



Tema 1 - Balances de Materia

Definición de Ingeniería Ambiental

La **Ingeniería Ambiental** es la rama de la ingeniería que se encarga de resolver problemas de saneamiento ambiental, particularmente de la provisión de agua de consumo segura y adecuada para los seres humanos, del correcto vertido y/o reciclado de los residuos sólidos y líquidos (aguas residuales) así como del control de la contaminación del agua, atmósfera y suelo y del impacto social y ambiental de las soluciones adoptadas. Se ocupa también de ciertos problemas de salud pública, como el control de enfermedades transmitidas por insectos y la eliminación de riesgos para la salud de origen industrial.

(Resumen de la definición dada por la División de Ingeniería Ambiental de la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles, Nueva York, 1977)

Misiones del Ingeniero Ambiental

1. **Diseñar y operar procesos de tratamiento e instalaciones para el control de las emisiones.**
2. **Evaluar los niveles de contaminación ambiental.**
3. **Diseñar estrategias de control, para decidir que fuentes deben ser reducidas y en que cantidad.**
4. **Ayudar en la adopción de los estándares de calidad ambiental.**

Ramas de la Ingeniería Ambiental

Orden de desarrollo

■ Calidad del agua:

Origen

Ingeniería
Sanitaria

- Suministro de agua para uso doméstico, agrícola e industrial.
- Depuración de las aguas residuales.

■ Calidad del aire:

- Eliminar o reducir a niveles aceptables la concentración de contaminantes en la atmósfera, actuando sobre la fuente de emisión.

■ Gestión de residuos peligrosos:

- Desarrollar métodos para el adecuado tratamiento y eliminación de materiales peligrosos (corrosivos, explosivos, tóxicos)
- Identificar y remediar los lugares ya contaminados por el vertido o almacenamiento inadecuado de residuos peligrosos.

Concepto de Proceso

La Ingeniería Ambiental es una Ingeniería de Procesos, y a estos procesos aplicaremos los Balances de Materia. Por ello conviene entender a qué nos referimos con la palabra “proceso” y que importancia tienen en la Ingeniería Ambiental.

Según la RAE proceso es: “el conjunto de las fases sucesivas de un fenómeno natural o de una operación artificial”

Proceso industrial

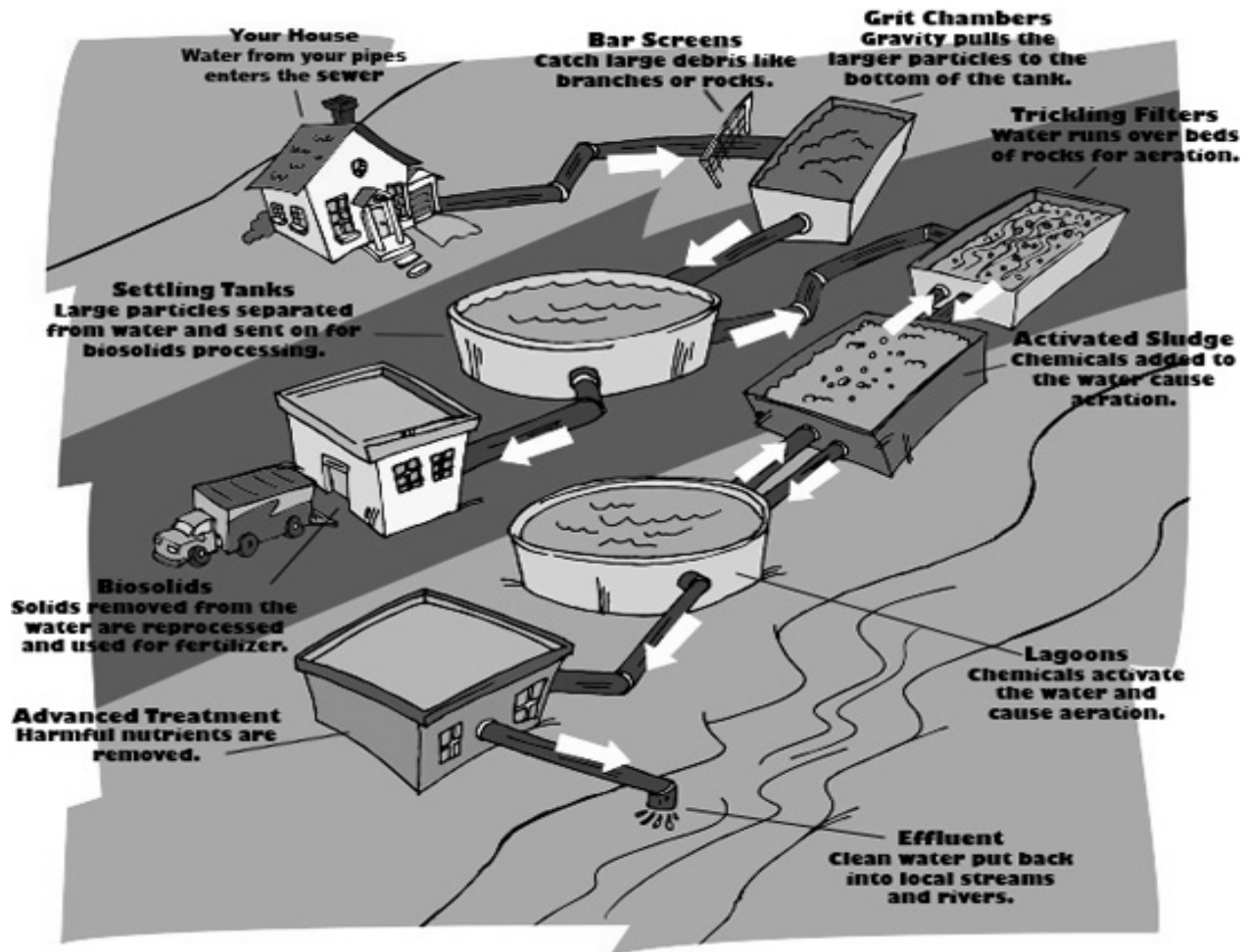
Un *proceso industrial* es una serie de operaciones sucesivas por medio de las cuales se pasa de unos materiales de partida a otros finales.

En la *industria* los materiales de partida son las MATERIAS PRIMAS y los finales son los PRODUCTOS

Desde el punto de vista de la *Ingeniería Ambiental* los materiales de partida serán normalmente MATERIALES CONTAMINADOS que se pretenden depurar o eliminar de alguna forma, para obtener un MATERIAL LIMPIO, que es el producto final.

Además se puede hablar de una gran cantidad de procesos naturales, entendidos como las fases sucesivas de un fenómeno natural (evaporación, deposición, etc.) y cuyo estudio también es objeto de la Ingeniería Ambiental (y también de otras disciplinas, como la biología, la geología, la física, etc.)

Ejemplo: Proceso de depuración de las aguas residuales domésticas

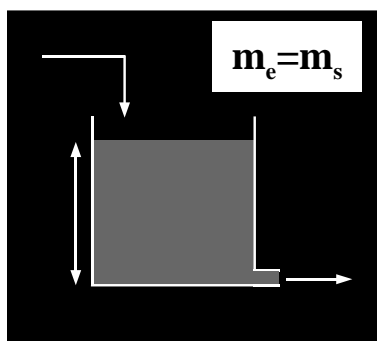


Tipos de Procesos Industriales

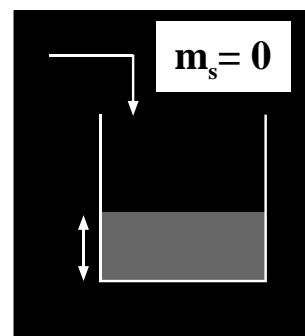
Procesos CONTINUOS: Operan en estado estacionario, es decir, las variables características del proceso **PERMANECEN CONSTANTES EN EL TIEMPO**. Un proceso continuo podría trabajar indefinidamente (al menos en teoría).

Procesos DISCONTINUOS: Operan en estado no estacionario, y por tanto las variables del proceso **CAMBIAN CON EL TIEMPO**. Este tipo de procesos trabajan por lotes o cargas (ciclos carga – operación – descarga) y no de forma ininterrumpida.

Proceso Continuo
(Estado Estacionario)



Proceso Discontinuo
(Estado No Estacionario)



¿Cómo
será “h” en
cada caso?

Procesos SEMICONTINUOS: Operan de forma estacionaria con respecto a alguna/s variable/s, pero no estacionaria con respecto a las demás. Trabajan igual que los discontinuos, es decir, necesitan también ciclos carga – operación – descarga.

Algunos Conceptos Previos

- Definición del caudal de una corriente: base másica (kg/h, mol/h) o volumétrica (m³/h).
- Formas de expresar la concentración: % en masa, volumen o masa/volumen, ppm, molaridad (mol/L)
- Conversión masa ↔ volumen en líquidos: densidad
- Conversión masa ↔ volumen en gases: ecuación de los gases perfectos

¿Qué es un Balance de Materia?

Un Balance de Materia es una **contabilidad** del intercambio de materia entre un **sistema** y sus alrededores.

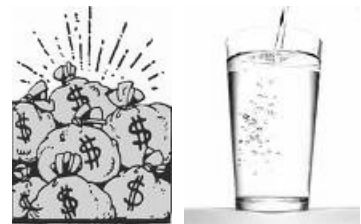
Contabilidad

Incremento de efectivo = Ingresos – Gastos

Acumulación de Materia = Entrada – Salida

Sistema

Cualquier región del espacio delimitada, ya sea de forma real o imaginaria.



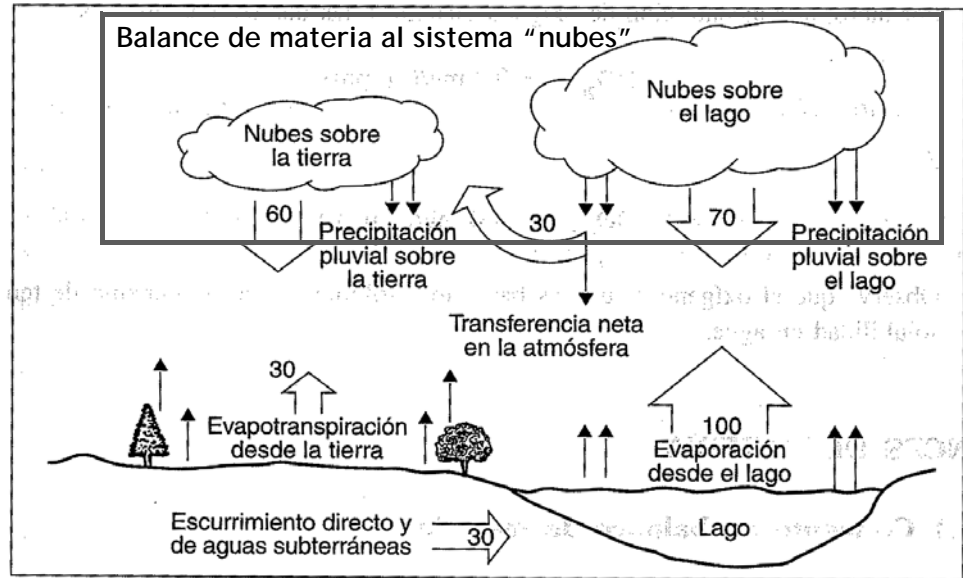
¿A qué se aplica un Balance de Materia?

Como puede verse de la anterior definición, el concepto de sistema es muy amplio, y en consecuencia un balance de materia puede aplicarse a:

- 1.Un elemento natural, por ejemplo, un río, el océano, la atmósfera, etc.
- 2.Un proceso químico, físico o biológico
- 3.Un equipo o unidad de proceso

Ejemplo:

Ciclo del Agua (se contabilizan las cantidades intercambiadas)



¿En que se basan los Balances de Materia (BM)?

Los Balances de Materia se basan en los principios de conservación que todos hemos escuchado enunciar en alguna ocasión:

“LA MATERIA NI SE CREA NI SE DESTRUYE, (SÓLO SE TRANSFORMA)”

Forma General del Balance de Materia

$$\left[\begin{array}{c} \text{ENTRADA} \\ \text{DE} \\ \text{MATERIA} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{c} \text{GENERACIÓN} \\ \text{NETA DE} \\ \text{MATERIA} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{SALIDA} \\ \text{DE} \\ \text{MATERIA} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{c} \text{ACUMULACIÓN} \\ \text{DE} \\ \text{MATERIA} \end{array} \right]$$

Sin embargo, la generación de neta de materia....

- Materia \leftrightarrow Energía ($E = m \cdot c^2$)
- En la casi totalidad de los sistemas con los que trabaja en Ingeniería Ambiental no hay transformación de materia en energía (esto sólo sucede en reacciones nucleares), por lo que...
- ... los BM pueden plantearse con la siguiente **forma general**:

$$\begin{bmatrix} \text{ENTRADA} \\ \text{DE} \\ \text{MATERIA} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{SALIDA} \\ \text{DE} \\ \text{MATERIA} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{ACUMULACIÓN} \\ \text{DE} \\ \text{MATERIA} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \text{ENTRADA} \\ \text{DE} \\ \text{MATERIA} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \text{SALIDA} \\ \text{DE} \\ \text{MATERIA} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{ACUMULACIÓN} \\ \text{DE} \\ \text{MATERIA} \end{bmatrix}$$

Aplicación del Balance de Materia:

- Aplicado a la masa de un componente, y si NO hay reacción química

$$\begin{bmatrix} \text{ENTRADA} \\ \text{DE MATERIA DEL} \\ \text{COMPONENTE "A"} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \text{SALIDA} \\ \text{DE MATERIA DEL} \\ \text{COMPONENTE "A"} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{ACUMULACIÓN} \\ \text{DE MATERIA DEL} \\ \text{COMPONENTE "A"} \end{bmatrix}$$

- Cuando SÍ hay reacción química, sí que puede generarse o consumirse un determinado componente, aunque la masa total del sistema no varíe, por lo que el balance a dicho componente...

$$\begin{bmatrix} \text{ENTRADA} \\ \text{DEL} \\ \text{COMPONENTE "A"} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{GENERACIÓN} \\ \text{NETA DEL} \\ \text{COMPONENTE "A"} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \text{SALIDA} \\ \text{DEL} \\ \text{COMPONENTE "A"} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{ACUMULACIÓN} \\ \text{DEL} \\ \text{COMPONENTE "A"} \end{bmatrix}$$

Aplicación del Balance de Materia:

Sistemas en estado estacionario: No hay acumulación de materia

En esta situación NO PUEDE PRODUCIRSE ACUMULACIÓN y por tanto la forma general del Balance de Materia SIN REACCIÓN QUÍMICA será:

$$\left[\begin{array}{c} \text{ENTRADA DE} \\ \text{MATERIA} \\ \text{TOTAL} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{SALIDA DE} \\ \text{MATERIA} \\ \text{TOTAL} \end{array} \right] \quad \left[\begin{array}{c} \text{ENTRADA} \\ \text{DEL} \\ \text{COMPUESTO "A"} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{SALIDA} \\ \text{DEL} \\ \text{COMPUESTO "A"} \end{array} \right]$$

En los balances en sistemas continuos se utilizan caudales másicos o molares (NO VOLÚMENES!), que en definitiva lo que expresan es la entrada o salida de materia del sistema por unidad de tiempo: kg/h ó mol/h.

Tipos de sistemas que estudiaremos

1. Sistemas formados por una sola unidad
2. Sistemas formados por varias unidades en serie:
 - i. Sistemas con corrientes de derivación o by-pass
 - ii. Sistemas con recirculación de corrientes
 - iii. Sistemas con recirculación de corrientes y purga

Pasos para aplicar un Balance de Materia

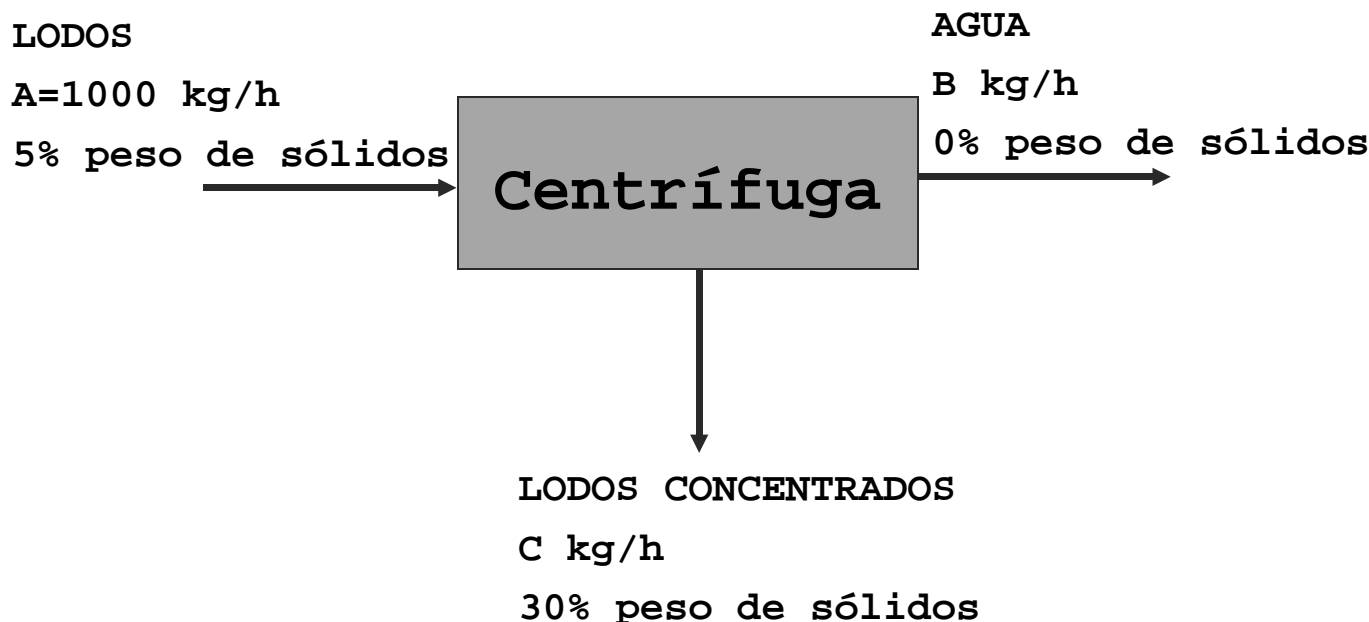
1. ENTENDER COMPLETAMENTE EL SISTEMA al que se le va a plantear el balance. En la práctica real esto requiere recabar toda la información disponible. Si se trata de un problema planteado en clase HAY QUE LEER DETENIDAMENTE Y ENTENDER EL ENUNCIADO.
2. Representar esquemáticamente el problema, mediante un DIAGRAMA DE BLOQUES en el que se debe plasmar toda la información disponible de cada corriente. En el diagrama deben incluirse tantos bloques como unidades u operaciones existan en el proceso. Debe también quedar claro qué variable o variables desconocemos, y por tanto tendremos que calcular.
3. Plantear los Balances de Materia (pueden realizarse a los distintos componentes y el total). Se podrán plantear tantos BALANCES DE MATERIA INDEPENDIENTES como COMPONENTES EXISTEN EN EL SISTEMA:

"C" componentes → "C" Balances de Materia independientes

4. Plantear como ecuaciones las relaciones entre corrientes, u otras posibles restricciones que existan en el sistema (en el caso de que las haya).

Ejemplo:

En una centrífuga se deshidratan lodos, procedentes del tratamiento aguas residuales urbanas, antes de proceder a la desecación térmica de los mismos. Si el contenido de sólidos en los lodos es del 5% en peso, ¿Qué cantidad de agua se retira en la centrífuga para obtener unos lodos con un 30% de sólidos? Nota: Considerar que la alimentación a la centrífuga es de 1000 kg/h de lodos.



Proceso continuo sin reacción química

$\left[\begin{array}{c} \text{ENTRADA DE MATERIA} \\ \text{TOTAL O} \\ \text{DEL COMPONENTE A} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{SALIDA DE MATERIA} \\ \text{TOTAL O} \\ \text{DEL COMPONENTE A} \end{array} \right]$
--

Balance de materia total:

Materia total que entra = Materia total que sale

$$1000 = B + C$$

Balance de materia a los sólidos:

Sólidos que entran = Sólidos que salen

$$C = 167 \text{ kg/h}$$

$$B = 833 \text{ kg/h}$$

$$0.05 \cdot 1000 = 0.3 \cdot C$$

Haz el balance al agua. Súmalo al de los sólidos. ¿Qué obtienes?

Consideraciones importantes:

1. Para **CARACTERIZAR UNA CORRIENTE** con “C” componentes **SERÁ PRECISO CONOCER:**

- a) Caudal másico total (kg/h) y caudales másicos de (C-1) componentes (kg/h)
- b) Caudal másico total (kg/h) y fracción o porcentaje (%) en peso de (C-1) componentes
- c) Caudal másico de los C componentes

2. Conocido el caudal másico total de la corriente y su composición porcentual, es posible calcular el caudal másico de cada uno de sus componentes, mediante la expresión siguiente:

$$\left[\begin{array}{c} \text{CAUDAL MÁSIKO DEL} \\ \text{COMPONENTE "A"} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{Fracción másica} \\ \text{del componente "A"} \end{array} \right] \times \left[\begin{array}{c} \text{CAUDAL MÁSIKO} \\ \text{TOTAL} \end{array} \right]$$

3. Cuando en un sistema existen “N” *ecuaciones* (balances de materia + restricciones y/o relaciones), se dice que el SISTEMA está DETERMINADO si existen también “N” *incógnitas*. En este caso EXISTIRÁ SÓLO UNA SOLUCIÓN.
4. Si existen MÁS INCÓGNITAS QUE ECUACIONES se tratará de un sistema indeterminado, con infinitas soluciones. Por ello para su resolución es preciso escoger una base de cálculo.
5. Si existen más ecuaciones que incógnitas posiblemente alguna de las ecuaciones no será independiente.