

TEMA 3: TRATAMIENTO DE RESIDUOS PARA LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA

Conversión y Gestión de la Energía

- BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA
- EQUIPOS:
 - CALDERA
 - INTERCAMBIADOR DE CALOR
 - COMPRESOR/BOMBA
 - TURBINA
 - EQUIPOS AUXILIARES

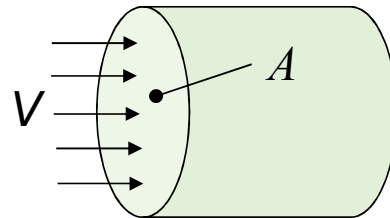
Balance de Materia y Energía

Balance de Materia

Flujo de materia



Masa o volumen de un fluido que atraviesa una superficie en la unidad de tiempo



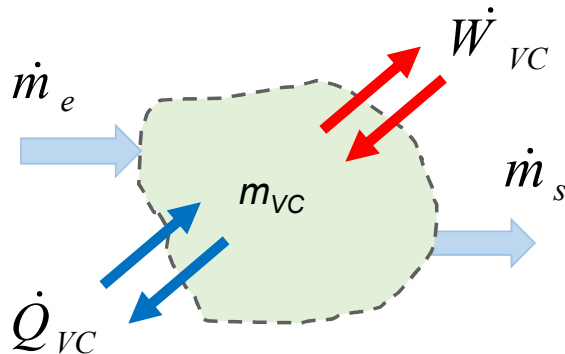
$$\dot{m} = \rho A V$$

$$\dot{V} = A V$$

$\rho \rightarrow$ Densidad del fluido (kg/m^3)
 $A \rightarrow$ Superficie que atraviesa el fluido (m^2)
 $V \rightarrow$ Velocidad del fluido a través de la superficie (m/s)

Balance de Energía

Balance de energía para un sistema considerado:



$$\underbrace{\dot{E}_{\text{entrada}} - \dot{E}_{\text{salida}}}_{\text{Velocidad de transferencia neta de energía en forma de calor, trabajo y masa}} = \underbrace{\frac{dE_{\text{sistema}}}{dt}}_{\text{Cambio en la energía total del sistema por unidad de tiempo}} \xrightarrow{\text{=0 en régimen permanente}}$$

Velocidad de transferencia neta de energía en forma de calor, trabajo y masa

Cambio en la energía total del sistema por unidad de tiempo

Régimen permanente, variaciones de energía cinética y potencial despreciables



$$\dot{Q}_{\text{neto}, VC} - \dot{W}_{\text{neto}, VC} = \sum_s \dot{m}_s h_s - \sum_e \dot{m}_e h_e$$

Balance de Materia y Energía

Equipos

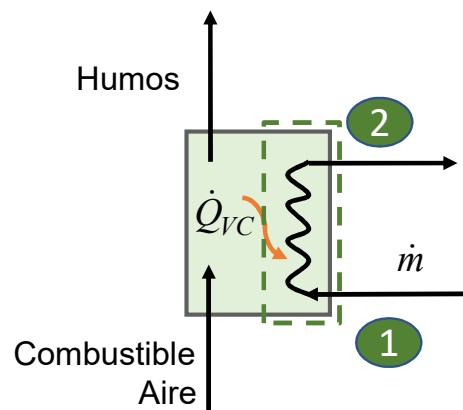
Intercambiadores de calor

Hipótesis

Variaciones de energía cinética y potencial despreciables
Pérdidas de presión despreciables
Régimen permanente

Caldera (caso particular de intercambiadores de calor)

Volumen de control = corriente de fluido a vaporizar/calentar en el caso de la caldera



$$P \cong cte$$

$$T_1 < T_2$$

$$P_1 = P_2$$

$$\dot{Q}_{neto, VC} - \dot{W}_{neto, VC} \overset{=0}{=} \dot{m}_s h_s - \dot{m}_e h_e$$

$$\dot{m}_e = \dot{m}_s = \dot{m}$$

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 = \dot{m}$$

$$\dot{Q}_{neto, VC} = \dot{m} (h_2 - h_1)$$

$$\text{kW} = \text{kJ/s}$$

Balance de Materia y Energía

Intercambiadores de calor

Tipos

- De mezcla, contacto directo o abierto
- De superficie o cerrado (e.g., doble tubo, carcasa y tubos)

Balance de Energía

$$\sum_e \dot{m}_e = \sum_s \dot{m}_s$$

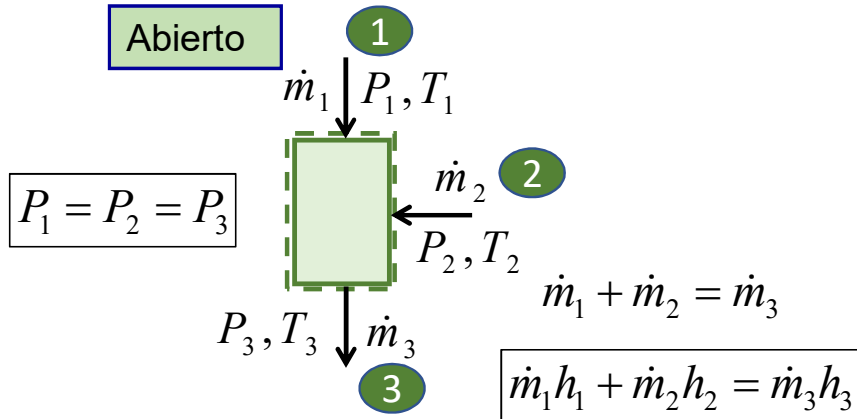
=0 por ser equipos adiabáticos

Balance de Materia

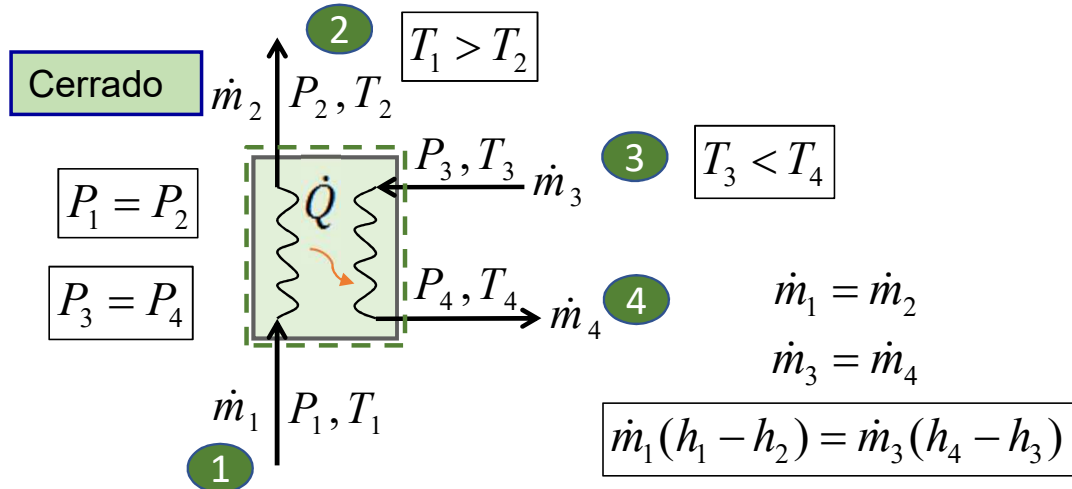
$$\dot{Q}_{neto, VC} - \dot{W}_{neto, VC} = \sum_s \dot{m}_s h_s - \sum_e \dot{m}_e h_e$$

kJ/s=kW

Abierto



Cerrado

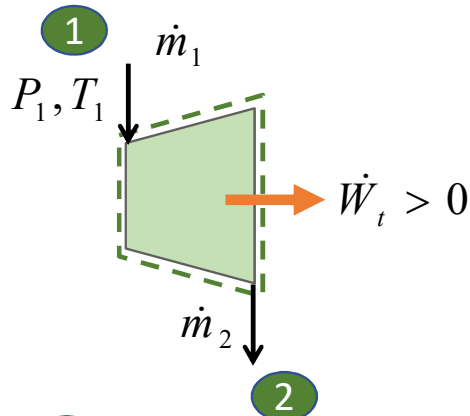


Balance de Materia y Energía

Hipótesis

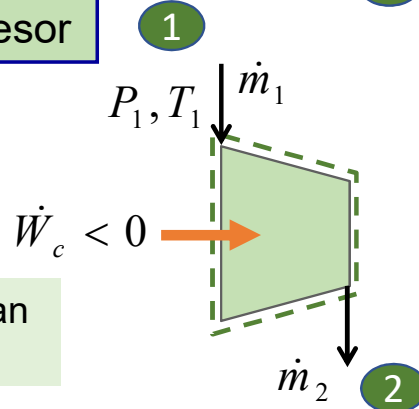
Variaciones de energía cinética y potencial despreciables
Pérdidas de presión despreciables
Equipos adiabáticos
Régimen permanente

Turbina



Disminuyen
P y T

Compresor



Aumentan
P y T

Lectura recomendada

Çengel, Y. A., & Boles, M. A. (2015). Termodinámica. Mc Graw-Hill Interamericana.

$$\dot{Q}_{neto, VC} - \dot{W}_{neto, VC} = \dot{m}_s h_s - \dot{m}_e h_e$$

=0 por ser equipos adiabáticos

$$\dot{m}_e = \dot{m}_s = \dot{m}$$

Potencia →

$$\dot{W} = \dot{m} (h_1 - h_2)$$

kJ/s=kW

Equipos auxiliares: bombas, válvulas, etc.

Procesos Energéticos

- PROCESOS FÍSICOS: PRETRATAMIENTOS
- PROCESOS TERMOQUÍMICOS: COMBUSTIÓN, GASIFICACIÓN Y PIRÓLISIS
- PROCESOS BIOQUÍMICOS: DIGESTIÓN AEROBIA, DIGESTIÓN ANAEROBIA , COMPOSTAJE, FERMENTACIÓN.

0- PRETRATAMIENTO

Los pretratamientos son una serie de procesos que se aplican a los combustibles derivados de la biomasa cuya misión principal es homogenizar los distintos tipos de biomasa dado que son muy variables tanto en forma, tamaño, composición química, poder calorífico, etc.

REDUCCION GRANULOMÉTRICA

- Astillado
- Triturado
- Molienda
- Cribado y tamizado
- Disgregación

REDUCCIÓN DE HUMEDAD

- Secado natural
- Secado forzado

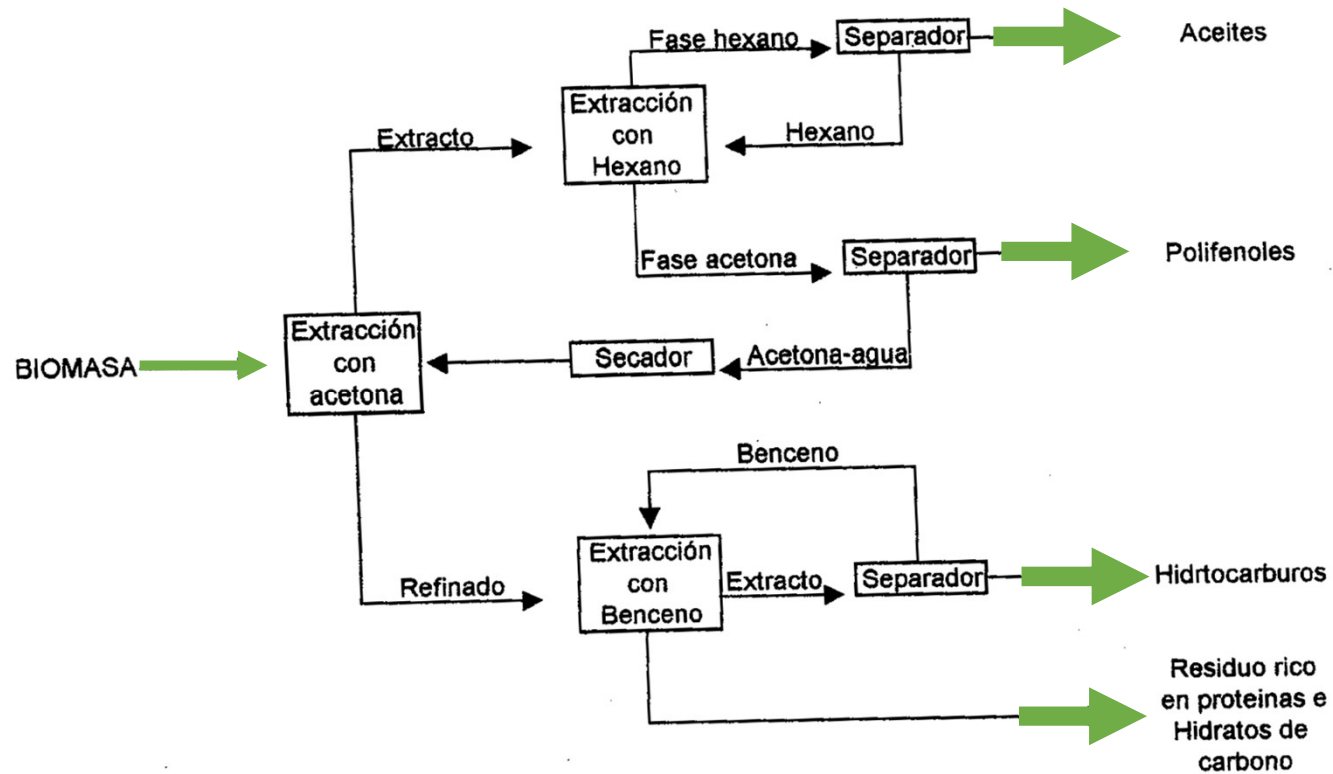
DENSIFICACIÓN O COMPACTACIÓN

- Pelletizado
- Briquetado

ALMACENAMIENTO

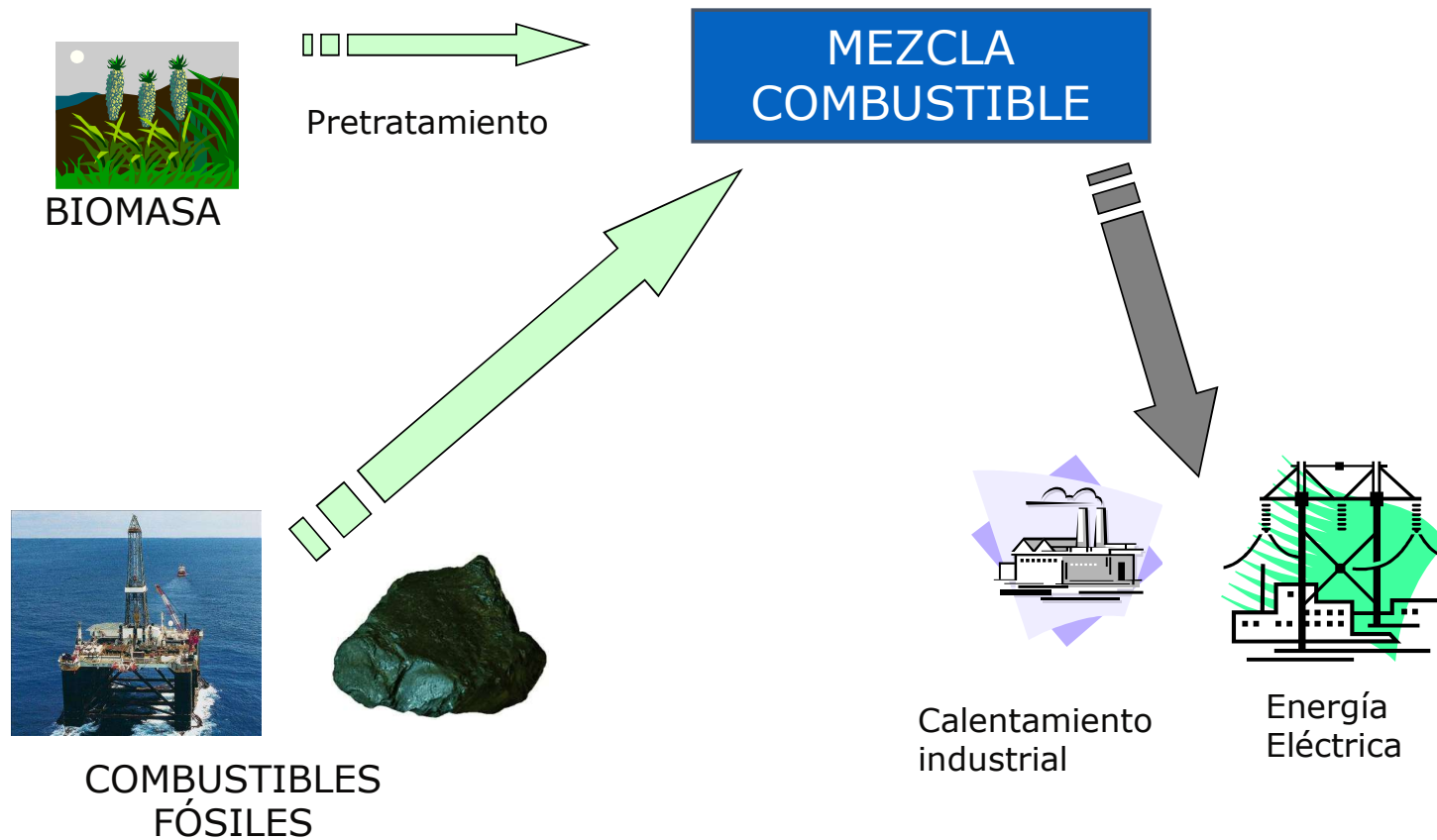
1- EXTRACCIÓN DE HIDROCARBUROS

OBTENCIÓN DE HIDROCARBUROS DE DIFERENTE NATURALEZA MEDIANTE PROCESOS DE EXTRACCIÓN.



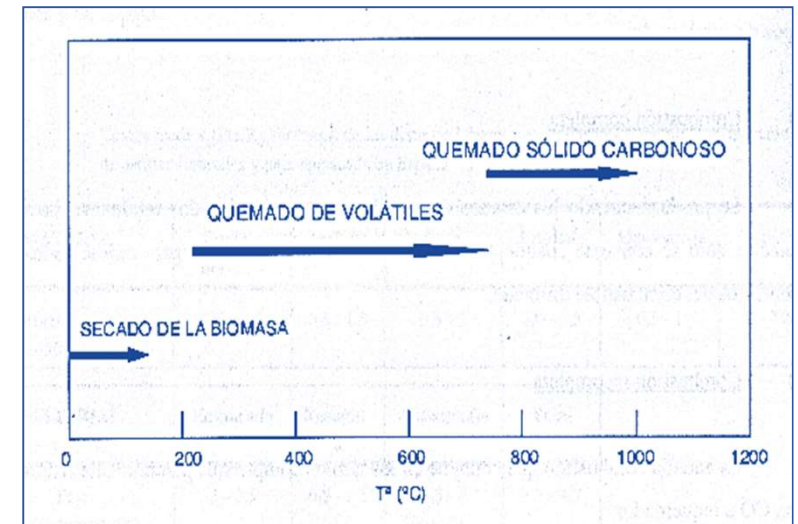
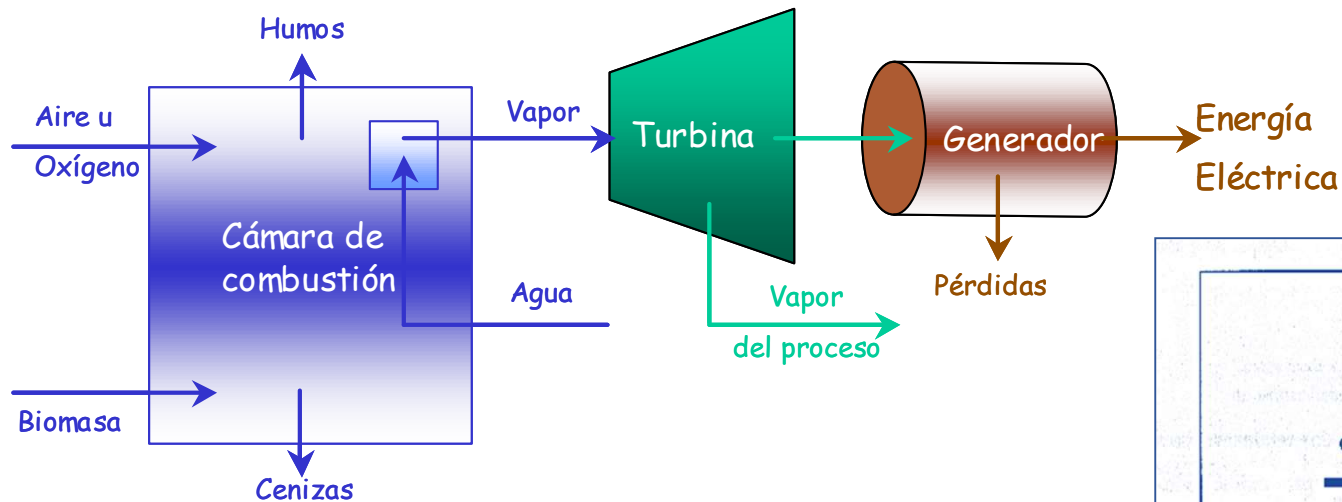
2- CO-COMBUSTION

COMBUSTIÓN CONJUNTA DE COMBUSTIBLES DE DIFERENTE NATURALEZA.
INCINERACIÓN DE RESIDUOS COMO COMBUSTIBLE.

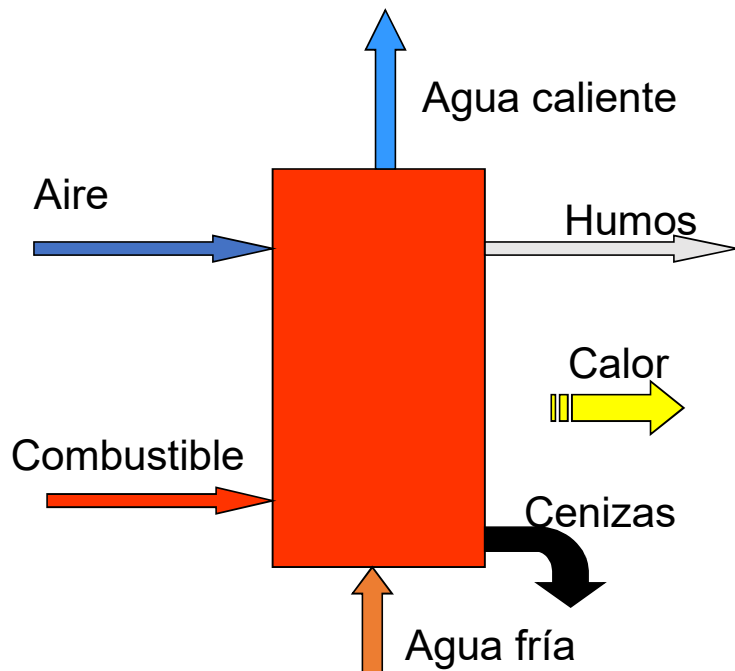


COMBUSTION

La combustión es una reacción química de carácter exotérmico, que se desarrolla en fase gaseosa o heterogénea (líquido-gas, sólido-gas). La más habitual es la interacción entre un combustible y un comburente (e.g., oxígeno atmosférico).



Rendimiento Caldera



$$\dot{Q}_{aprovechado} = \dot{m}_{ag} \cdot (h_{ag\ cal} - h_{ag\ fria})$$

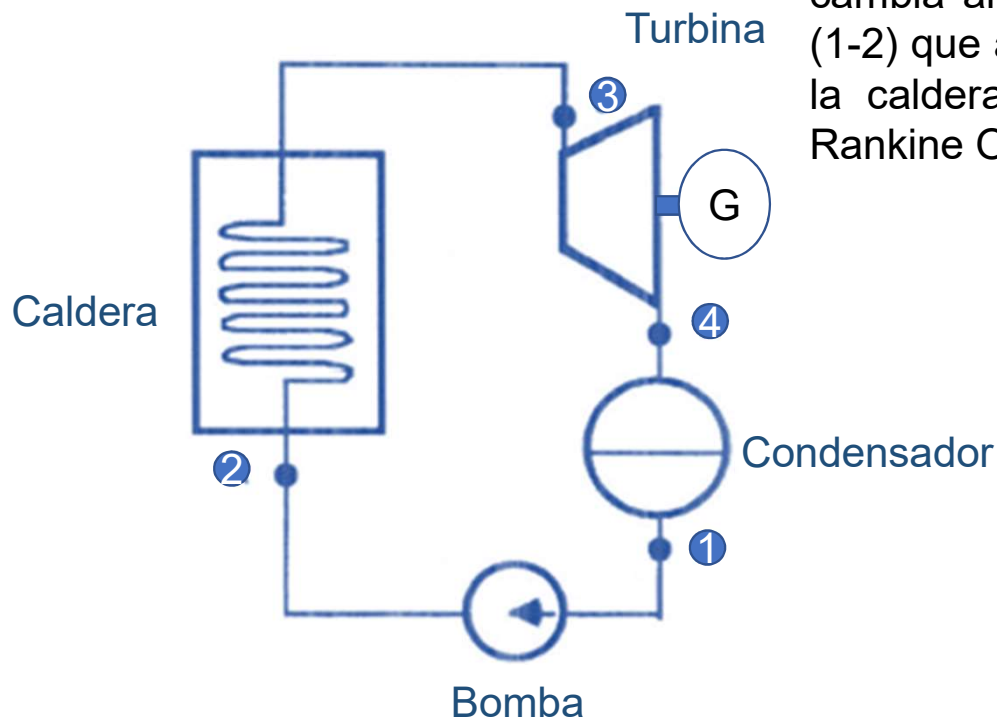
$$\eta = \frac{\dot{Q}_{aprovechado}}{\dot{Q}_{aportado}} = \frac{\dot{m}_{ag} \cdot c_p \cdot (T_{ag\ cal} - T_{ag\ fria})}{\dot{m}_{comb} \cdot PCI}$$

Clasificación de calderas:

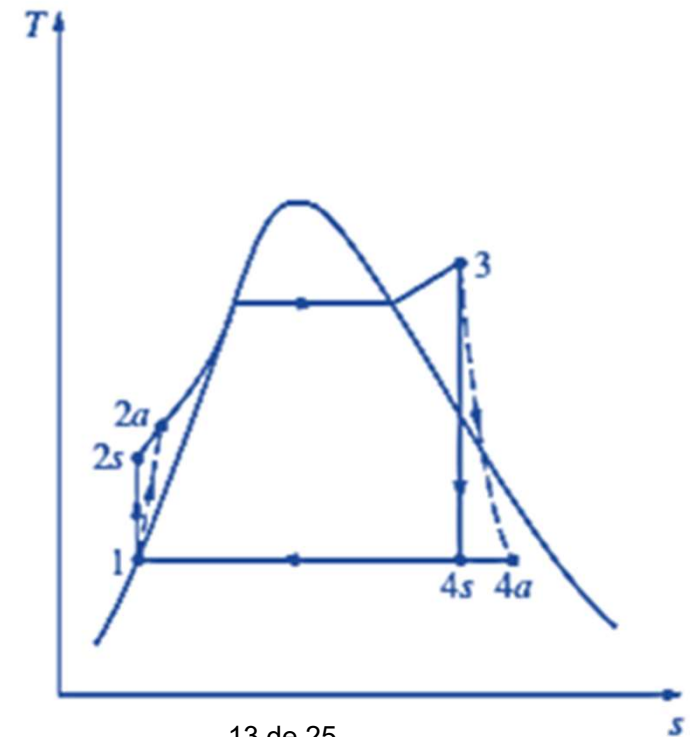
De tiro natural. El tiro se produce por la diferencia de densidad de los humos de los gases de combustión y el aire exterior.

De tiro forzado: con hogar en sobrepresión, depresión o equilibrado.

Ciclo Rankine



Un fluido caloportador sale de una caldera a alta presión (2-3) para luego ser llevado a una turbina (3-4) donde se expande y produce trabajo. En el condensador (4-1) el vapor remanente se enfría y cambia al estado líquido. Finalmente es impulsado por una bomba (1-2) que aumenta la presión del fluido y lo introduce nuevamente en la caldera. Cuando el fluido es orgánico se conoce como Ciclo Rankine Orgánico, en inglés, Organic Rankine Cycle u ORC).

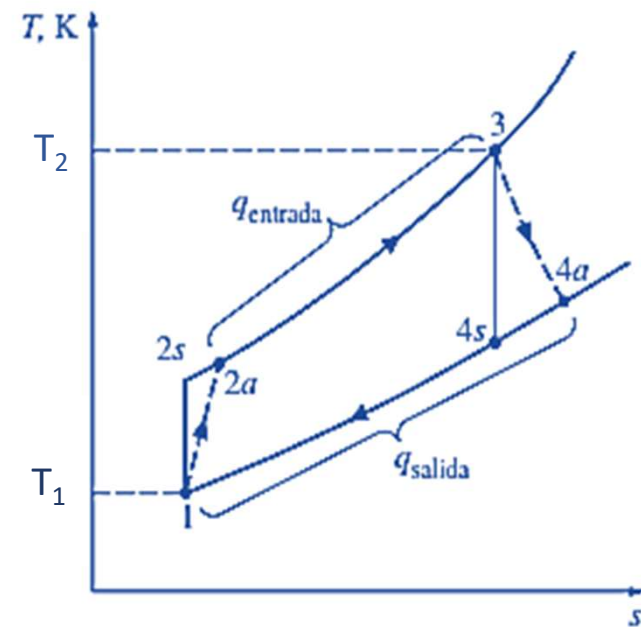
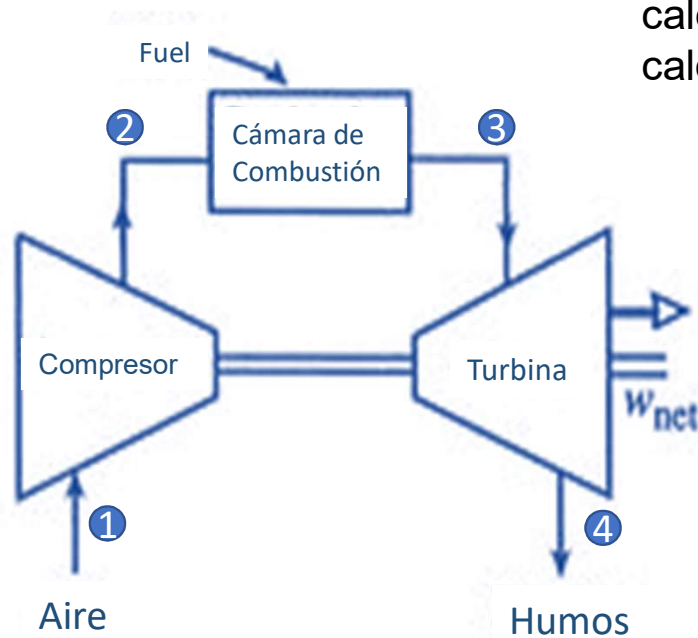


Lectura recomendada

Çengel, Y. A., & Boles, M. A. (2015). Termodinámica. Mc Graw-Hill Interamericana. (Tema: Ciclos Termodinámicos).

Ciclo Brayton

El ciclo Brayton, es un ciclo termodinámico consistente, en su forma más sencilla, en una etapa de compresión adiabática, una etapa de calentamiento isobárico y una expansión adiabática de un fluido caloportador compresible.

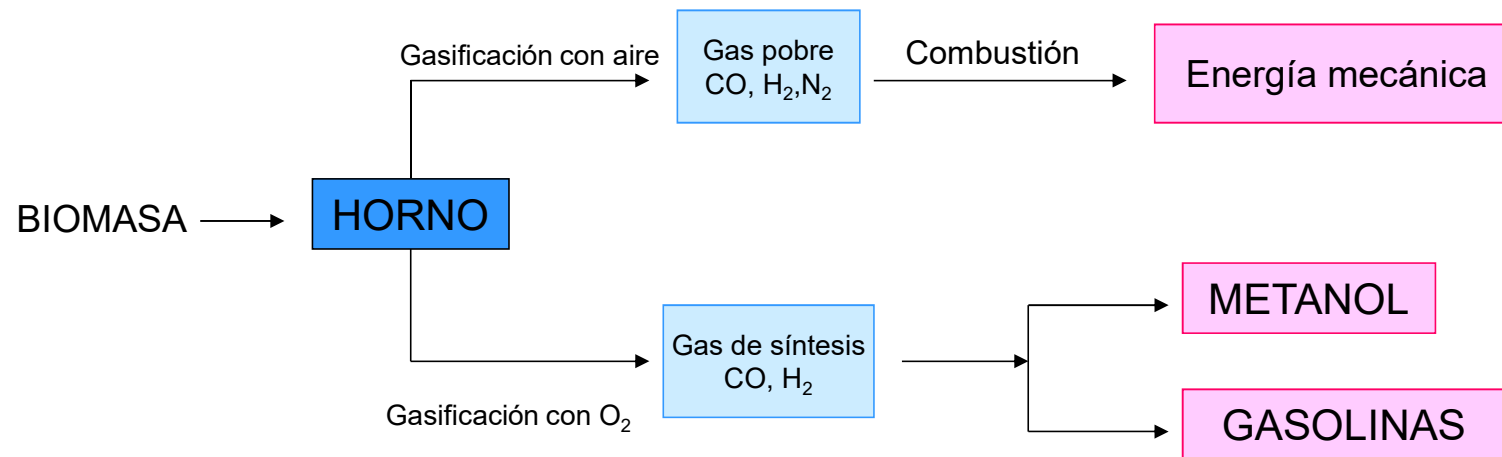


Lectura recomendada

Çengel, Y. A., & Boles, M. A. (2015). Termodinámica. Mc Graw-Hill Interamericana. (Tema: Ciclos Termodinámicos).

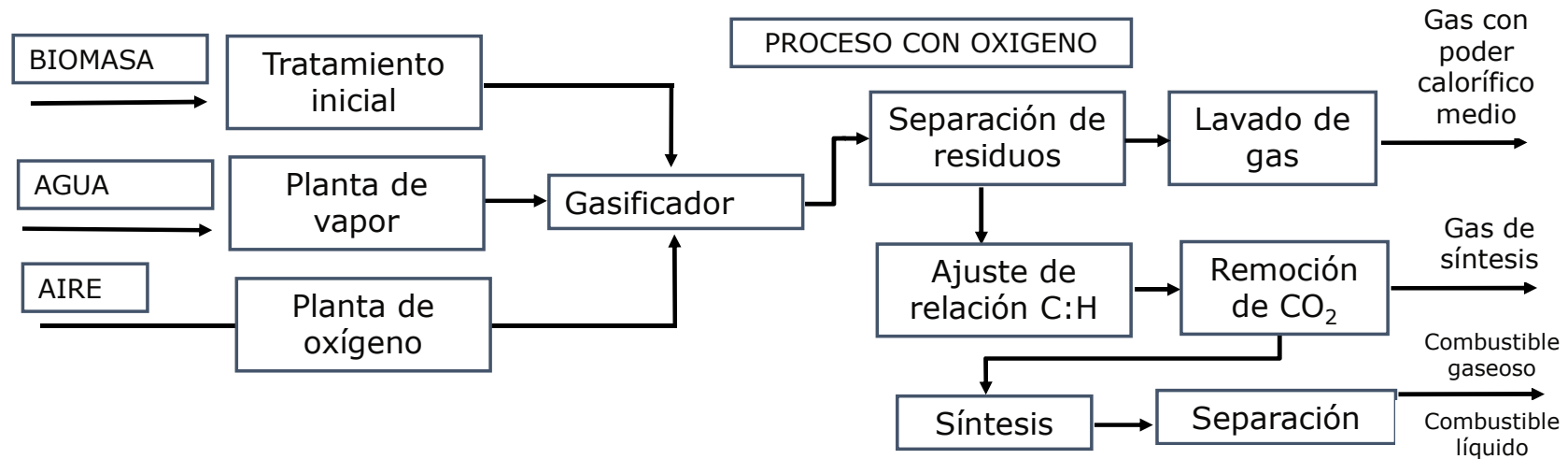
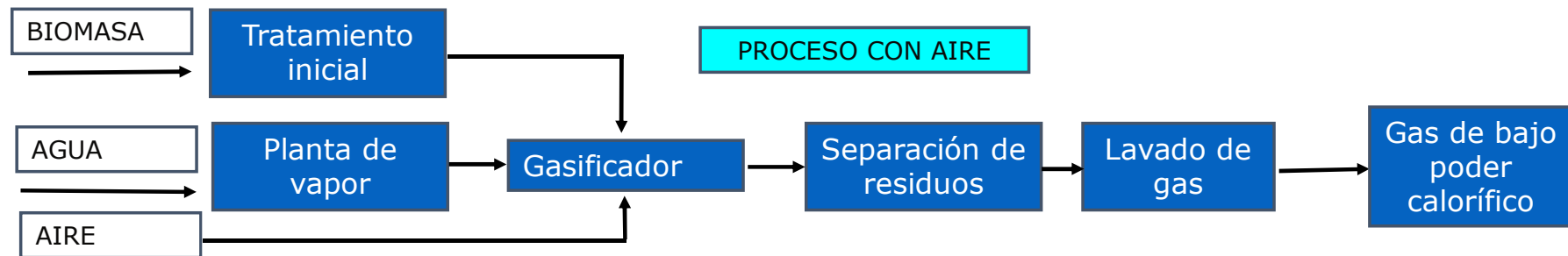
3- GASIFICACION

CONSISTE EN HACER REACCIONAR UN COMBUSTIBLE SÓLIDO CON VAPOR DE AGUA Y AIRE u OXIGENO A ALTA TEMPERATURA.



3- GASIFICACION

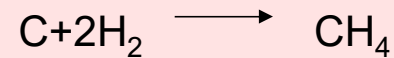
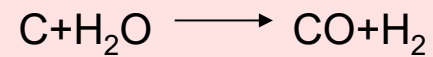
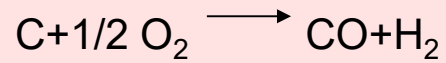
CONSISTE EN HACER REACCIONAR UN COMBUSTIBLE SÓLIDO CON VAPOR DE AGUA Y AIRE U OXIGENO A ALTA TEMPERATURA.



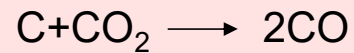
3- GASIFICACION

BASE TERMOQUÍMICA DEL PROCESO DE GASIFICACIÓN

1. Reacciones de descomposición térmica
2. Reacciones de oxidación o combustión



3. Reacciones de reducción

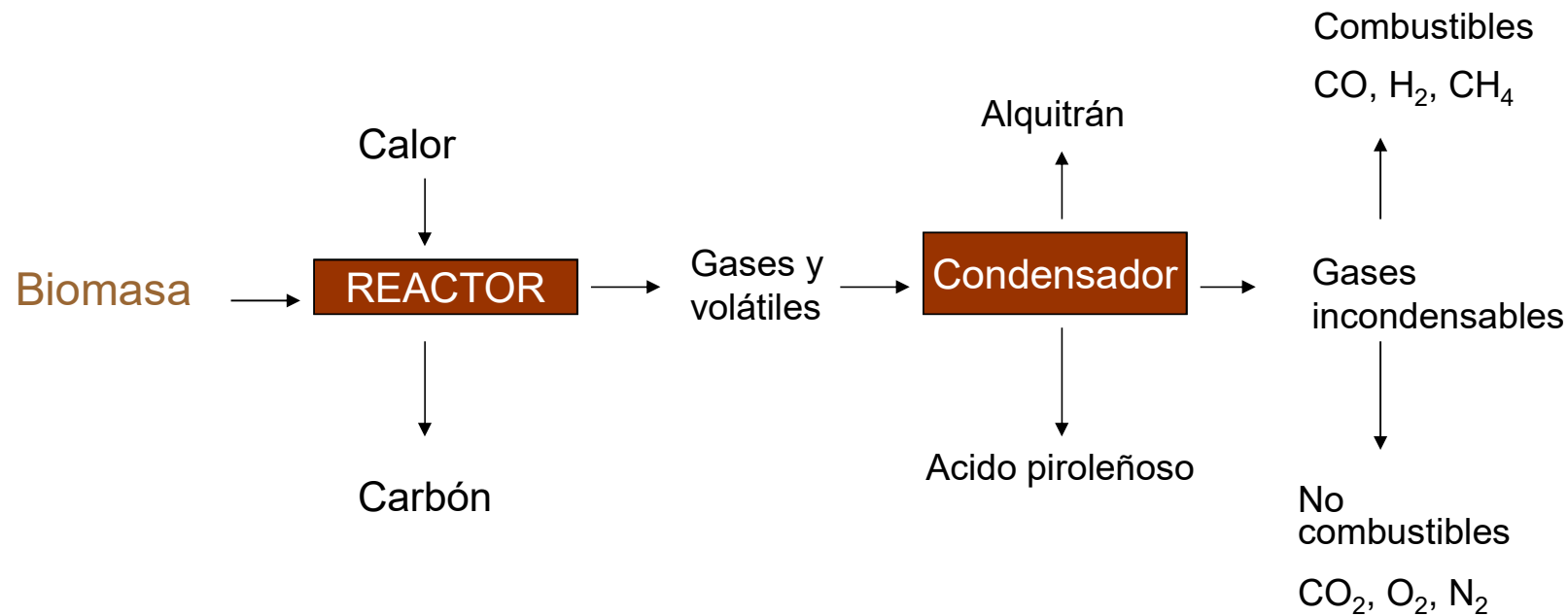


Características de los gases de gasificación

PROPIEDADES	GAS POBRE	GAS DE SINTESIS
Composición (%)		
Monóxido de carbono	11-30	40-50
Dióxido de carbono	6-16	10-20
Hidrógeno	10-20	25-30
Nitrógeno	50	-
Poder Calorífico (kcal/m ³)	1000	2500

4- PIRÓLISIS

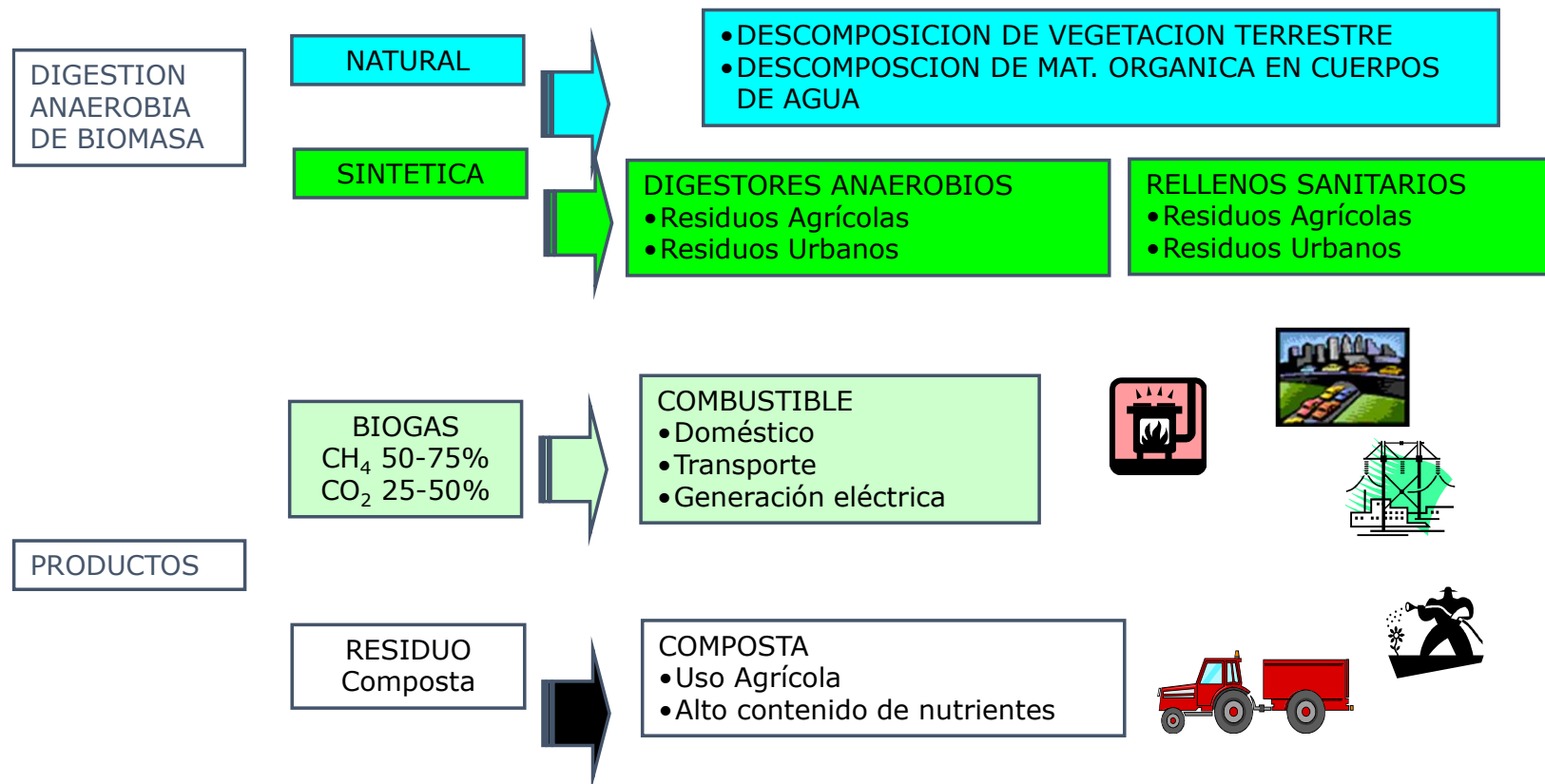
DESCOMPOSICIÓN QUÍMICA DE MATERIA ORGÁNICA CAUSADA POR EL CALENTAMIENTO A ALTAS TEMPERATURAS EN AUSENCIA DE OXÍGENO.



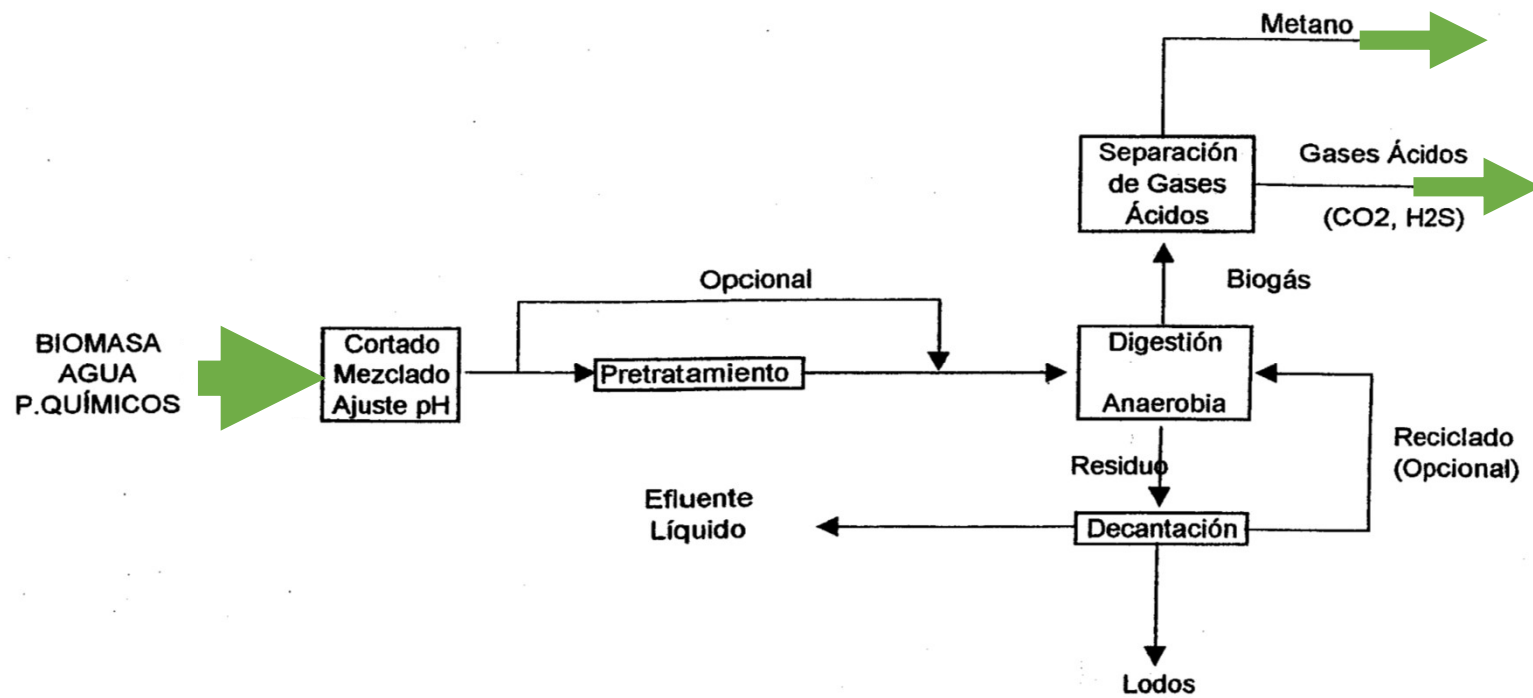
- Ausencia de Oxígeno
- Reacción química endotérmica
- Obtención de combustibles, vapor piroleñoso, aceites y carbón vegetal
- Residuos agrícolas, forestales y RSU

5- DIGESTION ANAEROBIA

DESCOMPOSICION DE MATERIA ORGANICA EN METANO Y DIOXIDO DE CARBONO EN AUSENCIA DE OXIGENO MEDIANTE LA ACCION DE BACTERIAS.



5- DIGESTION ANAEROBIA



6- RELLENOS SANITARIOS

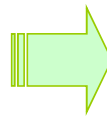
SITIOS EXPROFESAMENTE DISEÑADOS Y CONSTRUIDOS PARA CONFINAR RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES DE MANERA CONTROLADA.

FASES

- 1.- PREPARACION DEL TERRENO
- 2.- LLENADO POR CAPAS
- 3.- RECUBRIMIENTO

PROCESO

DESCOMPOSICION ANAEROBIA
DE MATERIA ORGANICA



BIOGAS
150-300 m³/ton
basura

7- FERMENTACION

PROCESO MEDIANTE EL CUAL LOS AZUCARES SON CONVERTIDOS EN ALCOHOLES MEDIANTE REACCIONES BIOLOGICAS ANAEROBIAS.



RENDIMIENTOS EN ETANOL

MATERIA PRIMA	l/ton	l/(ha · año)
Caña de Azúcar	70	400 – 12000
Maíz	360	250 – 2000
Yuca (raíz)	180	500 – 4000
Papa (dulce)	120	1000 – 4500
Madera	160	160 – 4000

COMPARACIÓN DE LOS GASES OBTENIDOS EN DIFERENTES PROCESOS

PROCESO	Gasificación O ₂	Gasificación aire	Pirólisis rápida
Composición del gas producto	45 % CO 26 % H ₂ 18 % CO ₂ 5 % CH ₄	24 % CO 20 % H ₂ 12.5 % CO ₂ 3 % CH ₄ 40 % N ₂	48 % CO 20% H ₂ 6,5 % CO ₂ 13 % CH ₄ 6 % Insaturados
Rendimiento	70 %	70 %	80 %
Poder Calorífico Superior (PCS)	3000 kcal/Nm ³	1500 kcal/Nm ³	4500 kcal/Nm ³

English concept section

- **Industrial processes** are procedures involving chemical, physical or biochemical steps to aid in the energy management of residues.
 - . **Physical processes**
 - . **Thermochemical processes**
 - . **Biochemical processes**

Lecturas Recomendadas para el Contenido de este Módulo

- Castells, X. E. (2012). Tratamiento y valorización energética de residuos. Ediciones Díaz de Santos. (Tema: Procesos de Conversión de Energía en Residuos).
- Çengel, Y. A., & Boles, M. A. (2015). Termodinámica. Mc Graw-Hill Interamericana. (Tema: Balance de Materia y Energía).
- Rosillo-Calle, F., & Woods, J. (2012). The biomass assessment handbook. Routledge. (Tema: Conversión de Biomasa en Energía en Residuos).