien, Fluido de interés es enfriado por conducción y convección desde fluido frío | Intercambiadores de calor Aerorrefrigeradores (cuando el fluido frío es aire) |
| Calentamiento y evaporación | Líquido se calienta y se evapora | Evaporadores |
| Enfriamiento y condensación | Vapor se enfría y condensa | Condensadores Aerocondensadores (cuando el fluido frío es aire) |
| Calentamiento desde fuente directa | Por radiación y convección Por generación resistiva | Hornos a llama Placas solares Hornos eléctricos |

Transferencia de masa

| | Mecanismo | Equipos (ejemplo) |
|--|--|---|
| Absorción | Ingredientes en una mezcla de gases se separan por diferencia de solubilidad en un líquido dado | Torres de absorción |
| Extracción líquido-líquido | Ingredientes de una fase homogénea líquida se separan por diferencia de solubilidad en un líquido inmiscible | Mezcla, difusión, y posterior separación por densidad |
| Extracción sólido-líquido (Lixiviado) | Componentes de un sólido se extraen del mismo hacia un líquido por diferencia de solubilidad | Por percolación, por mezcla y en tanques y posterior separación |
| Adsorción | Ingredientes de una fase fluida homogénea se separan por diferencia de afinidad (física o química) por un sólido que los retiene | Columnas de adsorción (proceso batch, requieren regenerar el sólido) |
| Destilación | Ingredientes de una fase líquida tienen diferente volatilidad y se separan al evaporarse | Columnas de destilación de platos |
| Intercambio Iónico | Iones presentes en una fase líquida son retenidos en un sólido por intercambio con iones existentes en el sólido, | Columnas con resinas de intercambio iónico (proceso batch, requieren regenerar la resina) |

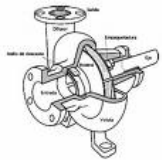
Transferencia simultánea de calor y masa

| | Mecanismo | Equipos (ejemplo) |
|--|---|--|
| Acondicionamiento de aire/ enfriamiento de agua | Agua y aire intercambian calor y masa de agua (humedad) | Humidificadores de aire Deshumidificadores de aire Enfriadores de agua (evaporativos) de tiro forzado o tiro natural |
| Cristalización | Líquido se enfría o se evapora intercambiando calor con medio refrigerante e intercambia masa de soluto con sólido que cristaliza | Cristalizadores |
| Secado | Fase sólida intercambia calor y masa (humedad) con corriente de gas caliente | Secadores (rotativos, de bandejas) |

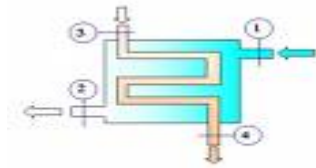
Operaciones Unitarias

En las plantas de procesos, las operaciones unitarias ocurren en equipos específicos especialmente diseñados para esos fines.

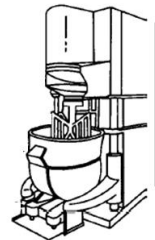
Las más comunes se producen en:



*bombas
(impulsores
de líquidos)*



*intercambiadores
de calor*



mezcladores



reactores



separadores