

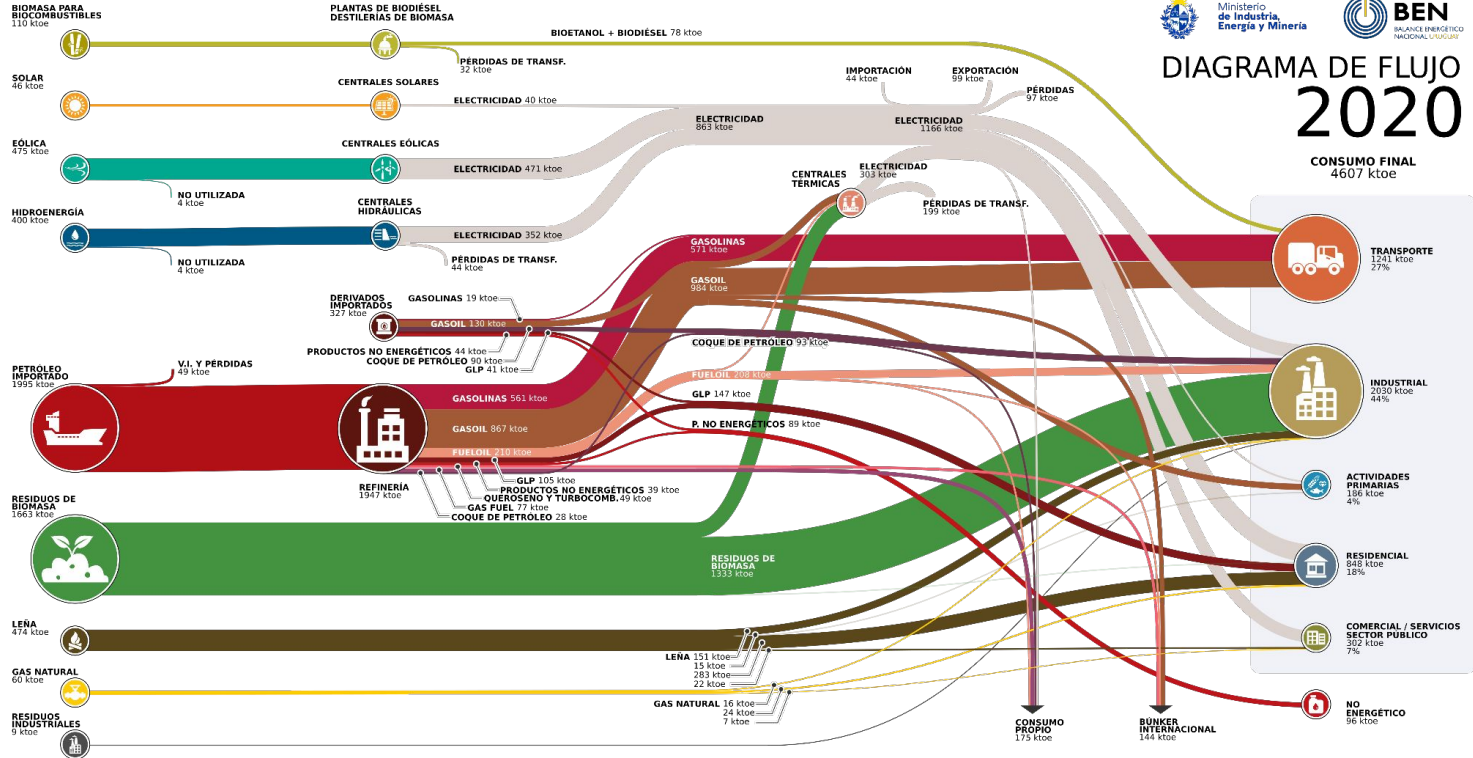


Sistemas de combustión

Generadores de Vapor - 2023



Matriz energética del Uruguay



NOTA: se representan los principales flujos energéticos

Consumos en la Industria (2016)

¿Qué fuentes de energía se utilizan?

¿Para qué usos?

¿En qué rubros?

Consumos en la Industria (2016)

Consumo (ktep)

Usos	GN	LE	RB	SO	SG	GP	GA	KE	GO	FO	CP	CC	EE	OTROS	TOTAL
Iluminación													10,7		10,7
Generación de Vapor	1,4	123,2	26,8		0,6	0,7			0,1	37,1			0,3		190,3
Cogeneración de Vapor		4,5	847,8						0,0	11,8				1,6	865,6
Otros Equipos de Calor	2,9	11,7	20,3	0,1	0,0	0,1			1,0	9,0			0,4		45,6
Calor Directo	9,2	31,5	7,7		3,9	4,3		0,9	5,2	109,1	54,7	0,3	10,6		237,4
Fuerza Motriz							0,0		0,0				192,5	3,9	196,4
Frío de Proceso													26,6		26,6
Transporte Interno					0,4	0,3	0,1		10,1				2,8		13,7
Procesos Electroquímicos													3,9		3,9
Usos No Productivos	0,1	0,0	7,7	0,1	0,4	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0			11,6		20,0
Total	13,5	171,0	910,4	0,2	5,3	5,5	0,1	0,9	16,5	166,9	54,7	0,3	259,4	5,5	1.610,3

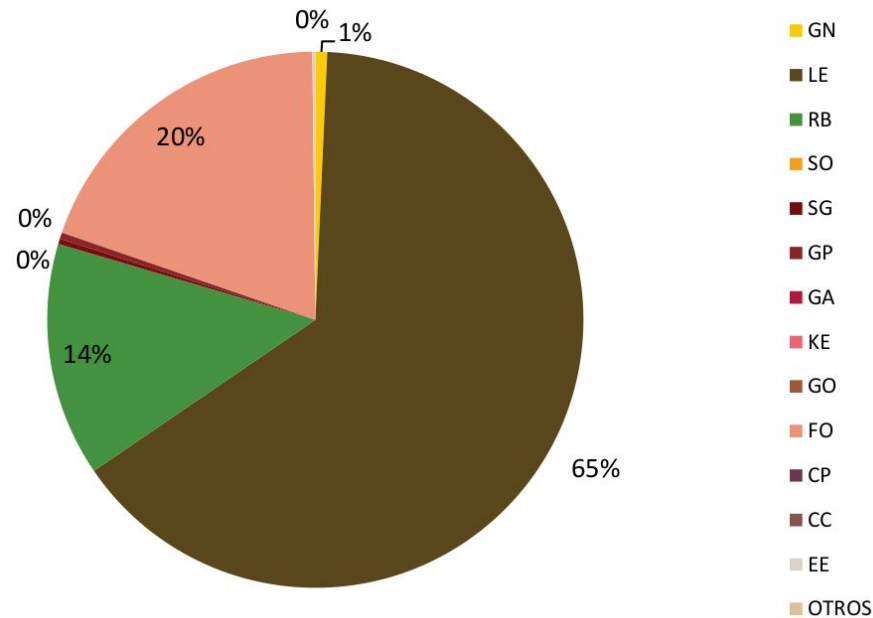
Consumos en la Industria (2016)

Sin plantas de Pulpa de Celulosa. Consumo (ktep)

Usos	GN	LE	RB	SO	SG	GP	GA	KE	GO	FO	CP	CC	EE	OTROS	TOTAL
Iluminación													6,6		6,6
Generación de Vapor	1,4	123,2	21,3		0,6	0,7			0,1	35,2			0,3		182,8
Cogeneración de Vapor		0,5	87,9						0,0					1,6	90,0
Otros Equipos de Calor	2,9	11,7	20,3	0,1	0,0	0,1			1,0	9,0			0,4		45,6
Calor Directo	9,2	31,5	6,8		3,9	4,3		0,9	5,2	15,0	54,7	0,3	10,6		142,4
Fuerza Motriz							0,0		0,0				96,0	3,9	99,9
Frío de Proceso													26,6		26,6
Transporte Interno					0,4	0,3	0,1		8,7				2,3		11,8
Procesos Electroquímicos													3,9		3,9
Usos No Productivos	0,1	0,0	7,7	0,1	0,4	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0			8,1		16,4
Total	13,5	167,0	144,0	0,2	5,3	5,5	0,1	0,9	15,1	59,2	54,7	0,3	154,7	5,5	626,1

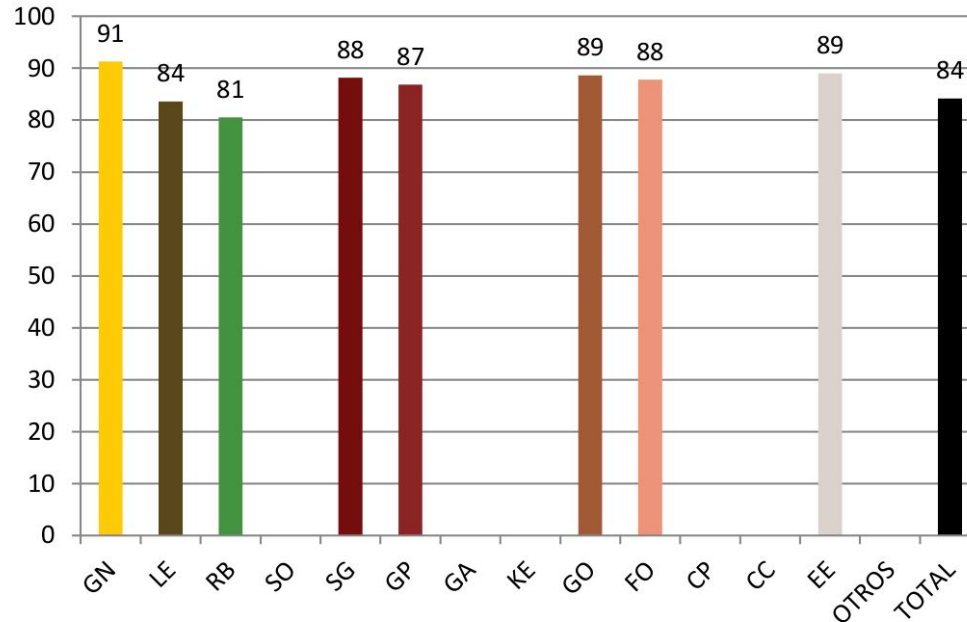
Consumos en la Industria (2016)

Generación de vapor por fuente



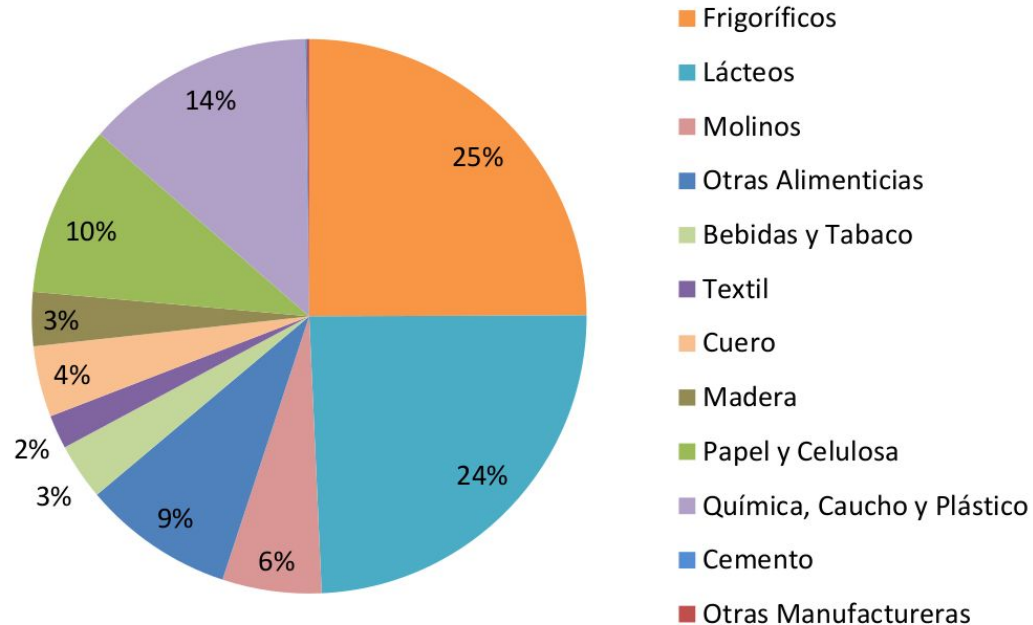
Consumos en la Industria (2016)

Rendimientos en la generación de vapor (PCI)



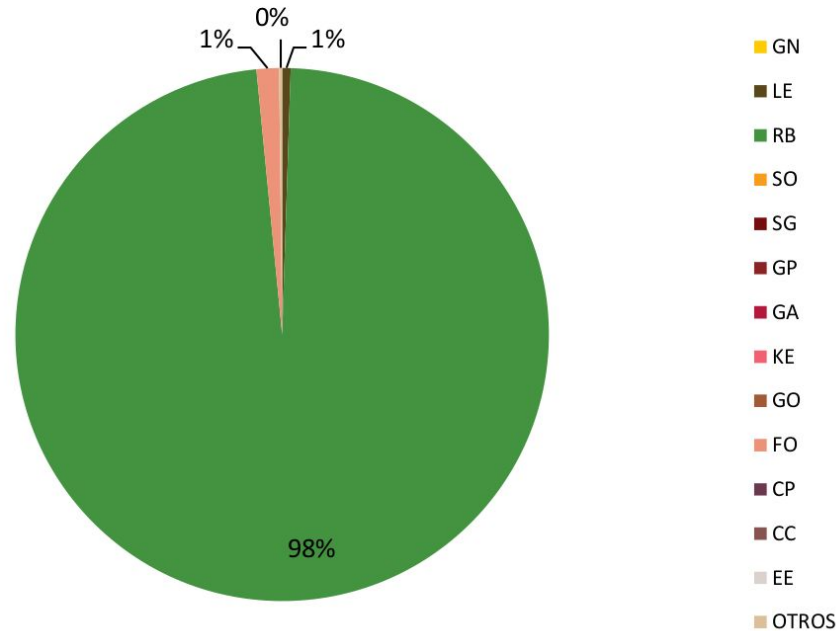
Consumos en la Industria (2016)

Generación de vapor por rubro



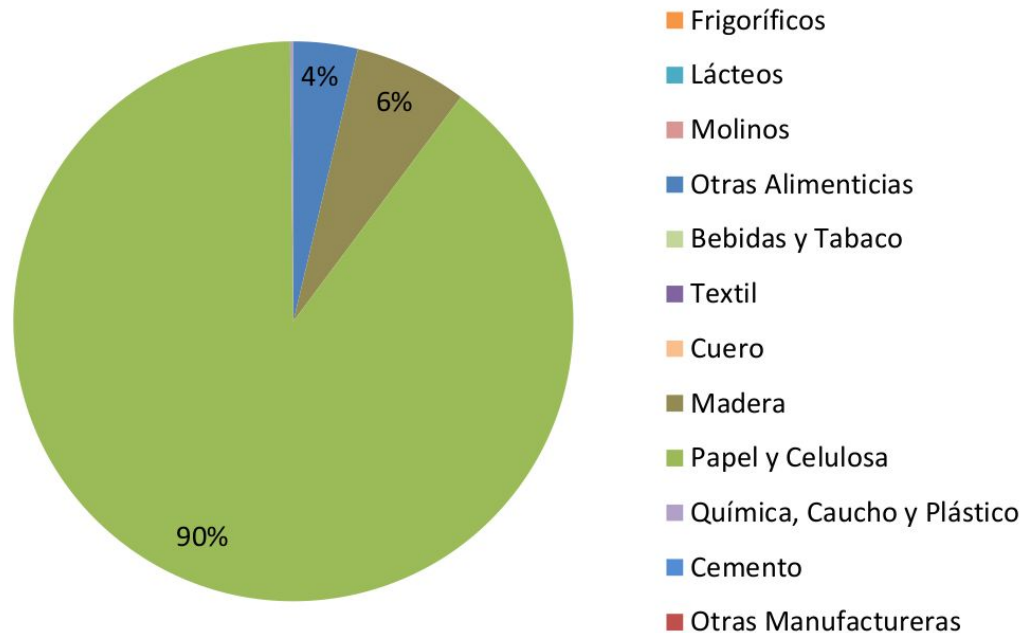
Consumos en la Industria (2016)

Co-generación de vapor por fuente

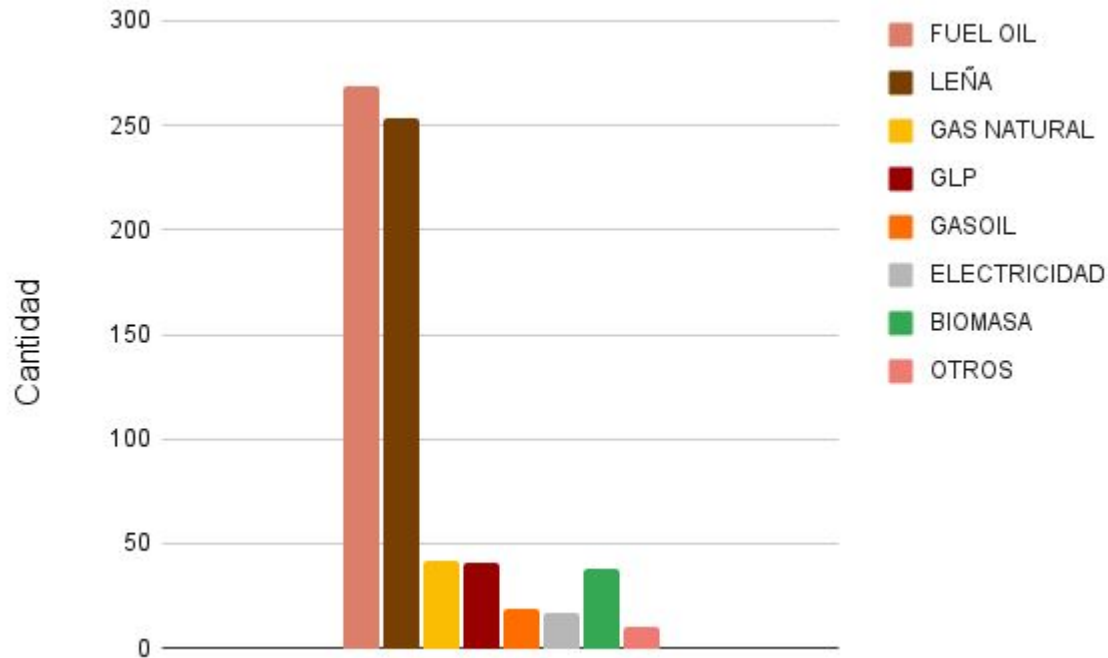


Consumos en la Industria (2016)

Co-generación de vapor por rubro



Cantidad de GV por tipo de combustible



Dos conceptos a resaltar

1. La generación (o cogeneración) de **vapor** es el uso que **mayor cantidad de energía consume** en las industrias (a nivel global)
2. Los principales combustibles que se utilizan para producir ese vapor son: **Licor negro, Leña (o chip), Fueloil, Residuos de biomasa** (otros).

Combustibles sólidos



1. Características como combustible
2. Combustión de biomasa
3. Sistemas de combustión
4. Cenizas

Propiedades de las biomásas

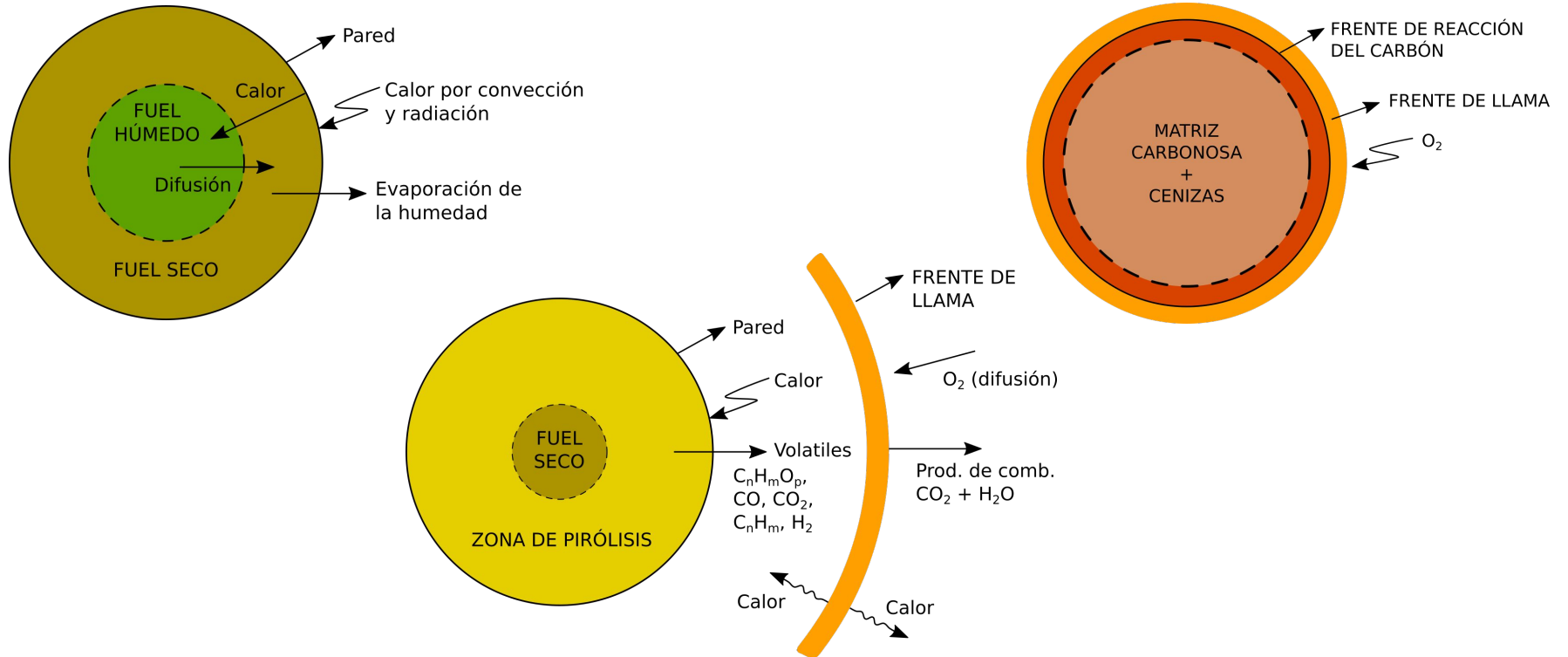
Biomasa	W	Q_p^s	Ash	C	H	O	N	S	Aire q
	% bh	MJ/kg seco	% bs	% bs					Sm ³ /kg seco
Madera de Eucalipto	<53	19,5	0,4	52,3	5,9	41,4	0	0	1,11
Corteza de Eucalipto	<65	17,1	4,5	48,1	5,5	41,7	0,1	0,1	1,0
Madera de Pino	<55	20,0	0,3	49,3	6,0	44,1	0,3	<0,1	1,04
Cáscara de arroz	7 - 10	16,1	18,9	40,6	4,9	35,1	0,4	0,1	0,86
Bagazo de caña	50	17,3	3,1	41,3	5,8	49,1	0,6	0,1	0,82
Rastrojo de trigo	8 - 20	17,6	9,2	45,4	5,6	39,5	0,2	<0,1	0,97

Combustión de biomasa

Modelo de etapas secuenciales de la combustión:

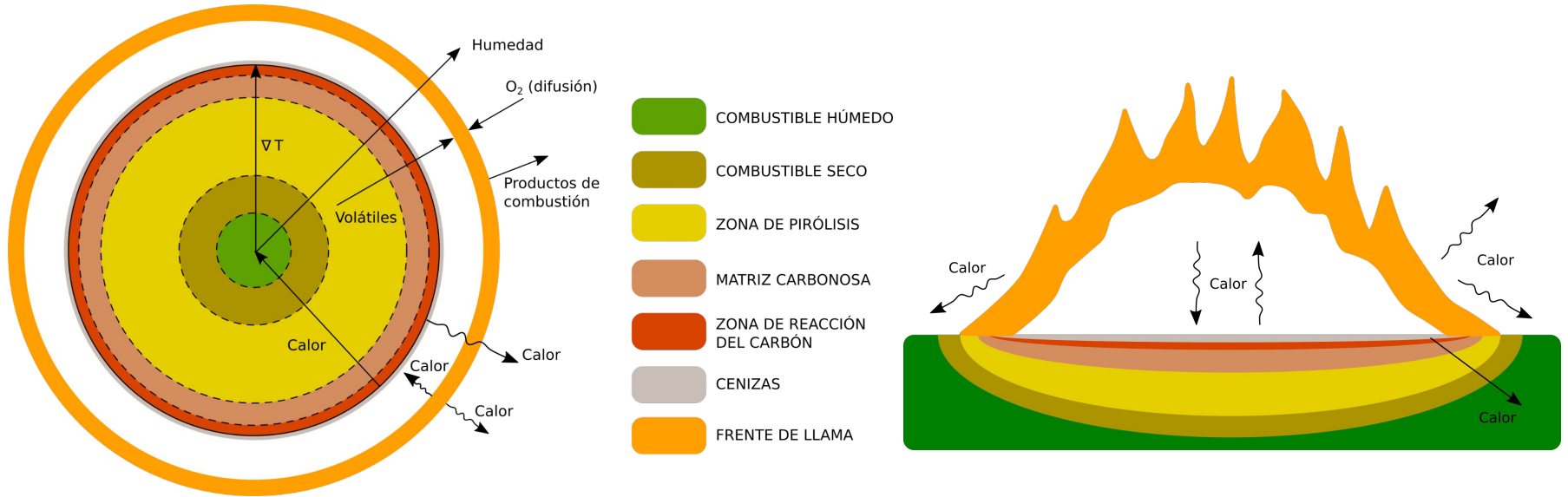
- Secado
- Pirólisis + Combustión de volátiles
- Gasificación + Combustión de matriz carbonosa

Combustión de biomasa



Combustión de biomasa

Etapas en simultáneo



Combustión de biomasa

Dificultades que implica quemar biomasa sólida:

- Difícil pulverizar
- Contenido de humedad y cenizas
- Heterogeneidad en sus características físicas

El sistema de combustión debe compensar estos factores negativos con:

- Turbulencia
- Tiempo de residencia

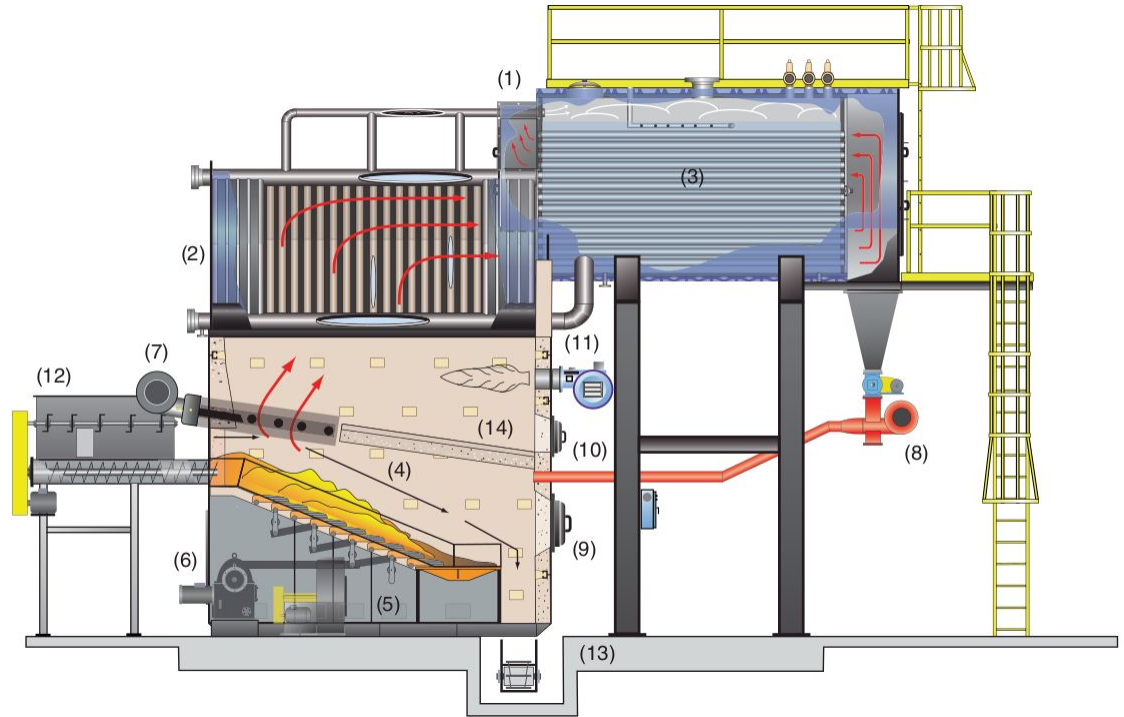
Sistemas de combustión de biomasa

Lecho fijo (sobre parrilla)

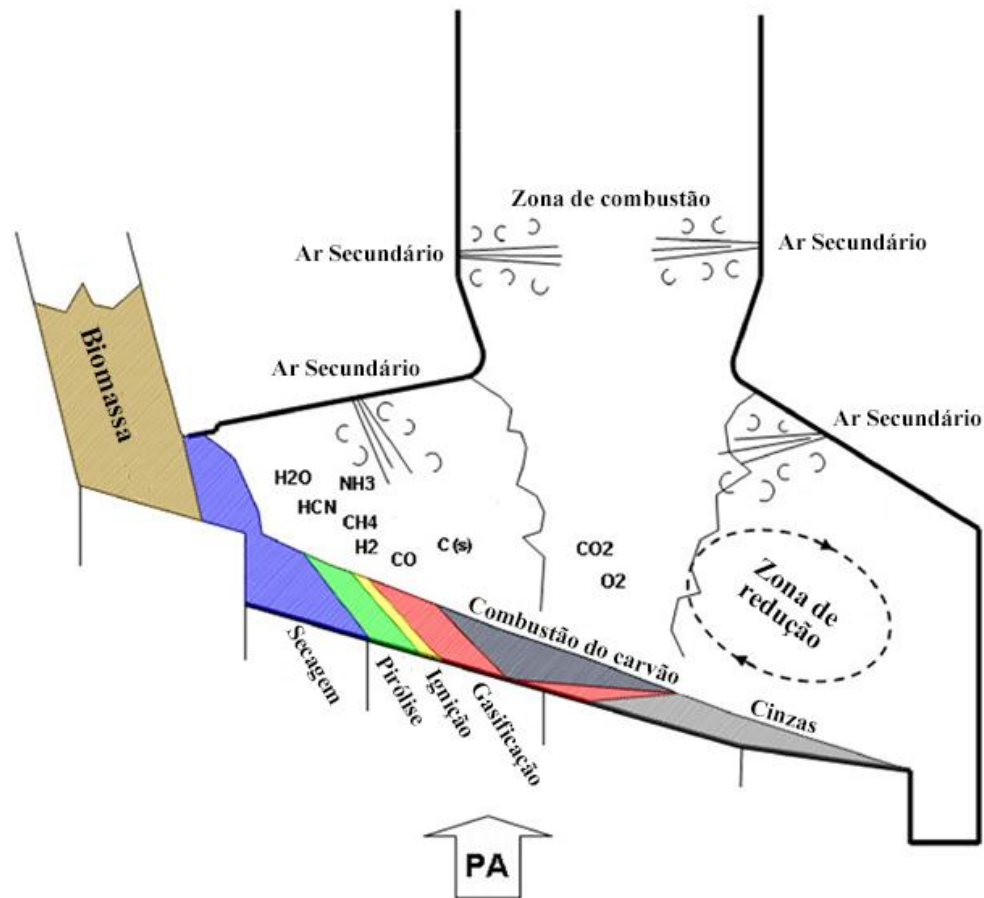
Quema en suspensión

Gasógeno + CC

Lecho fluidizado



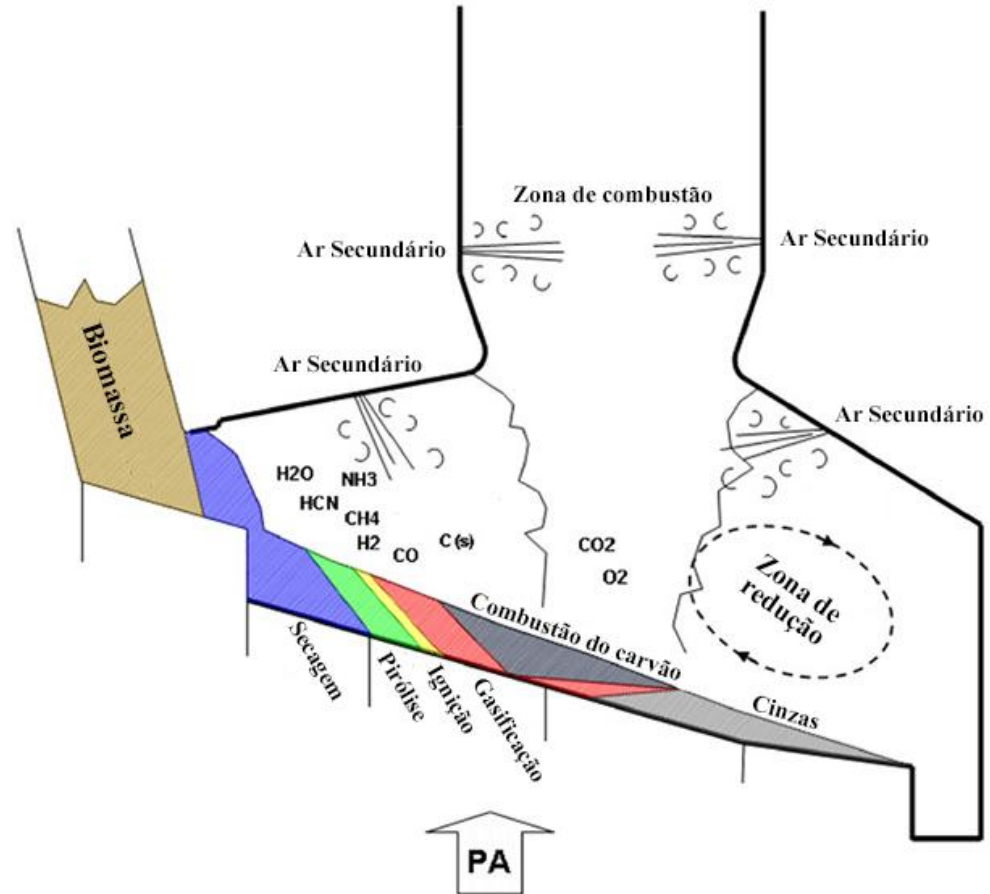
Lecho fijo



Lecho fijo

Componentes principais:

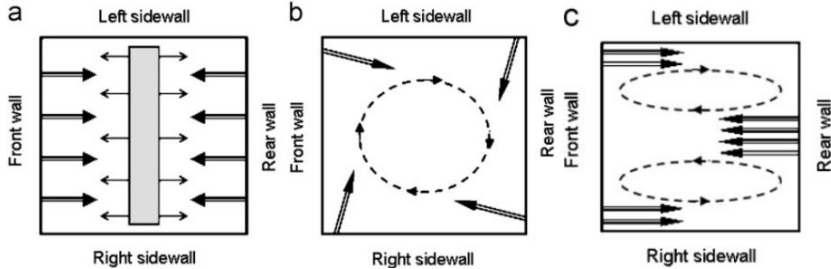
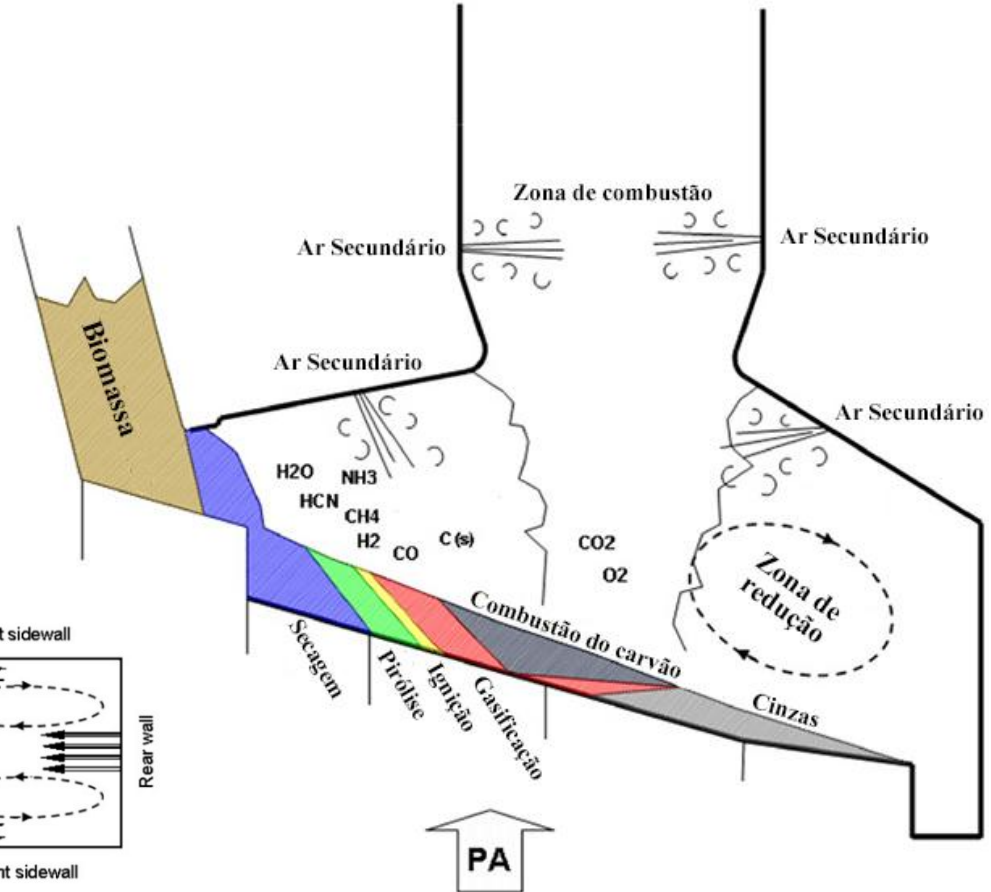
- Sistema de alimentação
- Parrilla
- Entradas de aire
- Descarga de cinzas



Lecho fijo

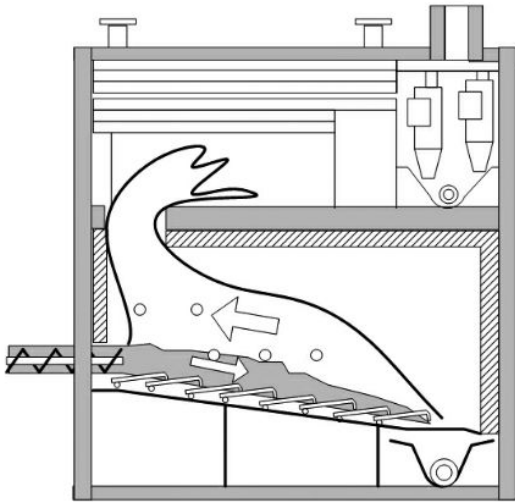
Componentes principais:

- Sistema de alimentação
- Parrilla
- Entradas de aire
- Descarga de cinzas

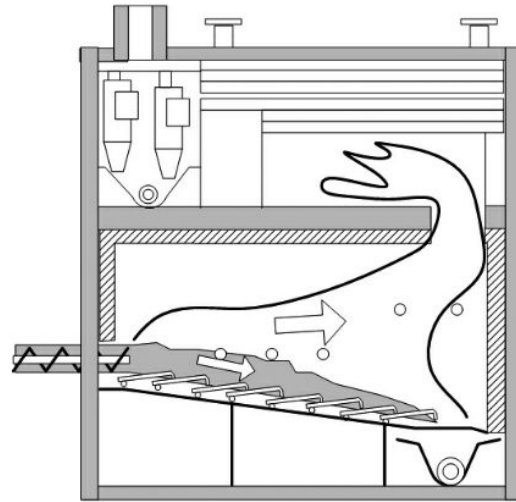


Lecho fijo

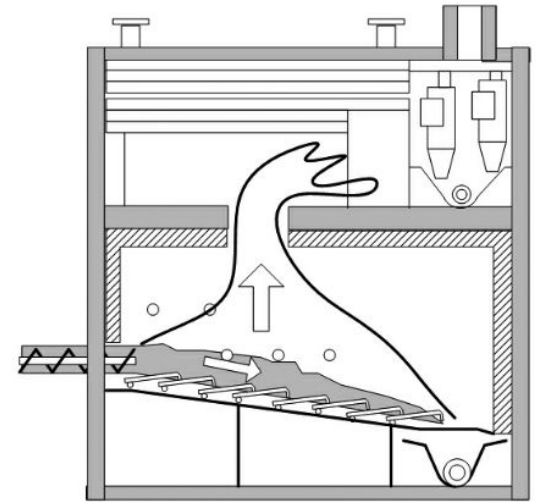
Contra-corriente



Con-corriente



Flujo cruzado



Lecho fijo

Alimentación:

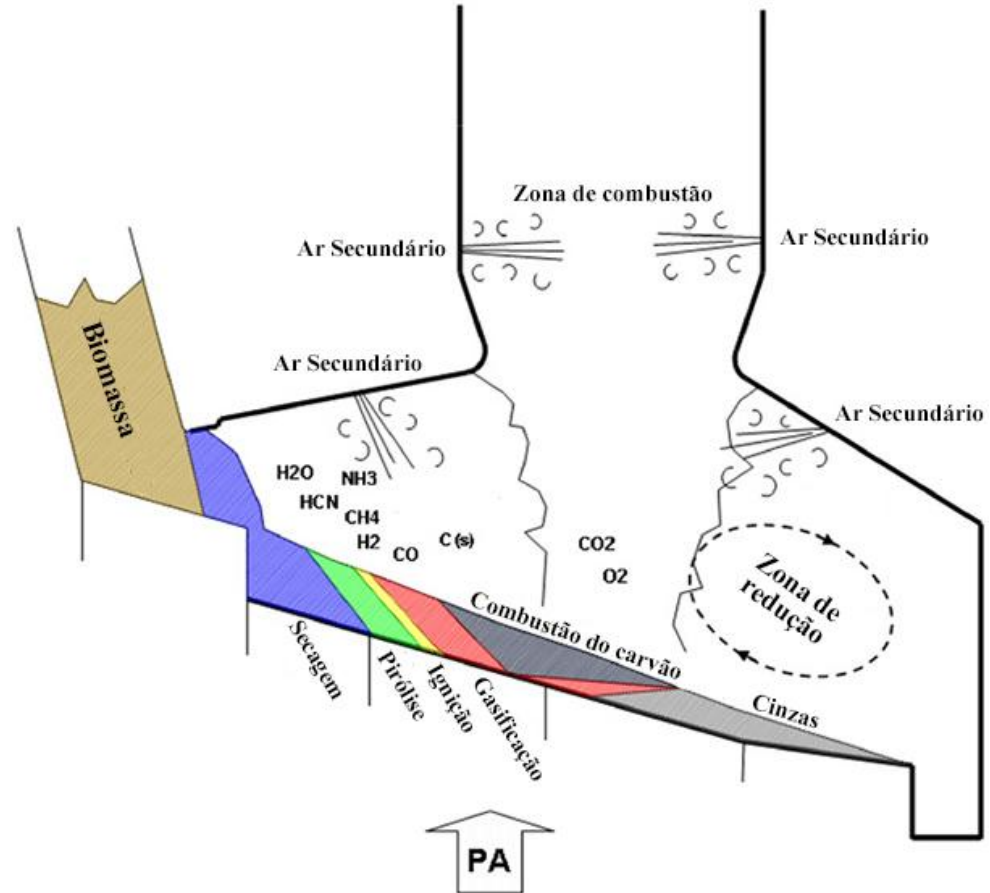
- Continua o discontinua
- Manual o automática

Parrilla:

- Fija o móvil
- Horizontal o inclinada
- Seca o refrigerada

Hogar:

- Seco o refrigerado



Lecho fijo

Sistema de alimentación: Continuo y automático



Lecho fijo

Sistema de alimentación:
Continuo y automático



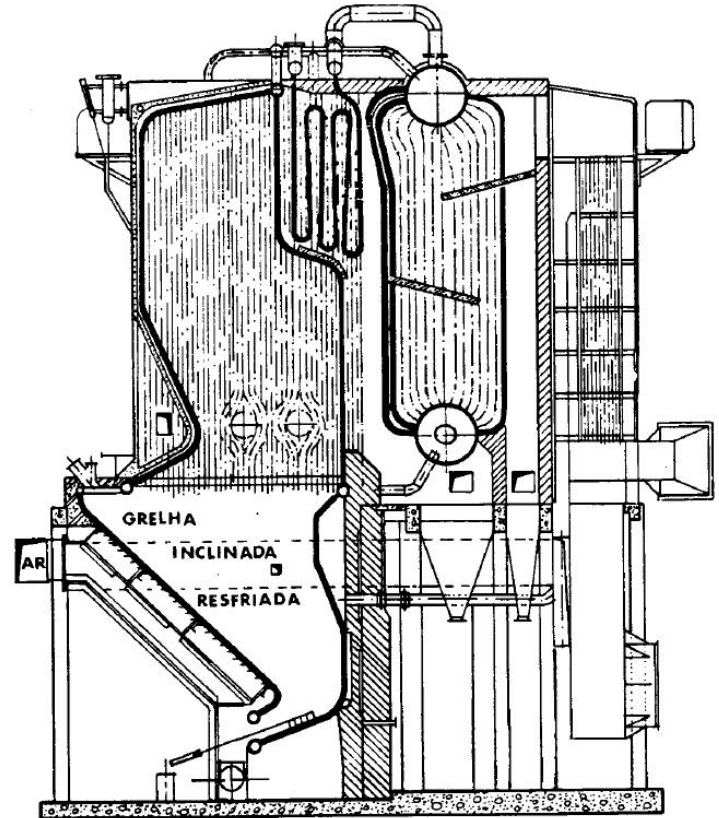
Lecho fijo

Sistema de alimentación:
Discontinuo y manual



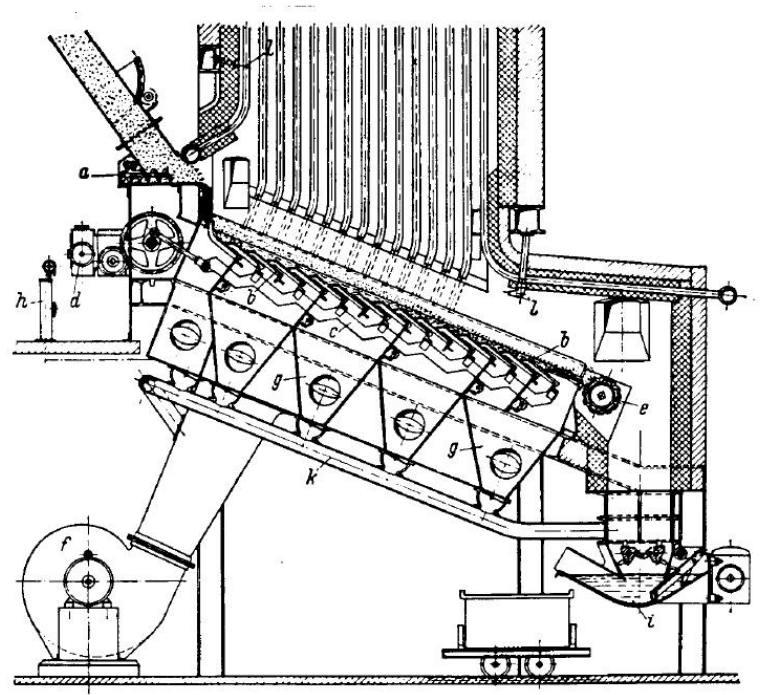
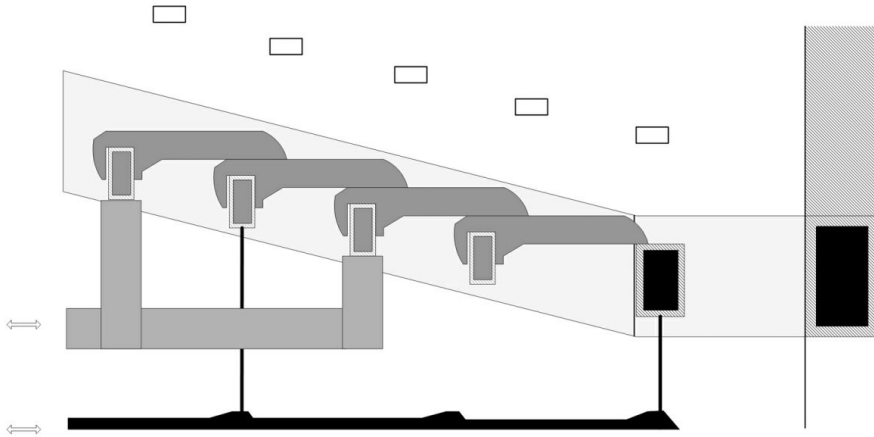
Lecho fijo. Tipos de parrillas

Parrilla inclinada



Lecho fijo. Tipos de parrillas

Parrilla reciprocante

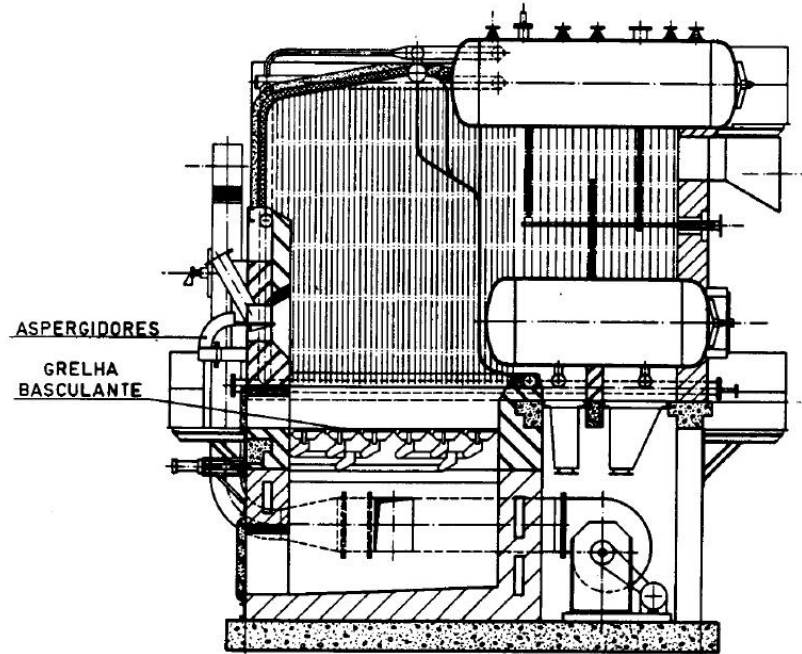


Lecho fijo. Tipos de parrillas

Parrilla reciprocante



Lecho fijo. Tipos de parrillas

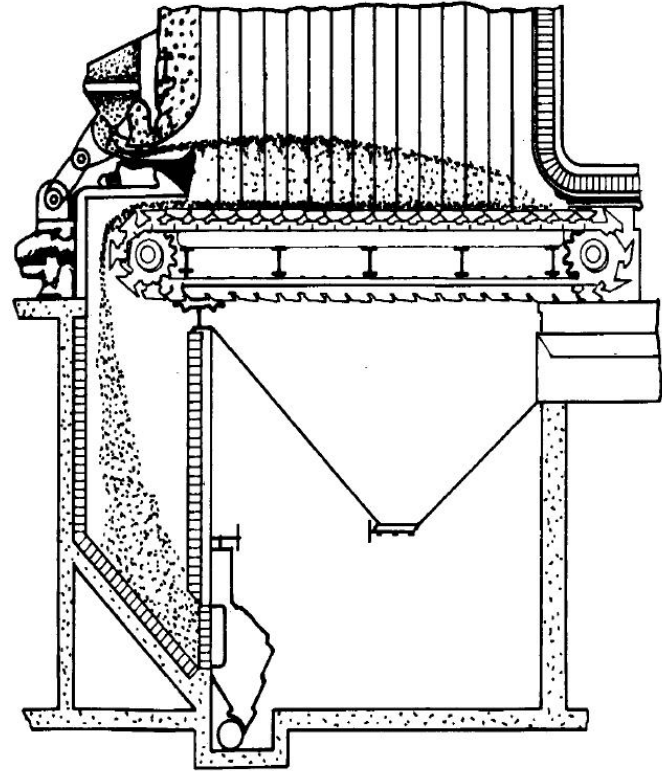
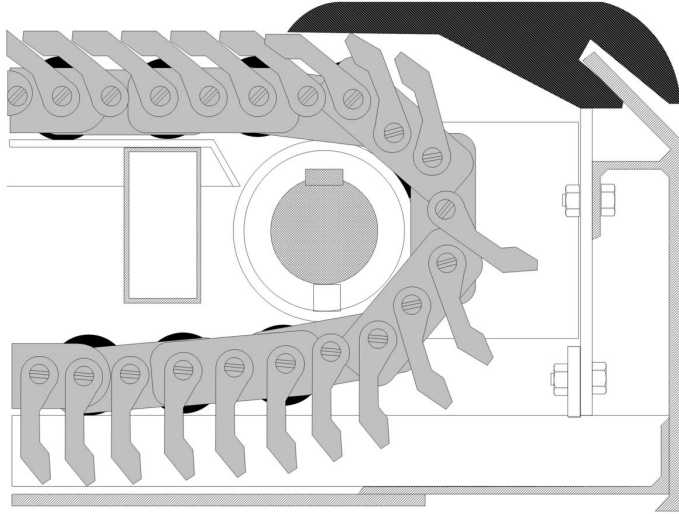


Parrilla basculante

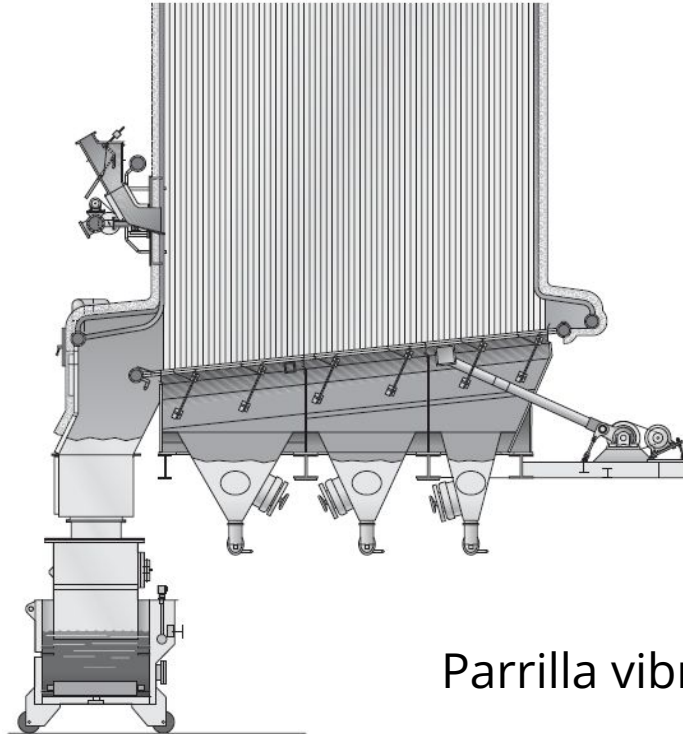


Lecho fijo. Tipos de parrillas

Parrilla rotativa



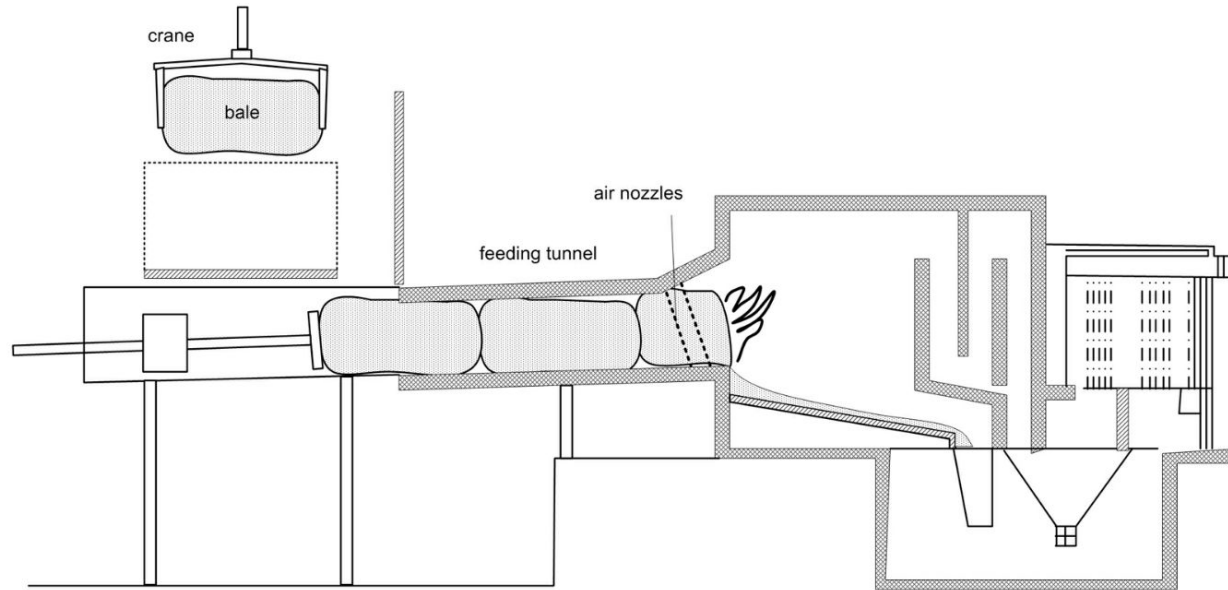
Lecho fijo. Tipos de parrillas



Parrilla vibrante

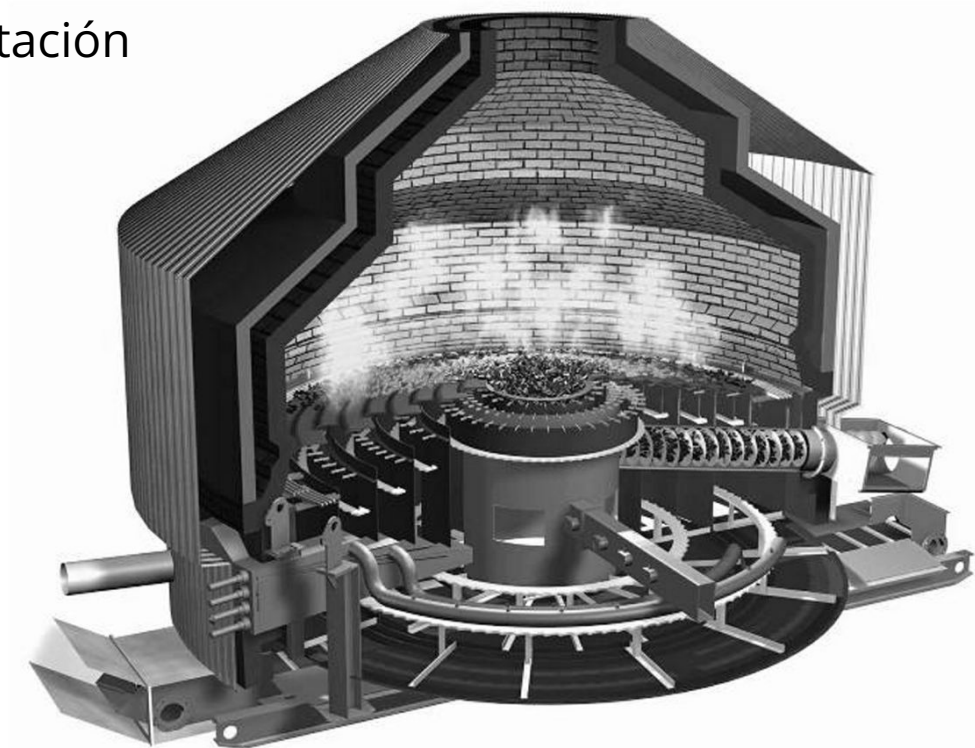
Lecho fijo. Tipos de parrillas

Quemador tipo cigarro

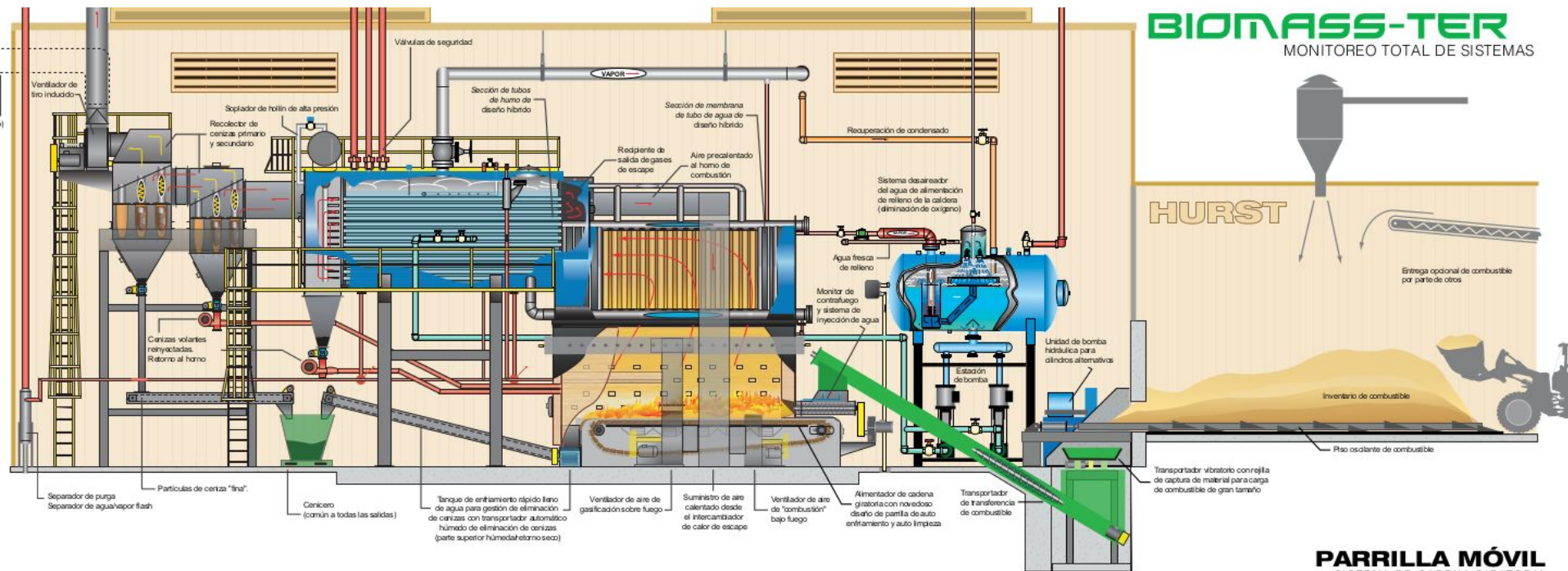


Lecho fijo. Tipos de parrillas

Parrilla de alimentación inferior



Lecho fijo



PARRILLA MÓVIL
SISTEMA DE CADENA GIRATORIA

Lecho fijo

Fotos y videos

<https://www.youtube.com/watch?v=1NXFQZ-FjqY>

Quema en suspensión

Combustible de **tamaño y densidad** que permitan que una **corriente de aire** los **mantenga en suspensión** con velocidades razonables.

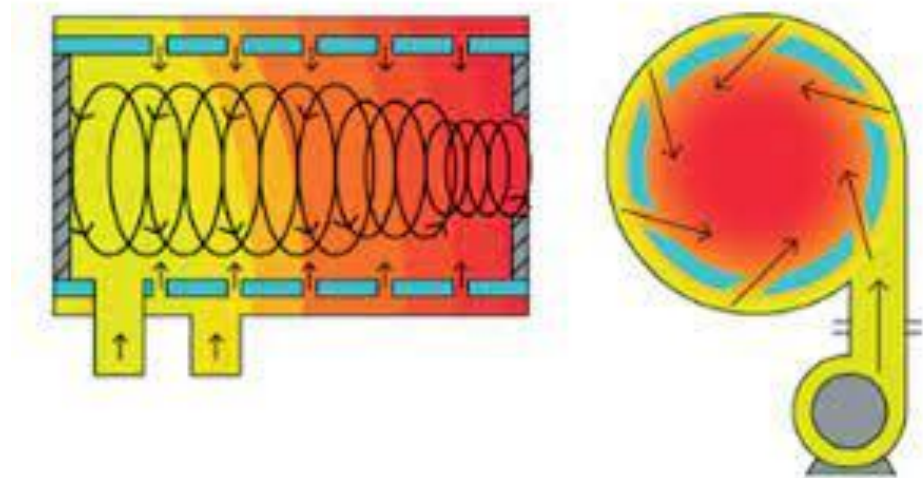
Por ejemplo: aserrín, polvo, cáscara de arroz

Quema en suspensión

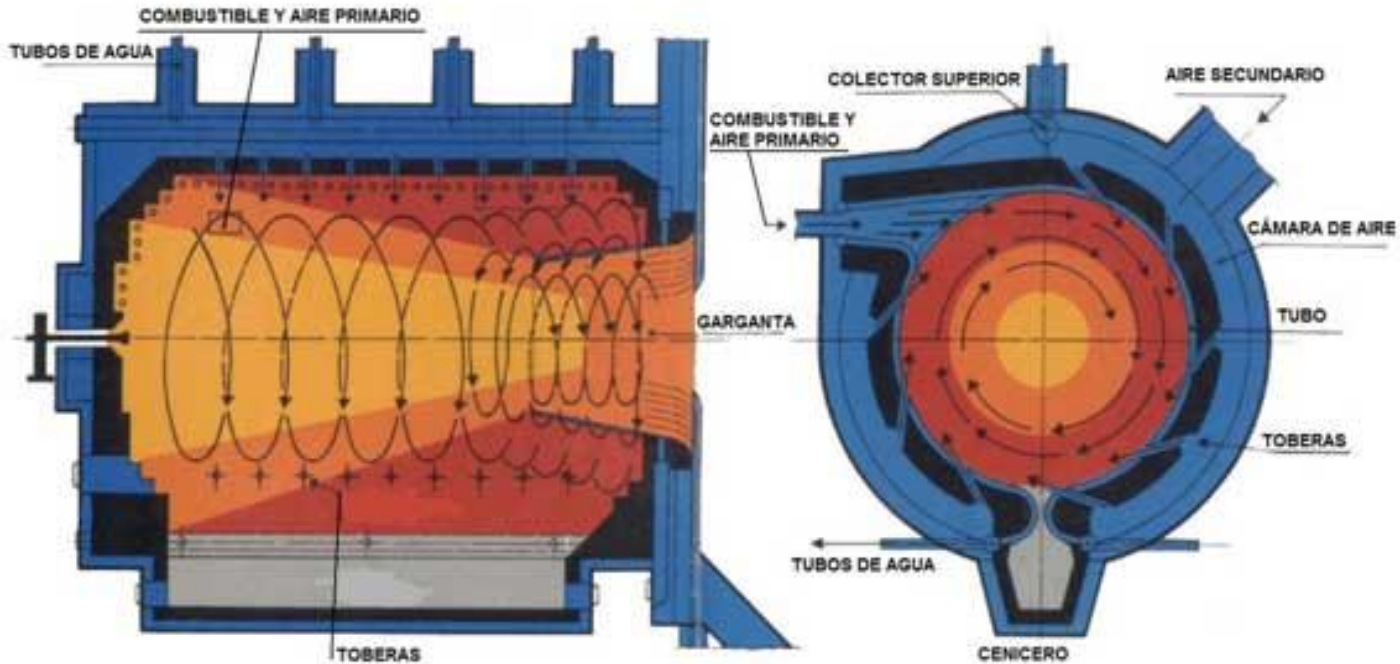
Combustible de **tamaño y densidad** que permitan que una **corriente de aire** los **mantenga en suspensión** con velocidades razonables.

Por ejemplo: aserrín, polvo, cáscara de arroz

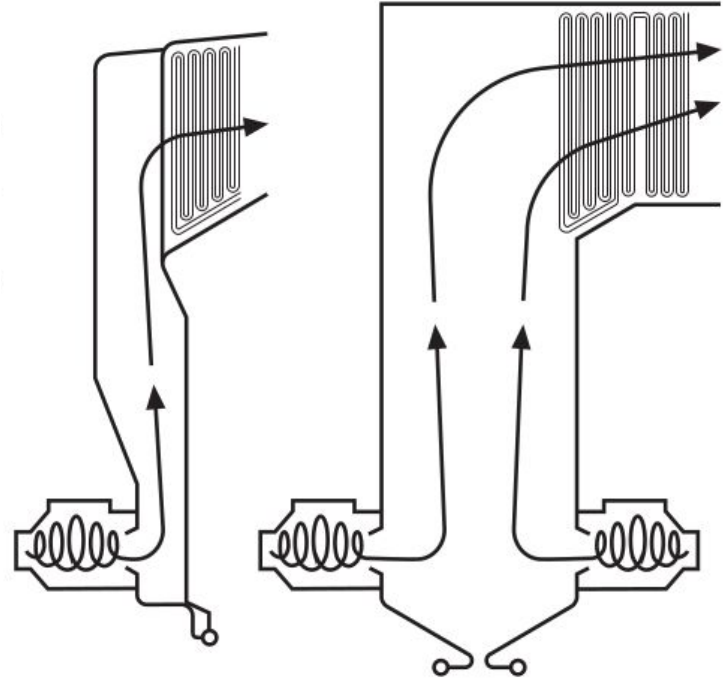
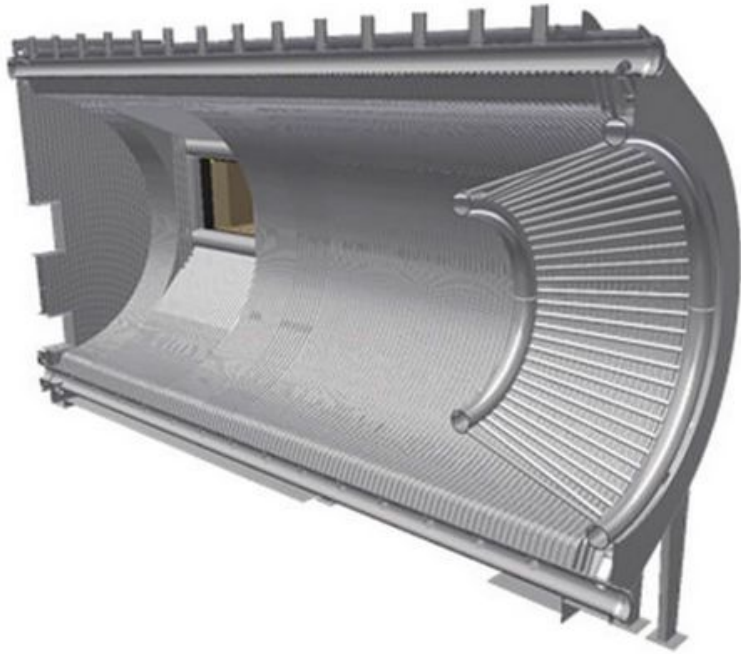
Cámara Torsional



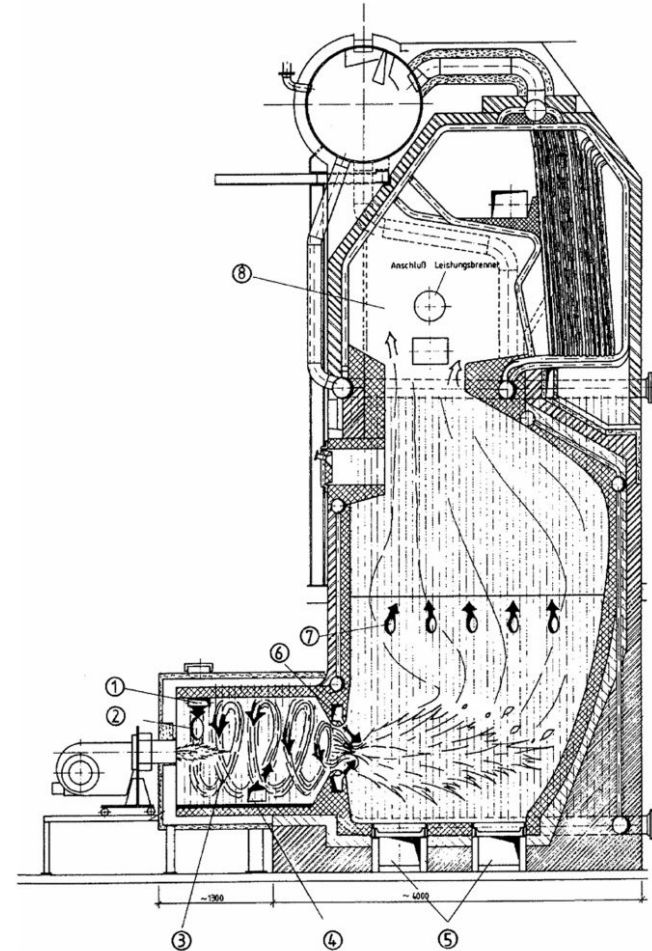
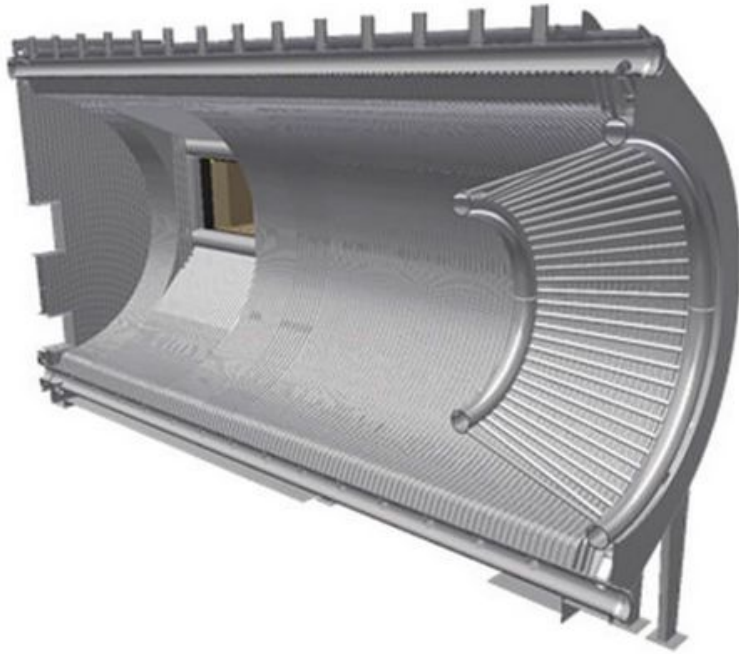
Quema en suspensión



Quema en suspensión



Quema en suspensión

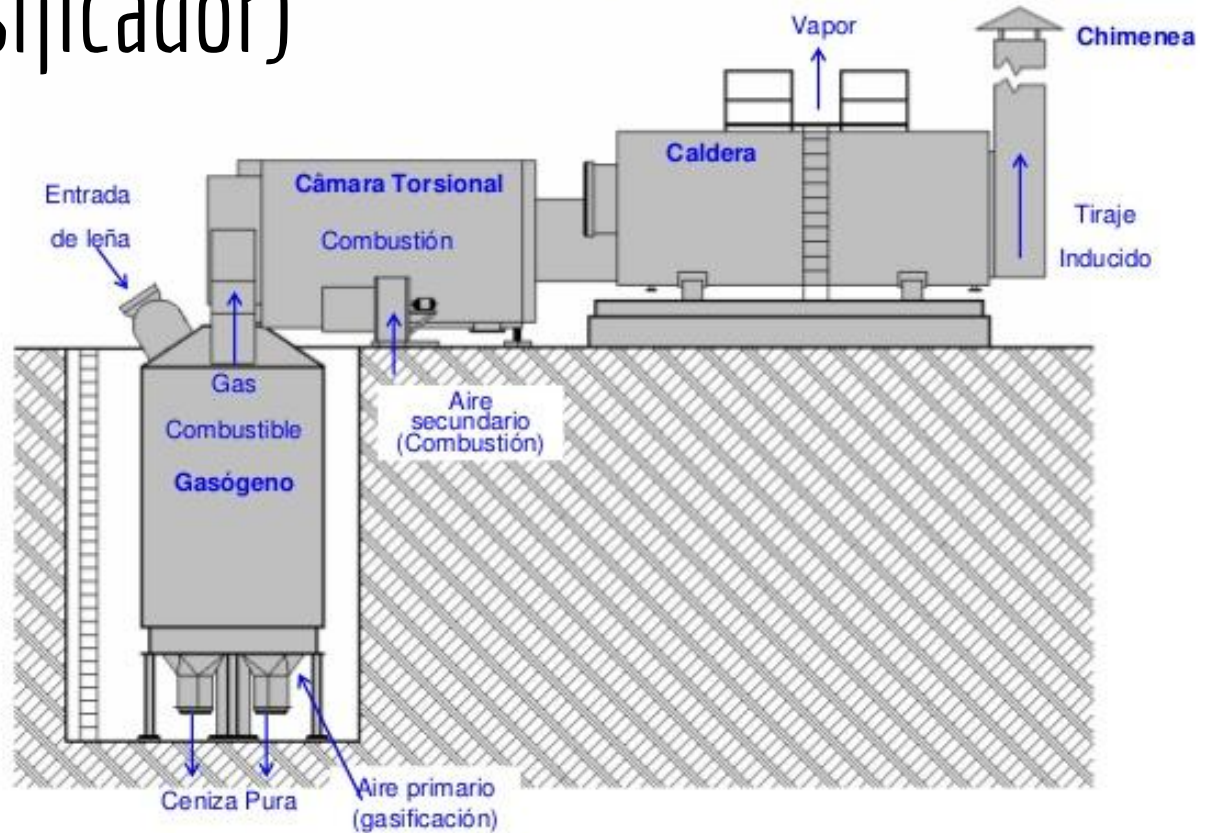


Cámara Torsional

Video de Berkes

Gasógeno (o gasificador)

Objetivo: Producir gas de síntesis ($\text{CO} + \text{H}_2$)



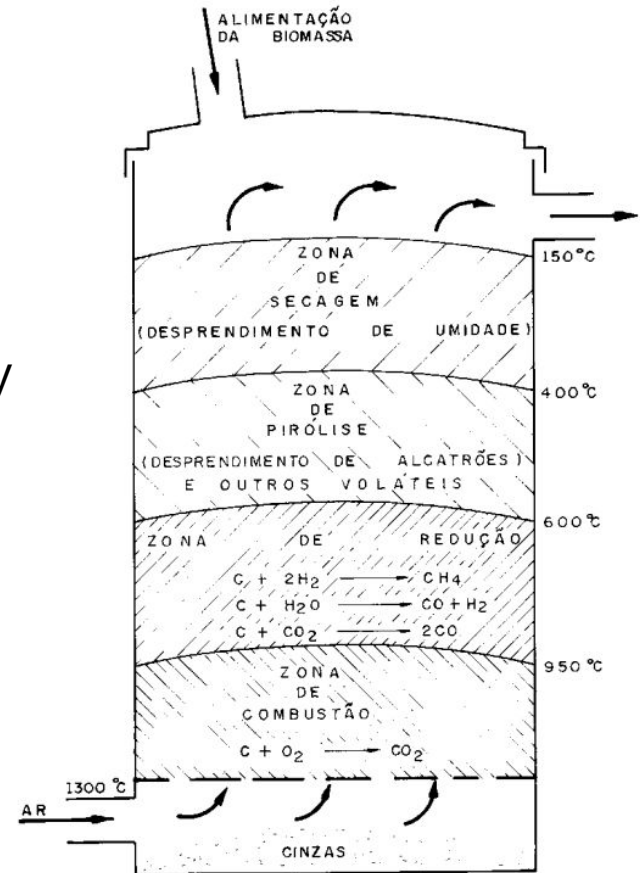
Gasógenos

Exceso de aire **negativo**: -40% aprox.

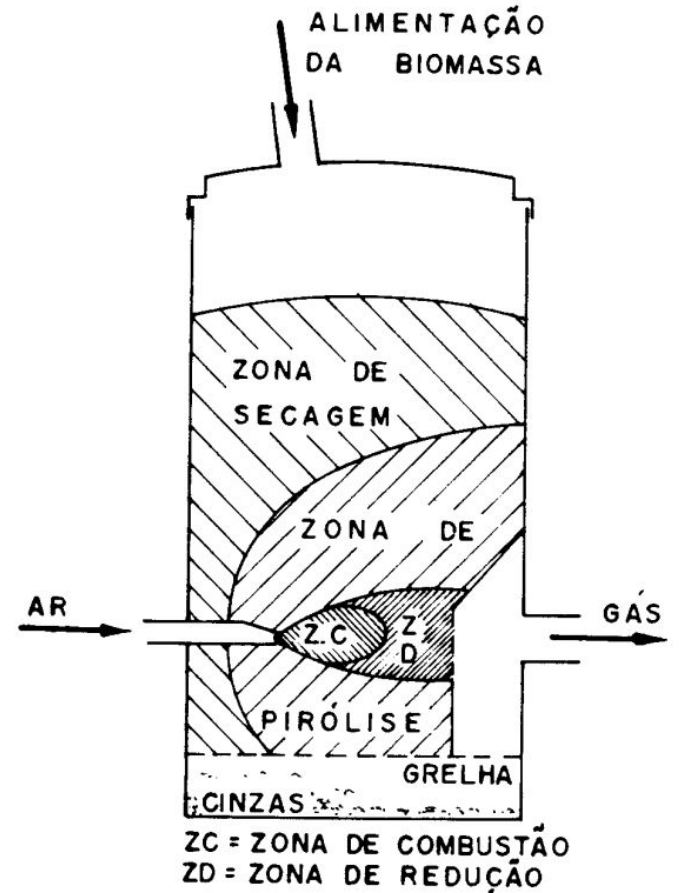
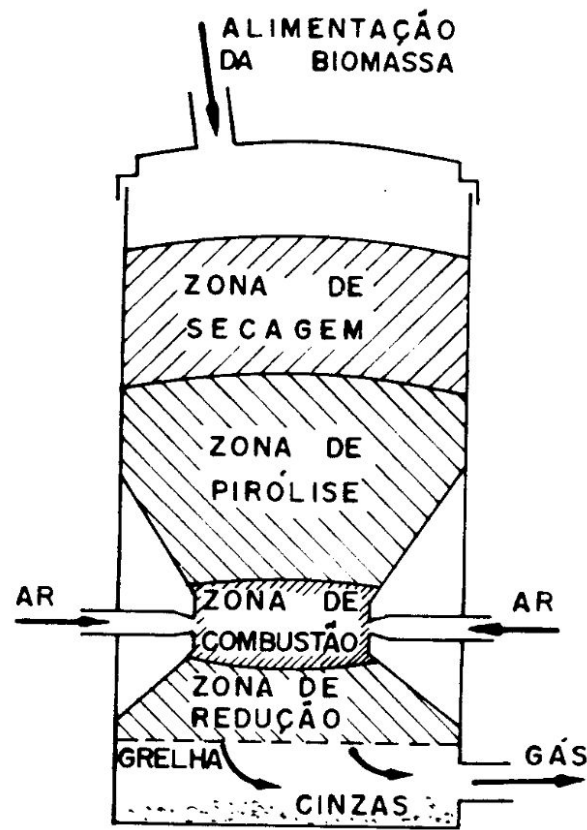
Camino de la partícula: **Secado**, **pirólisis**,
reducción de MC y **combustión** de la MC

Tipo **contracorriente** es el más usual en Uruguay

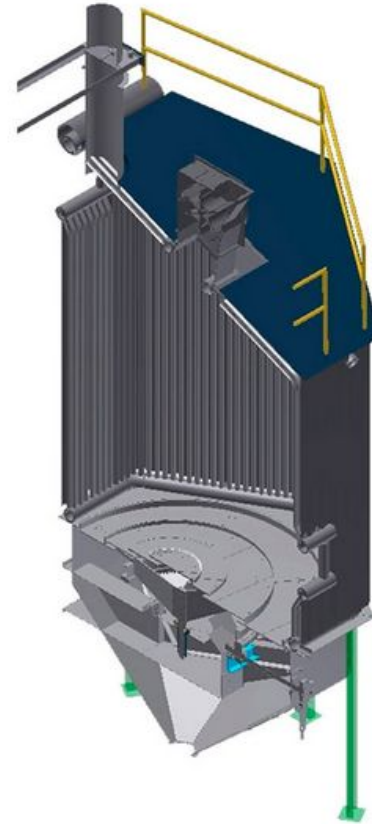
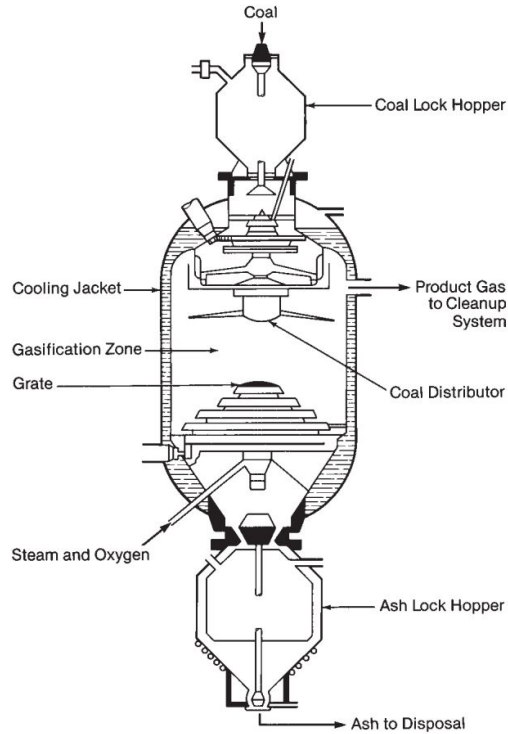
Para otras aplicaciones puede ser más
conveniente otro tipo (**concorriente o cruzado**)



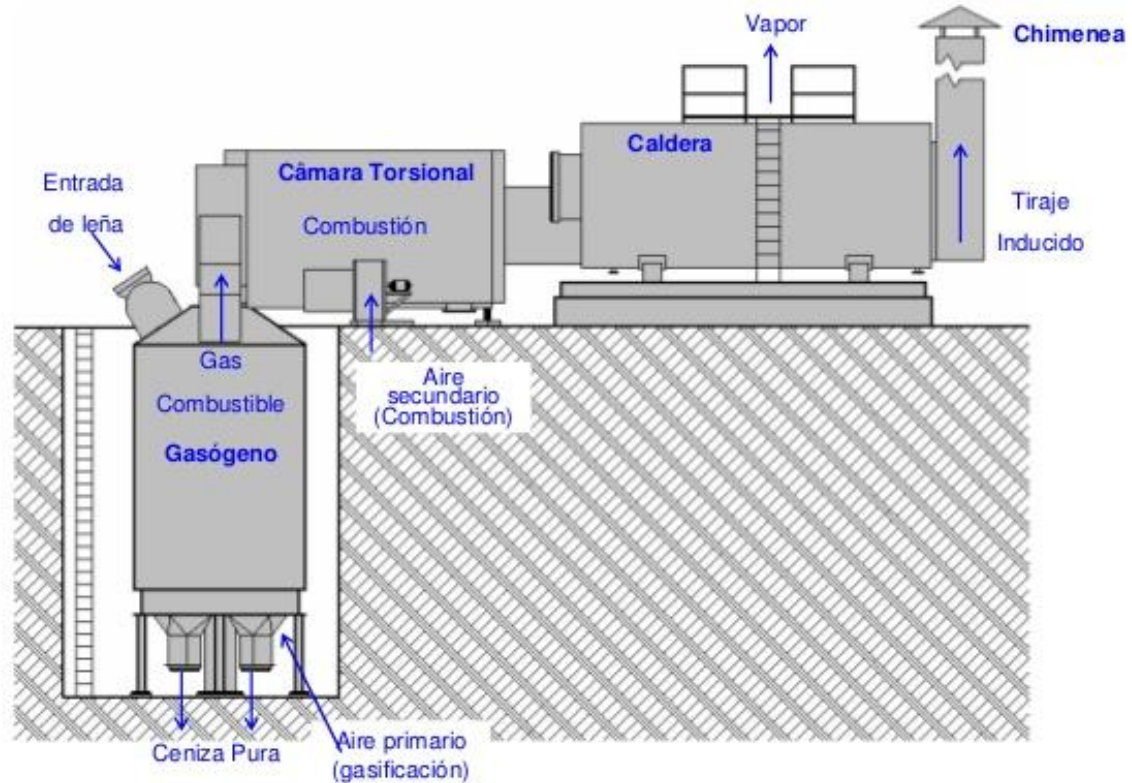
Gasógenos



Gasógeno contracorriente



Gasógeno + CT + GV



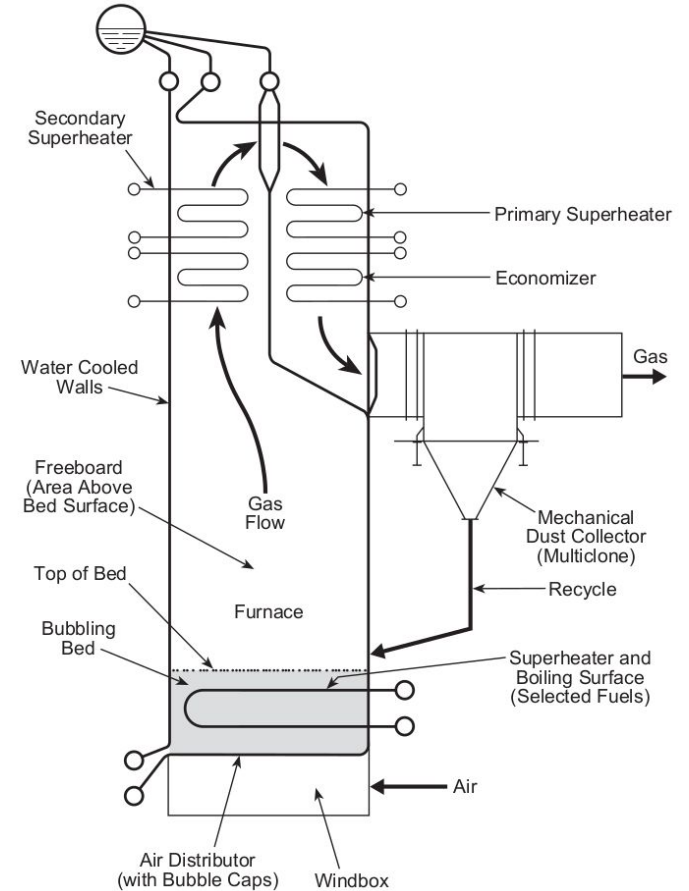
Gasógeno + CT + GV

Video de Berkes

https://www.youtube.com/watch?v=_TiD4z4moIM

Lecho fluidizado

1. Fenómeno de fluidización
2. Componentes principales de un sistema fluidizado
3. Ventajas y desventajas del lecho fluidizado
4. Aplicaciones industriales
5. Caracterización y clasificación de las partículas
6. Regímenes de fluidización
7. Distribuidores



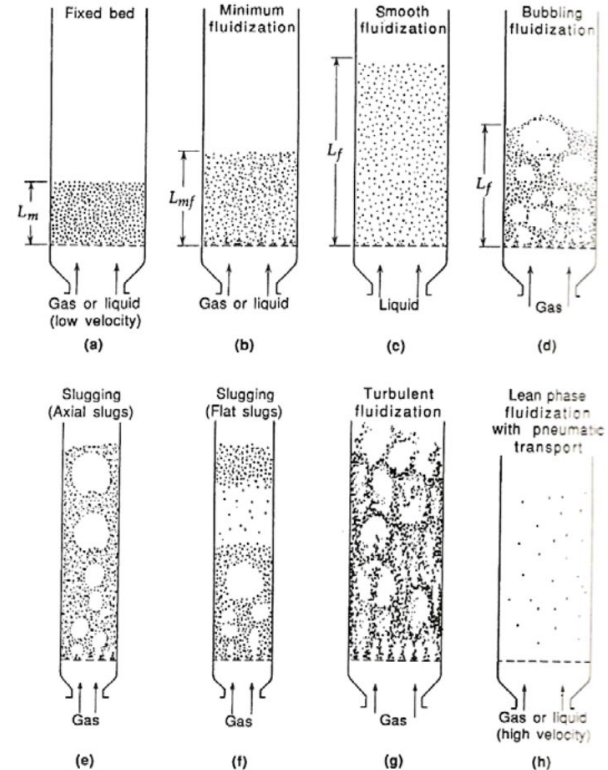
1. Fenómeno de la fluidización

La **fluidización** es un proceso por el cual una **corriente ascendente de fluido** (líquido, gas o ambos) se utiliza para **suspender partículas sólidas**. Desde un punto de vista macroscópico, la **fase sólida** (o fase dispersa) **se comporta como un fluido**, de ahí el origen del término fluidización.

- La **velocidad del fluido** debe ser lo suficientemente **alta** como para **suspender las partículas**, pero a la vez no tan elevada como para expulsar las partículas fuera del recipiente.
- Las partículas sólidas rotan en el lecho rápidamente, creándose un **excelente mezclado**.
- El **material que se fluidiza** es un **sólido** y el medio que fluidiza puede ser tanto líquido como **gas**.
- Las características y comportamiento de los lechos fluidizados dependen de las **propiedades del sólido y del fluido**.

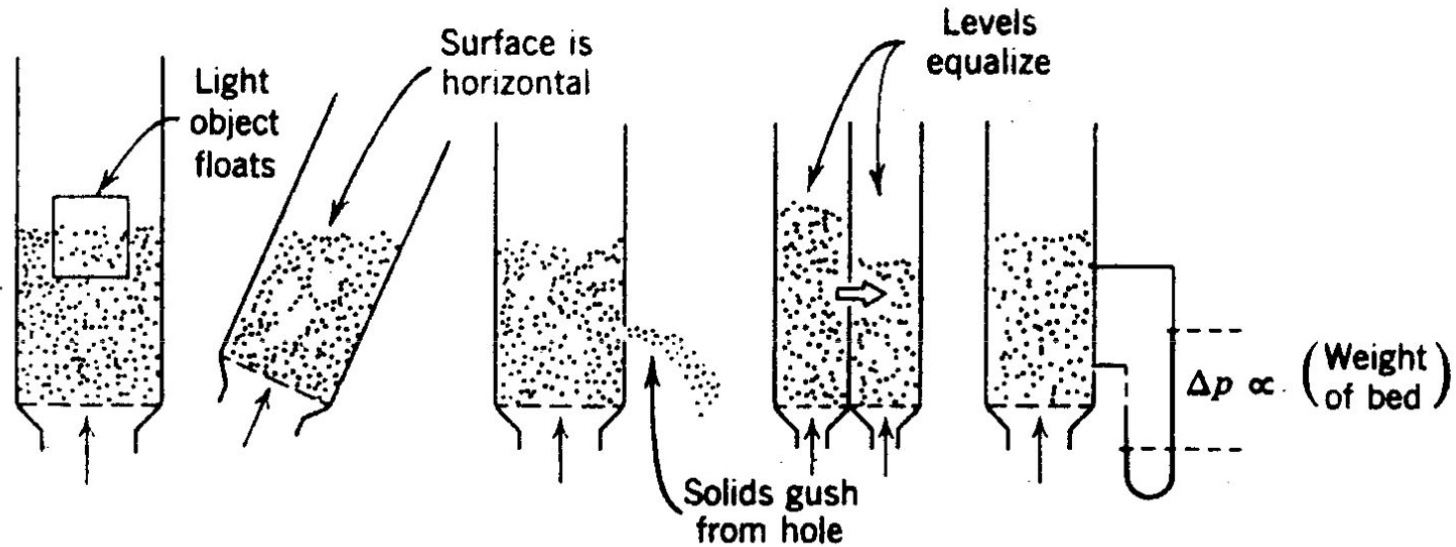
1. Fenómeno de la fluidización

- A. Lecho fijo
- B. Fluidización mínima (incipiente)
- C. Fluidización homogénea
- D. Lecho fluidizado burbujeante
- E. Slugging
- F. Lecho pistoneado
- G. Lecho fluidizado turbulento
- H. Transporte neumático



1. Fenómeno de la fluidización

Comportamiento similar a un fluido



1. Fenómeno de la fluidización

Videos

2. Componentes principales del sistema

1. Columna
2. Distribuidor de gas
3. Soplador
4. Ciclón
5. Alimentador de material sólido

3. Ventajas del lecho fluidizado

- Elevado coeficiente de **transferencia de calor y masa** (gas-sólido y lecho-superficies inmersas)
- Elevada **superficie de contacto** sólido-gas (Ej: 1 m³ de partículas de 100 micras tiene un área superficial de 30.000 m²)
- Equipos **compactos**
- **Mejor distribución** de las partículas
- **Menor estratificación** de las partículas
- Mayor **homogeneización** del lecho (uniformidad axial de temperatura y composición)
- Sólidos presentan comportamiento similar a un fluido

3. Desventajas del lecho fluidizado

- **Erosión** de las paredes y los tubos con contacto con el lecho
- Generación de **partículas finas** debido al rozamiento
- **Arrastre de partículas** en la corriente de gas
- **Tiempo de residencia** de las partículas **no uniforme**
- Ciencia empírica, dificultad en la elección de correlaciones

4. Aplicaciones industriales



4. Aplicaciones industriales

Procesos físicos:

- Secado de sólidos
- Enfriamiento de partículas
- Congelado de alimentos
- Mezcla de sólidos
- Filtrado de polvos
- Tratamiento térmico de fibras textiles, vidrios, gomas, componentes metálicos
- Baños con temperatura constante
- Etc.

4. Aplicaciones industriales

Procesos químicos:

- Cracking de petróleo
- Procesos térmicos de generación de energía (**combustión, pirólisis, gasificación, torrefacción**) utilizando combustibles sólidos
- Incineración de residuos sólidos y/o líquidos
- Regeneración catalítica
- Etc

4. Aplicaciones industriales

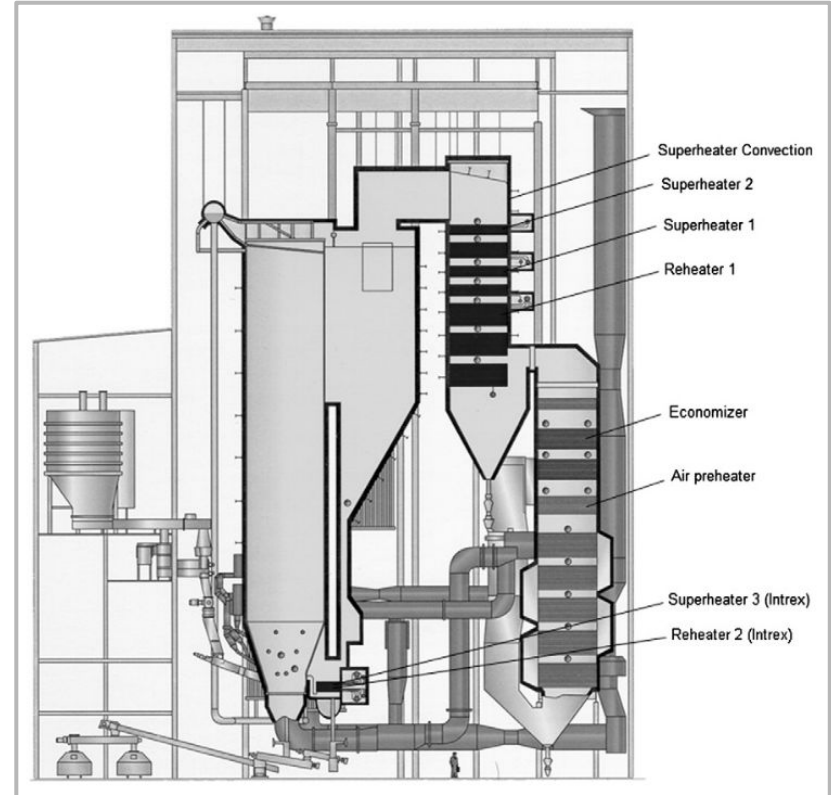
Montes del Plata

- Lecho de arena
- Combustible: corteza, finos (residuo del chipeco) y lodo primario (efluente)
- Producción de vapor: 65ton/h a 95bar y 455°C

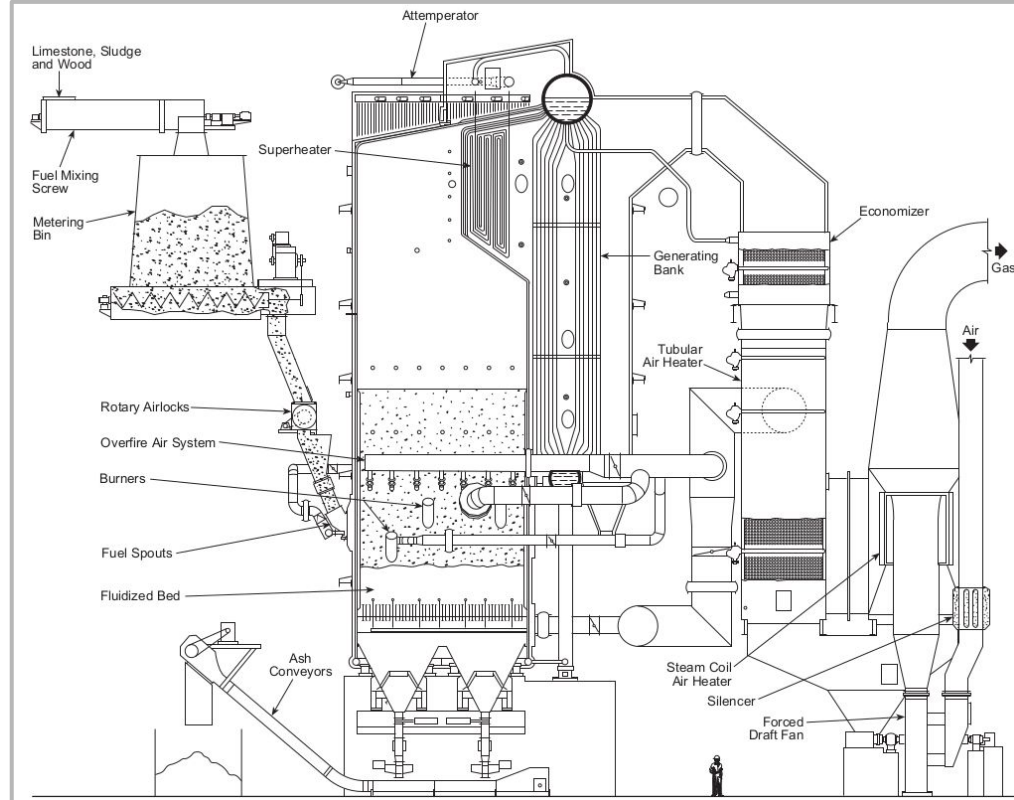


4. Aplicaciones industriales

Generador de vapor de **lecho fluidizado circulante** alimentado con biomasa

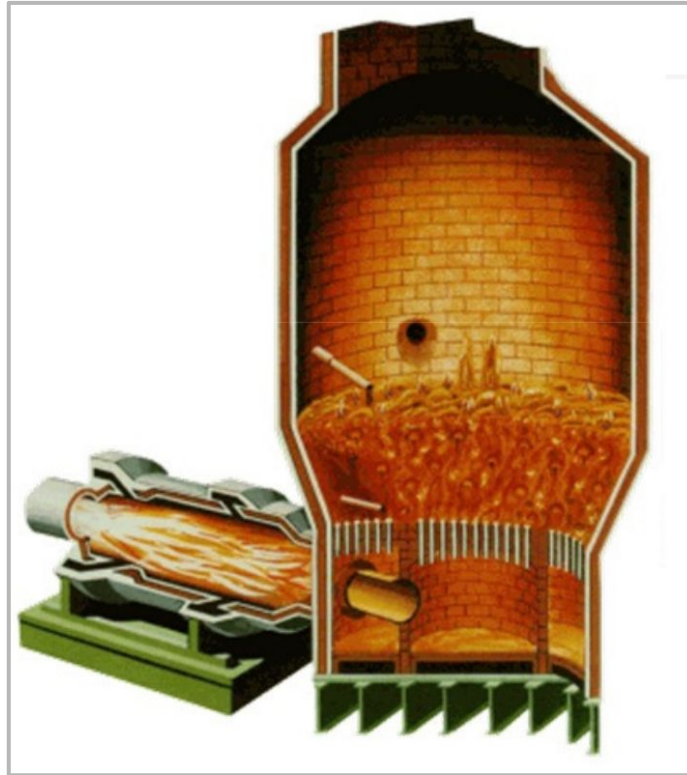


4. Aplicaciones industriales



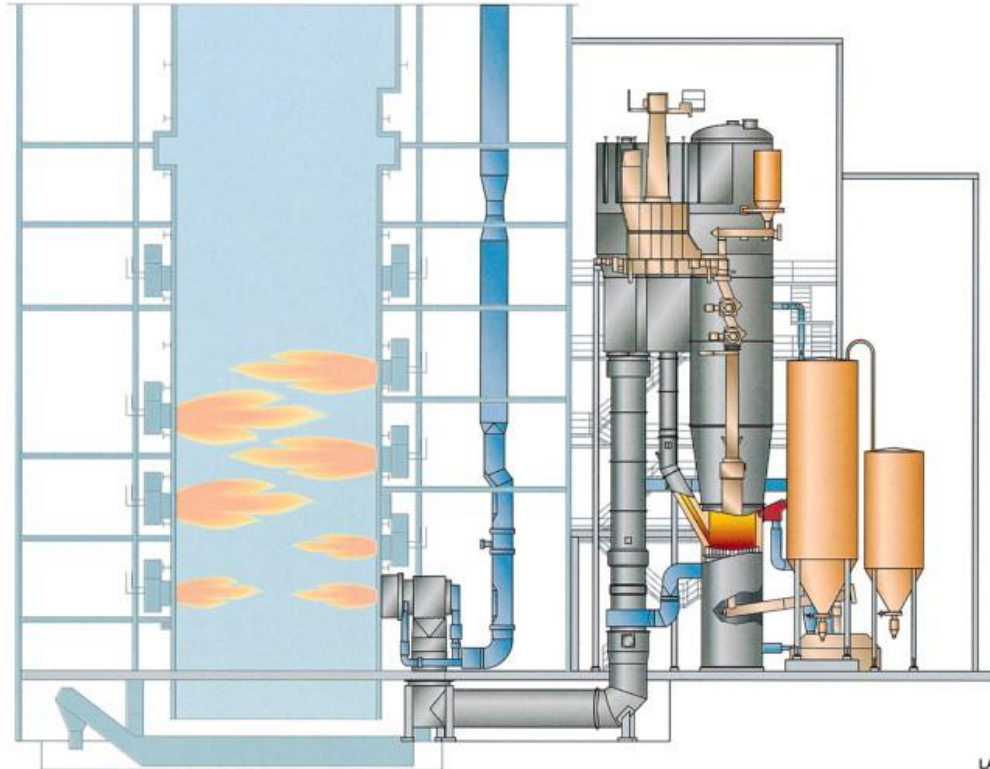
4. Aplicaciones industriales

Incineración de sólidos



4. Aplicaciones industriales

Gasificación



Cenizas



Cenizas

Las cenizas son el **residuo inorgánico** que resulta de la **combustión completa** de la biomasa.

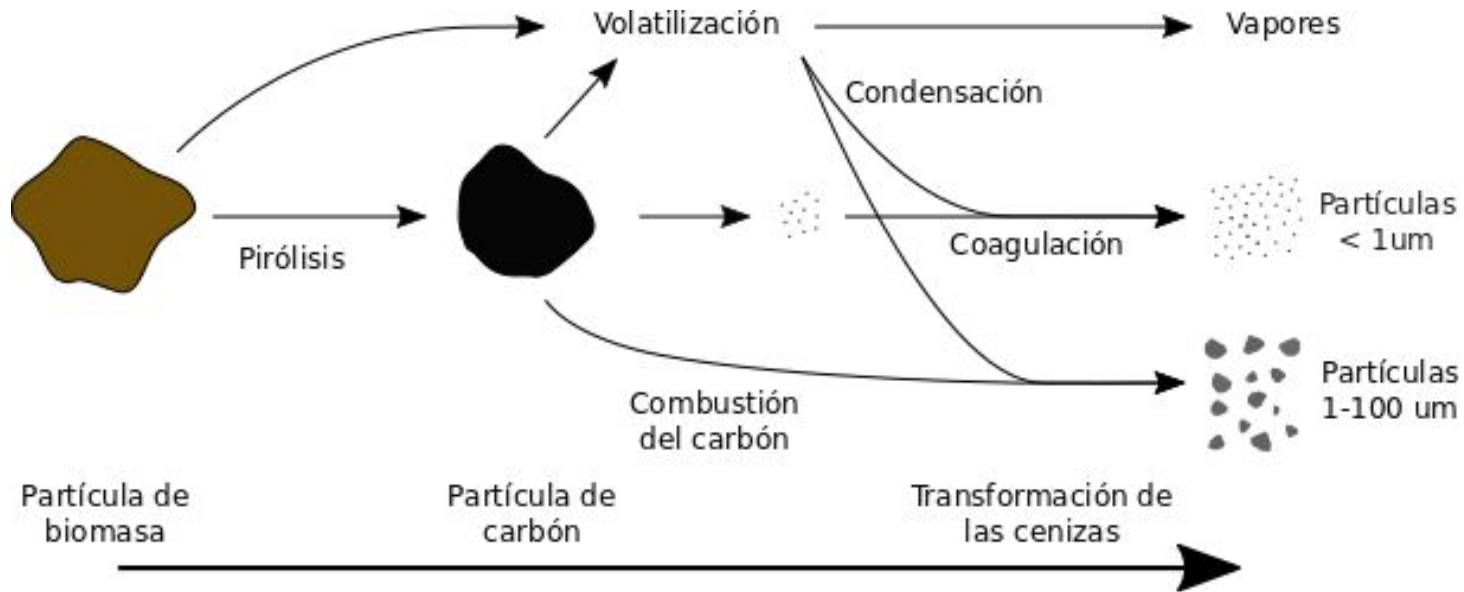
Principales problemas que generan las cenizas:

- Depositiones (*fouling y slagging*) genera resistencia térmica
- Aglomerados
- Corrosión
- Erosión
- Emisiones contaminantes (*fly ash*)



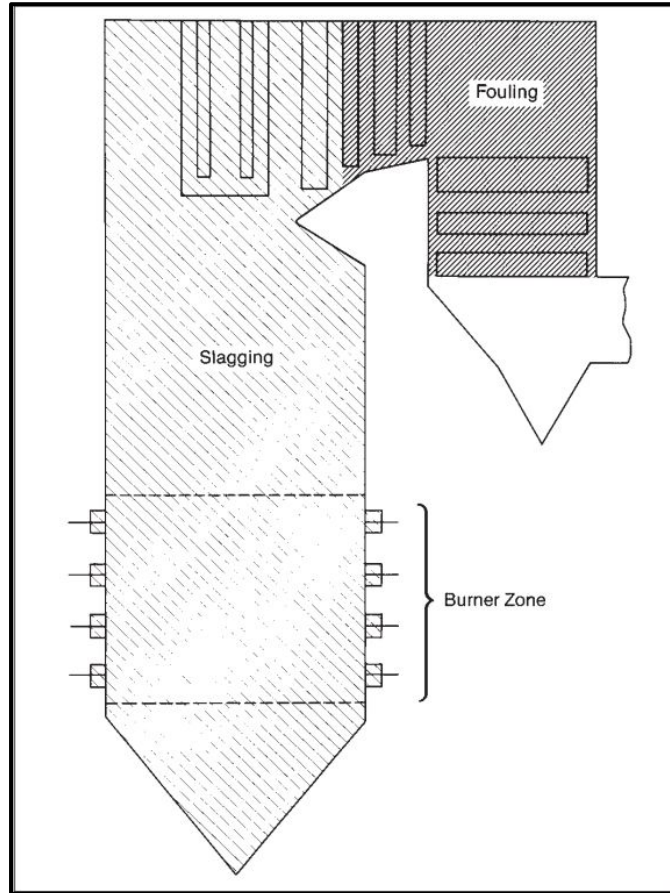
Cenizas

Formación y transformación de las cenizas durante la combustión

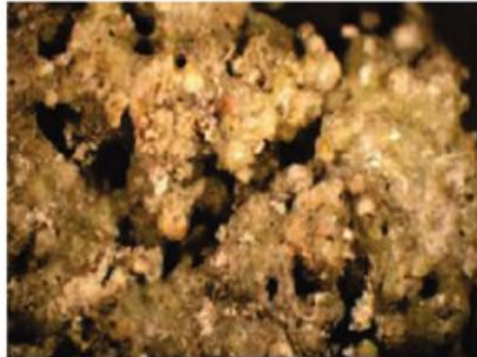
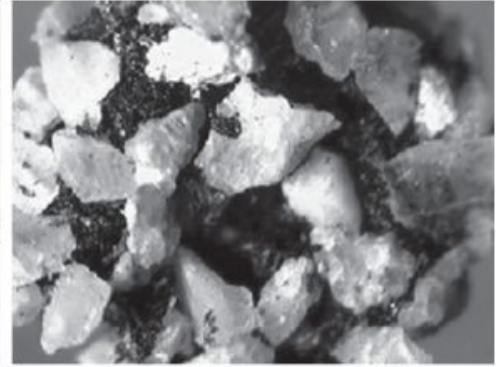
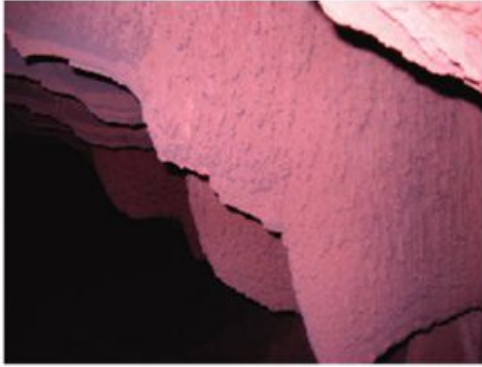


Cenizas

Fouling & Slagging

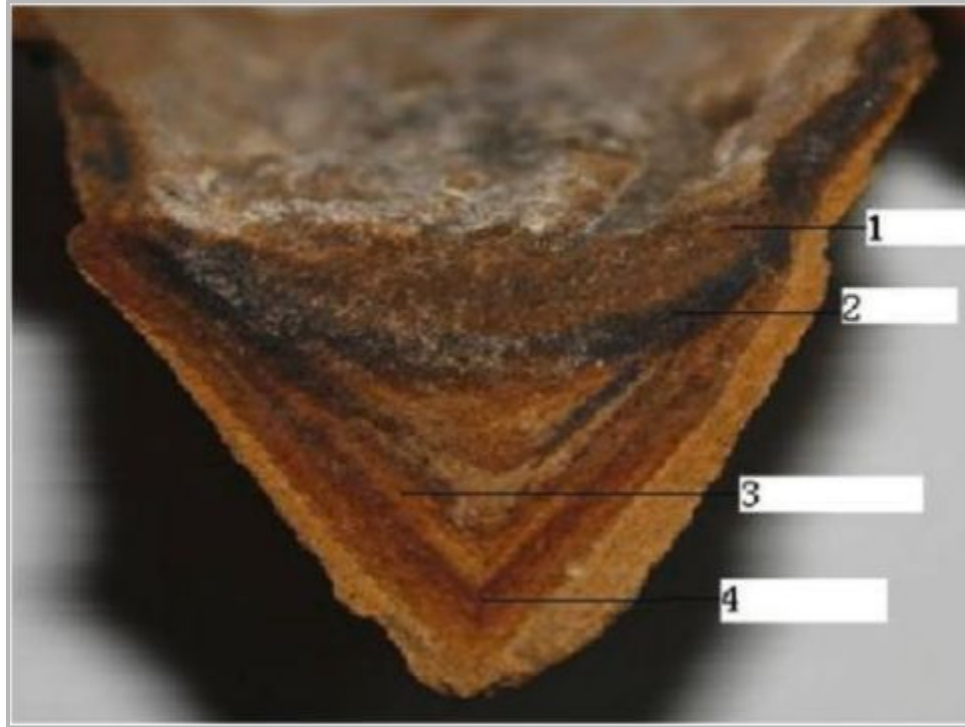


Cenizas

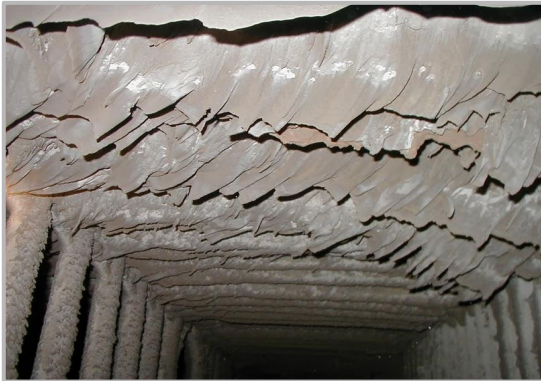
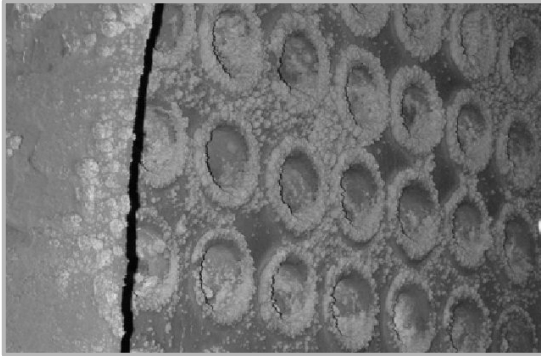


Cenizas

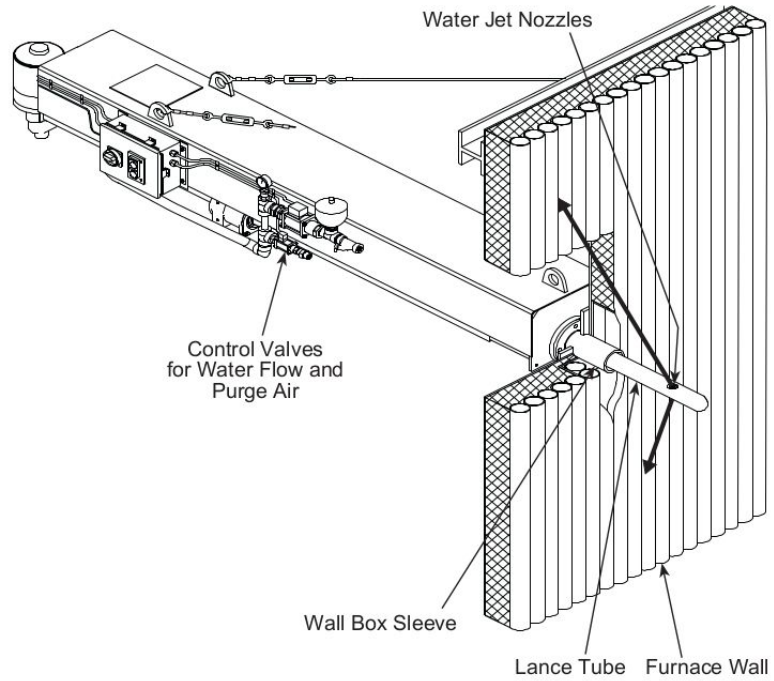
Slagging



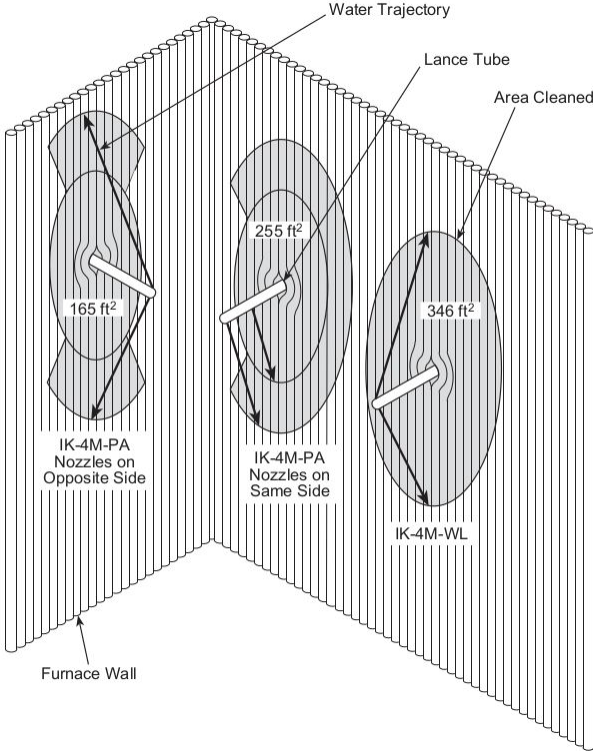
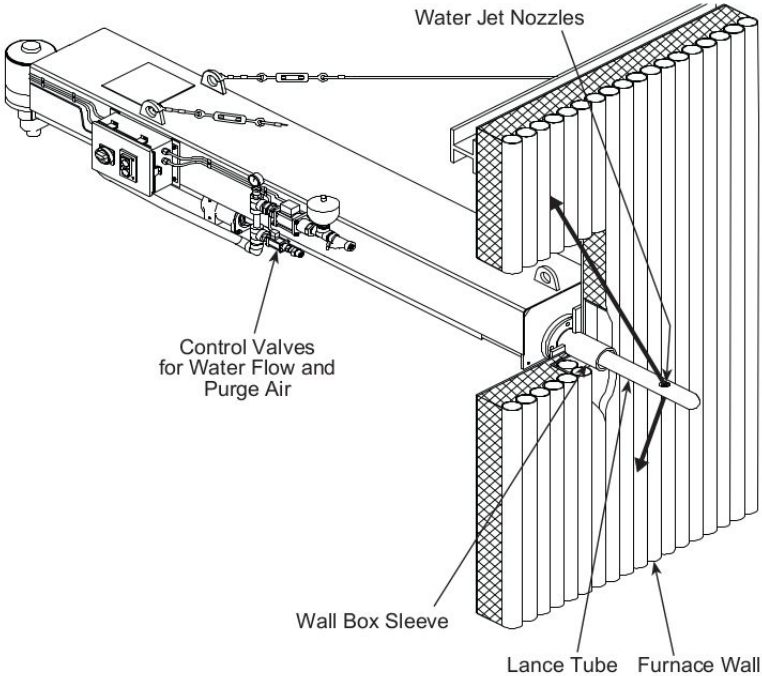
Cenizas



Cenizas

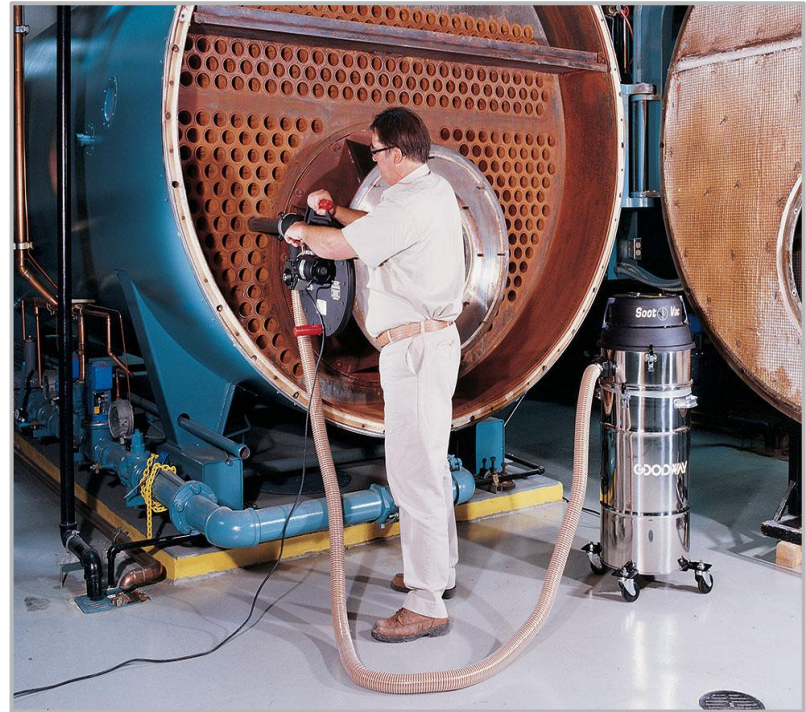


Cenizas



Cenizas

Cepillado y aspirado



Combustibles líquidos



1. Características como combustible
2. Sistema de alimentación
3. Quemadores

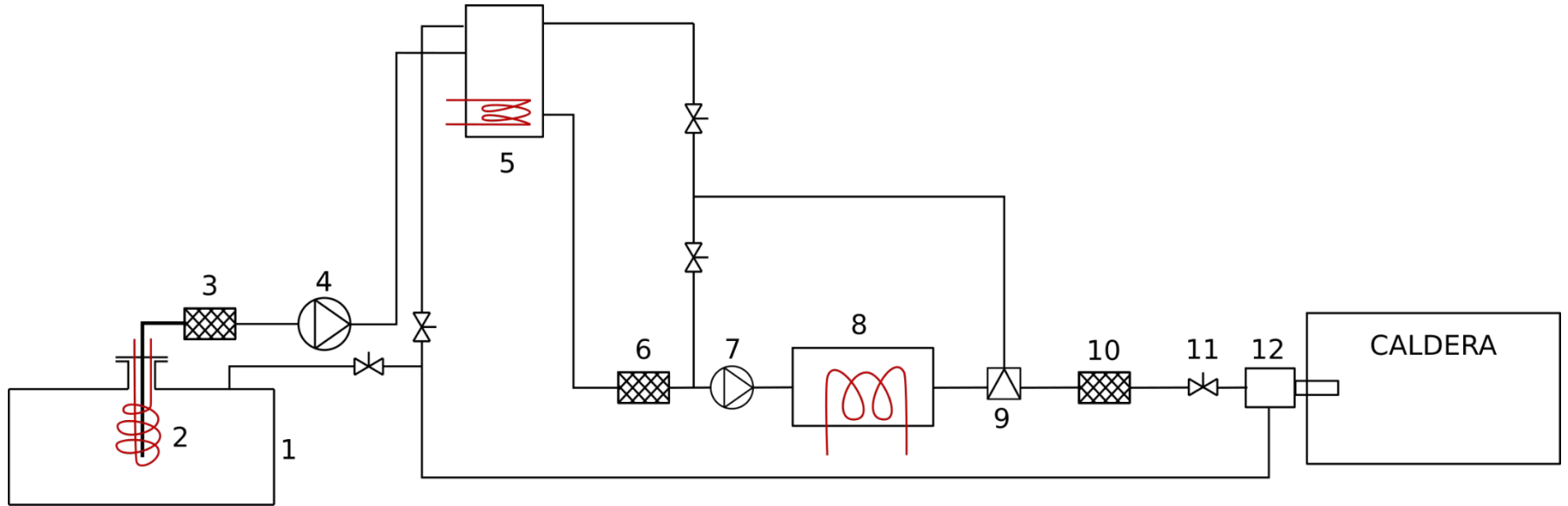
Características de combustibles líquidos

Propiedades de Fuel Oil Pesado

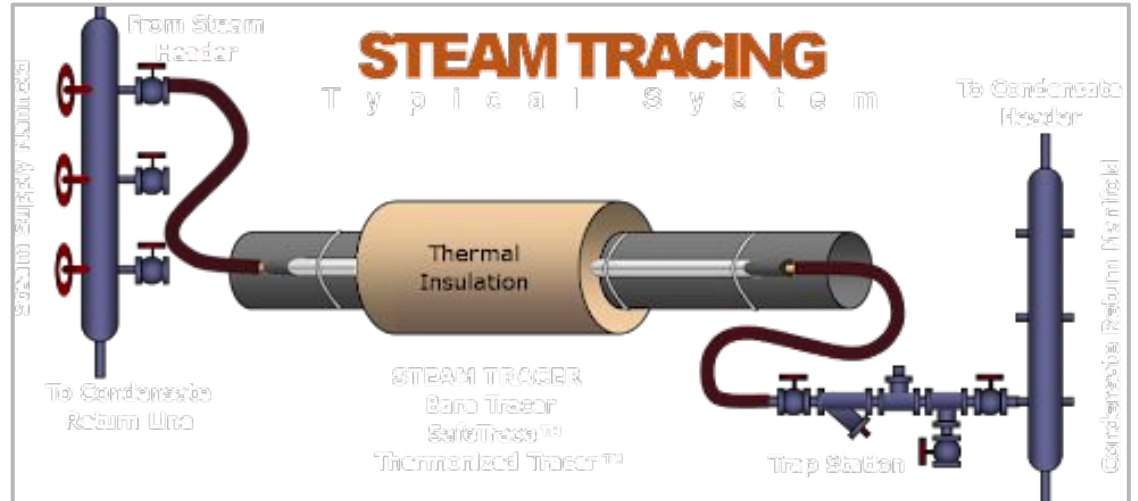
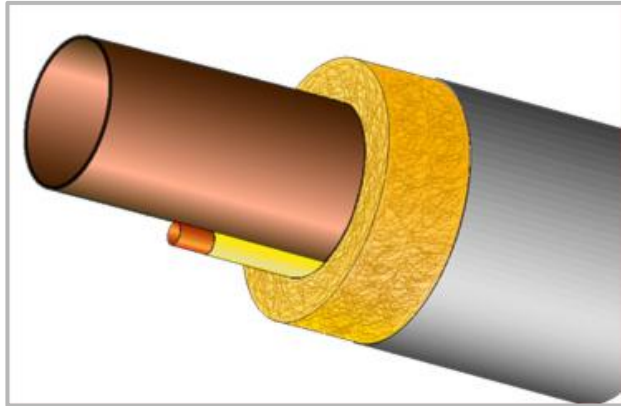
Ficha técnica de ANCAP

<i>DETERMINACIONES</i>	<i>ESPECIFICACIONES</i>		<i>MÉTODO DE ENSAYO</i>
	<i>Min.</i>	<i>Máx.</i>	
Punto de inflamación PM, °C	65		ASTM D 93
Punto de escurrimiento, °C		20	ASTM D 97
Viscosidad Cinemática a 50 °C, cSt		466	ASTM D 445
Viscosidad Saybolt Furol a 50 °C, s		220	ASTM D 88
Cenizas, % en peso		0.20	ASTM D 482
Poder calorífico sup., kcal/kg	10000		ASTM D 4868
Agua y sedimento, % en vol.		1.0	ASTM D 1796
Agua + sedimento, % en vol.		1.0	ASTM D 95 + ASTM D 473
Estabilidad y Compatibilidad		2	ASTM D 4740

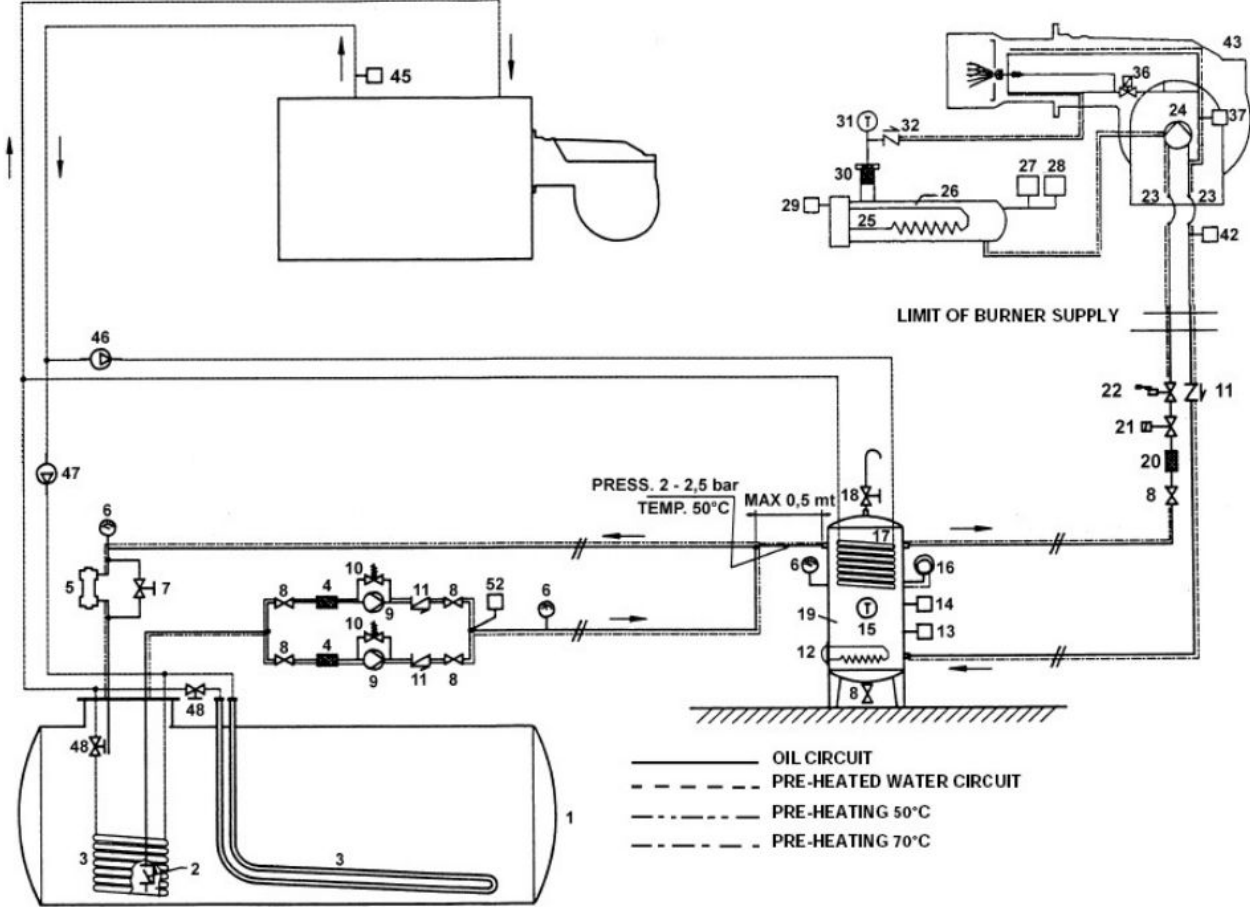
Sistema de alimentación de Fuel oil



Fuel oil - "Tracing"



Fuel oil



Fuel oil

HYDRAULIC DIAGRAMS 3ID0010 E 3ID0012 -

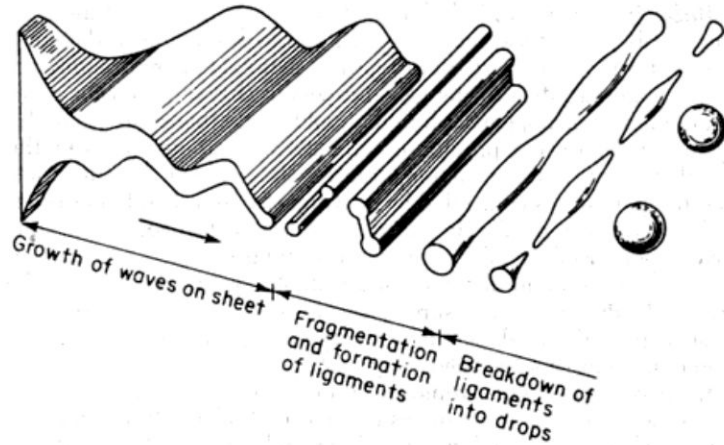
- 1 Oil storage tank
- 2 Foot valve
- 3 Oil storage tank pre-heating coils (1)
- 4 Oil circuit filter (1 mm mesh)
- 5 Circuit pressure regulator
- 6 Pressure gauge scale 0 - 10 bars
- 7 Pressure regulator by-pass valve (5)
- 8 Gate valve
- 9 Oil circuit pressure regulator pump
- 10 Pump pressure regulator (9)
- 11 One-way valve
- 12 Oil buffer tank pre-heater (19)
- 13 Oil buffer tank thermostat
- 14 Burner enabling thermostat
- 15 Thermometer scale 0 - 90° C
- 16 Oil buffer tank heater enabling pressure switch
- 17 Oil buffer tank pre-heating coil (19)
- 18 Oil buffer tank air vent valve
- 19 Oil buffer tank, capacity 600 l approx.
- 20 Oil filter (0.3 mm mesh)
- 21 Fuel cutoff solenoid valve
- 22 Fuel gate valve
- 23 Burner pump hoses (24)
- 24 Burner oil pump
- 25 Pre-heating tank resistor
- 26 Pre-heating tank
- 27 Oil enabling thermostat TCN (26)
- 28 Pre-heating tank resistor safety thermostat TRS (26)
- 29 Oil temperature regulator thermostat TN (26)
- 30 Pre-heating tank (26) filter (0.1 mm mesh)
- 31 Thermometer 0 - 200° C
- 32 Check valve, opening 3.5 - 6 bars
- 33 Solenoid valve EVN1
- 37 Ignition enabling thermostat TCI
- 42 Burner enabling thermostat
- 43 Burner
- 45 Coils and tubes pre-heating pumps thermostat
- 46 Oil buffer tank pre-heating water pump (19)
- 47 Oil storage tank pre-heating water pump (1)
- 48 Pre-heating water balance calibration valves
- 50 Oil pump (diagram 3ID0012 only)

Fuel oil - Quemadores

- Atomización o pulverización
- Mezcla: combustible + aire

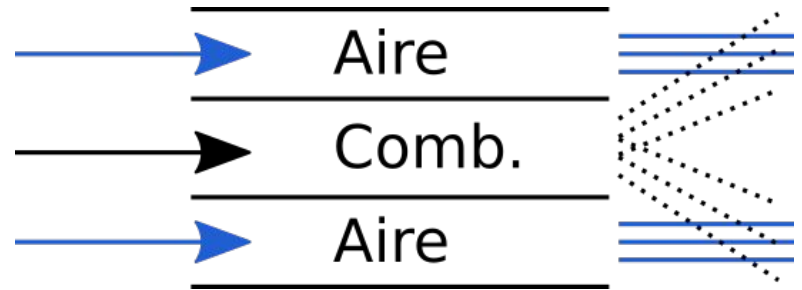
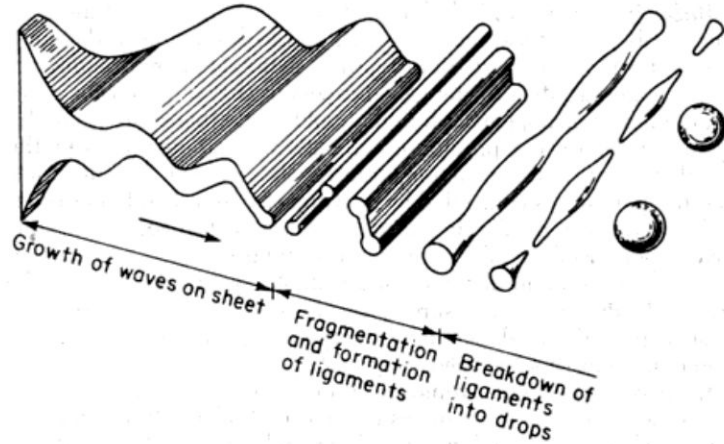
Fuel oil - Quemadores

- Atomización o pulverización
- Mezcla: combustible + aire



Fuel oil - Quemadores

- Atomización o pulverización
- Mezcla: combustible + aire

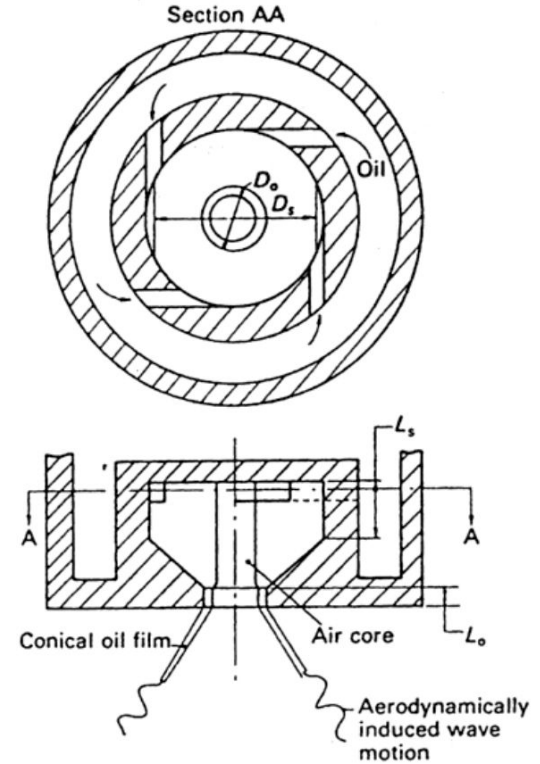
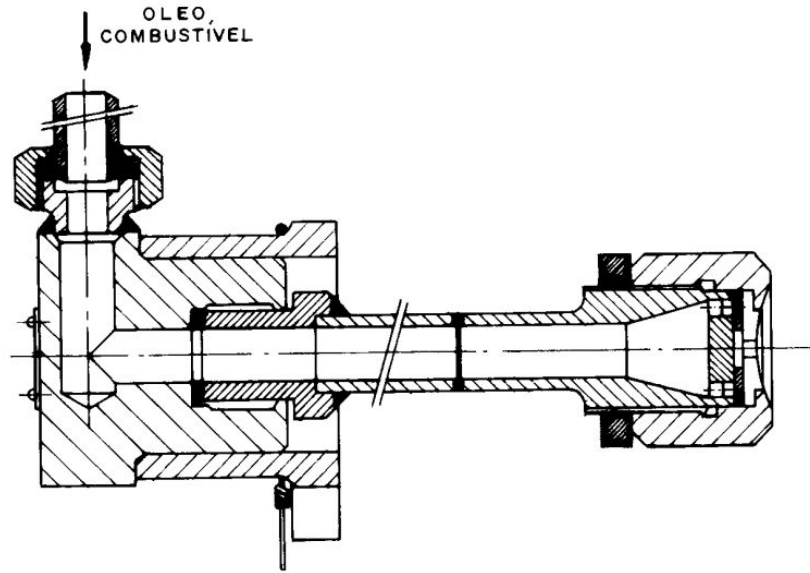


Fuel oil - Quemadores

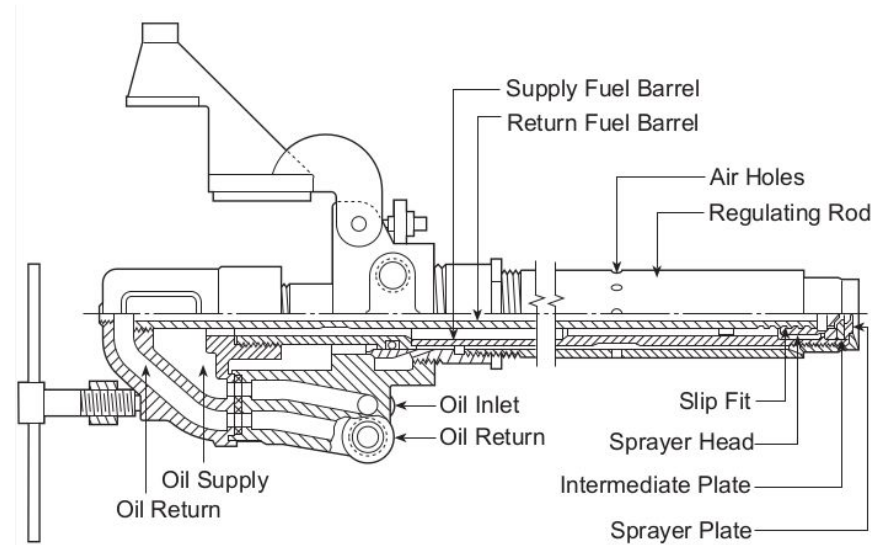
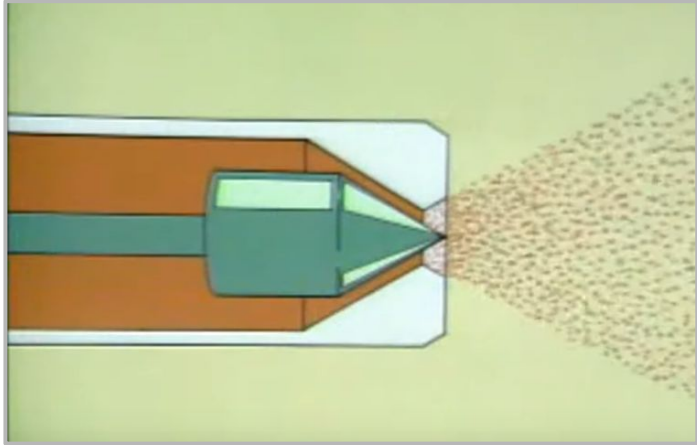
Tipos:

1. Quemadores por presión mecánica
2. Quemadores por rotación (copa rotativa)
3. Quemadores por inyección de vapor o aire

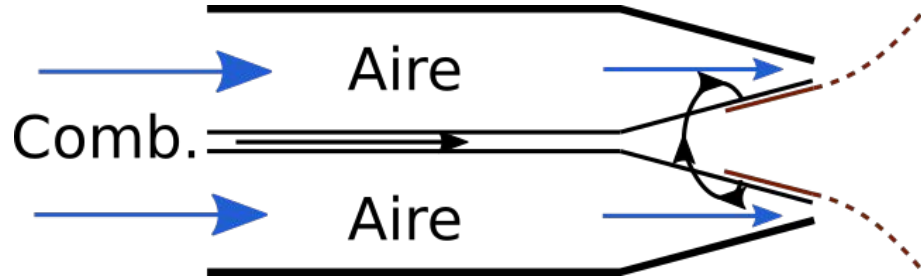
Quemador a presión mecánica



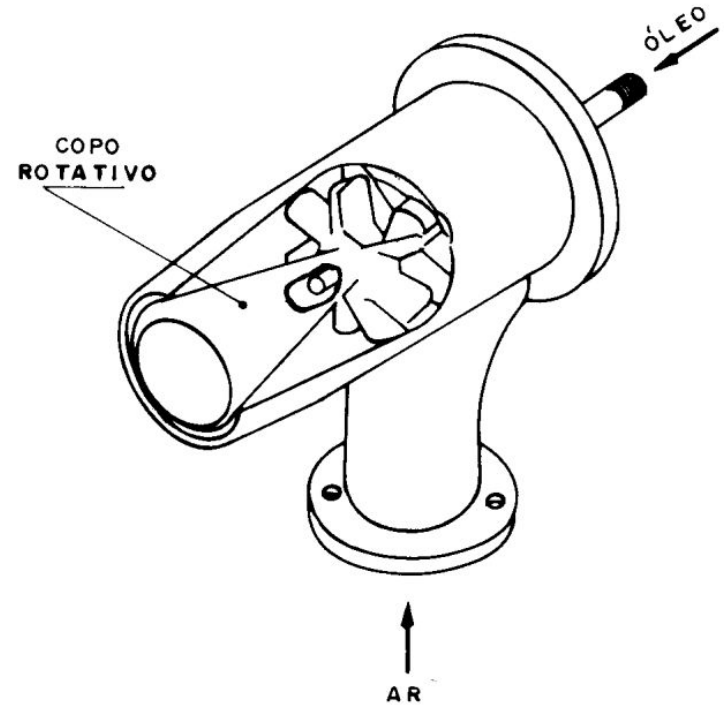
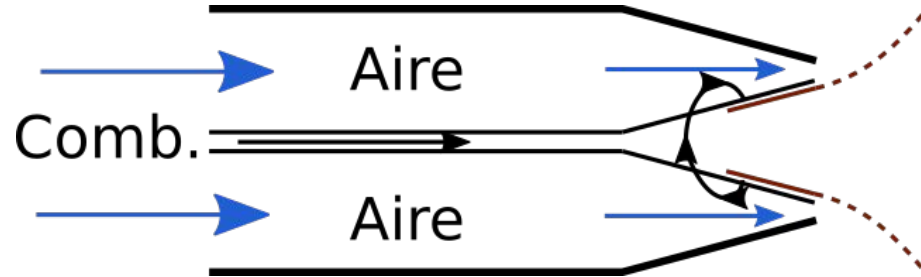
Quemador a presión mecánica



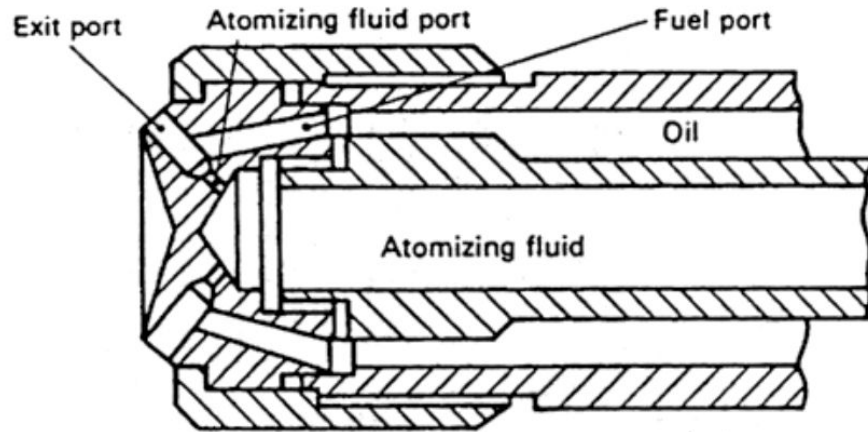
Quemador de copa rotativa



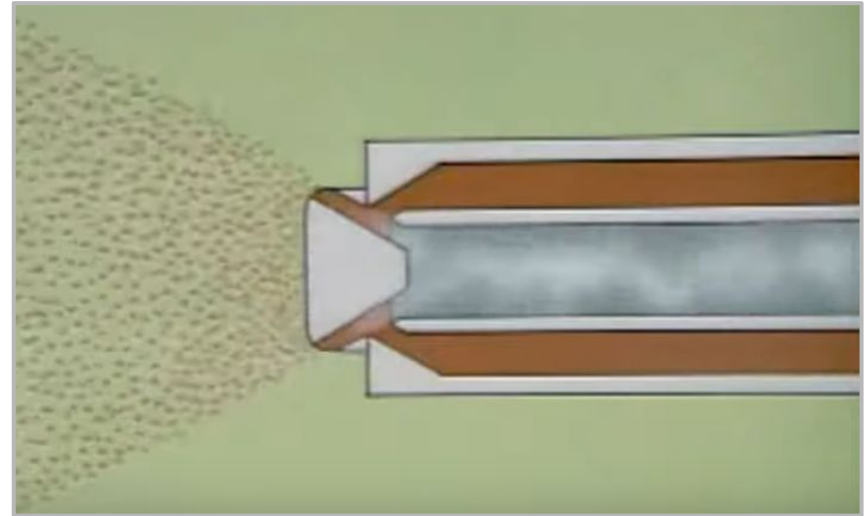
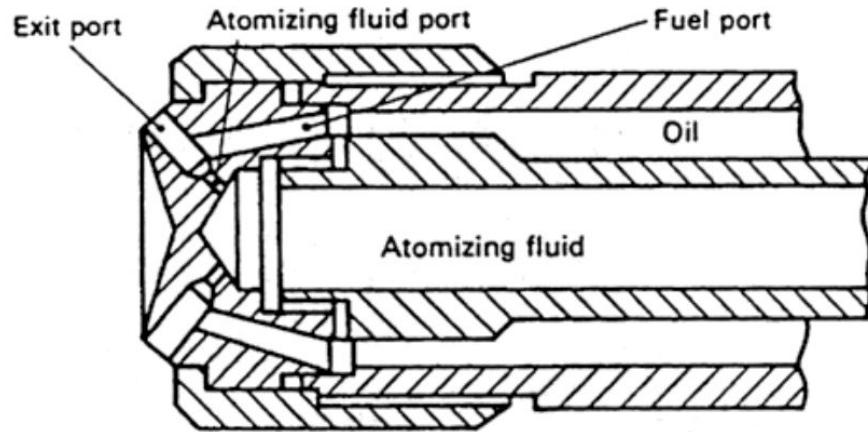
Queimador de copa rotativa



Quemador por inyección de vapor o aire



Quemador por inyección de vapor o aire



Quemador por inyección de vapor o aire



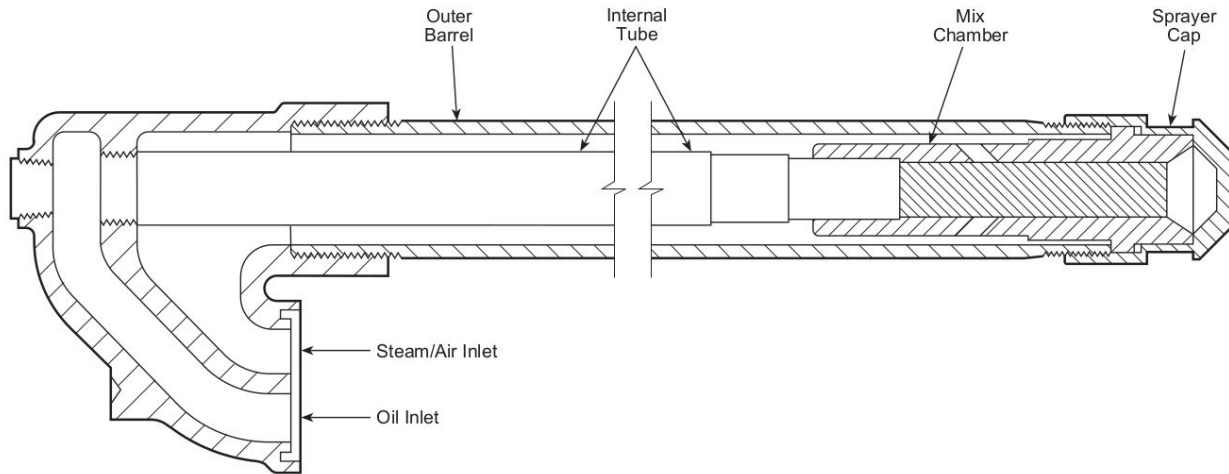
Mix Chamber (side view)



Sprayer Cap (side view)



Sprayer Cap (front view)



Quemadores de fuel oil



Quemadores de fuel oil

Fotografías de quemadores

Operación de quemadores

1. Manual
2. Automático
 - a. ON-OFF
 - b. Modulante
 - c. Discontinuo (discreta)



Operación de quemadores

Automática **ON-OFF** (algunos problemas):

- **Ensuciamiento** del puntero del quemador.
- Variación de la **temperatura de combustible** por falla del sistema de regulación.
- Variación de la **presión de combustible** por obstrucción en algún punto del circuito (filtros, válvulas).
- **Variación del caudal de aire** por anomalía en el VTF.
- **Falta de turbulencia** por ensuciamiento del hogar.
- **Falta de tiro** por ensuciamiento de tubos.



Operación de quemadores

Automática con Modulación:

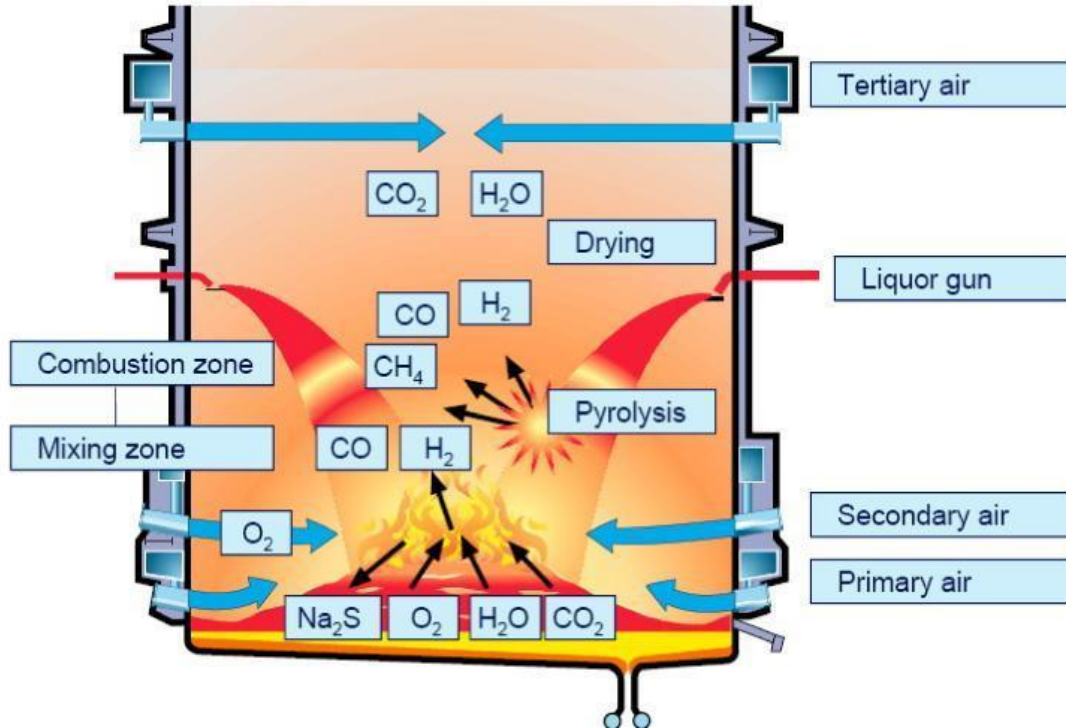
- **Presostato** con **resistencia variable** envía señal eléctrica variable
- Un motor modulante gira en función de la señal eléctrica de entrada
- Por un **sistema de palancas** se regula el pasaje de **combustible** (válvula reguladora y **aire** (registro) para mantener un exceso adecuado.
- Se setea con la caldera en **funcionamiento** y haciendo **análisis de humos**.
- **Sistema más preciso:** transmisor de presión electrónico, controlador, válvula modulante neumática y actuadores sobre el VTF y la válvula modulante.
- **Variador de frecuencia** en VTF.
- El sistema modulante mantiene la presión de vapor casi constante y se eliminan los reencendidos



Sistema de fuel oil

Fotos de instalaciones

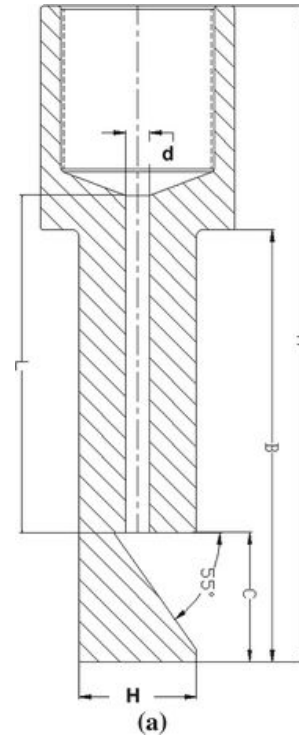
Combustión de Licor Negro



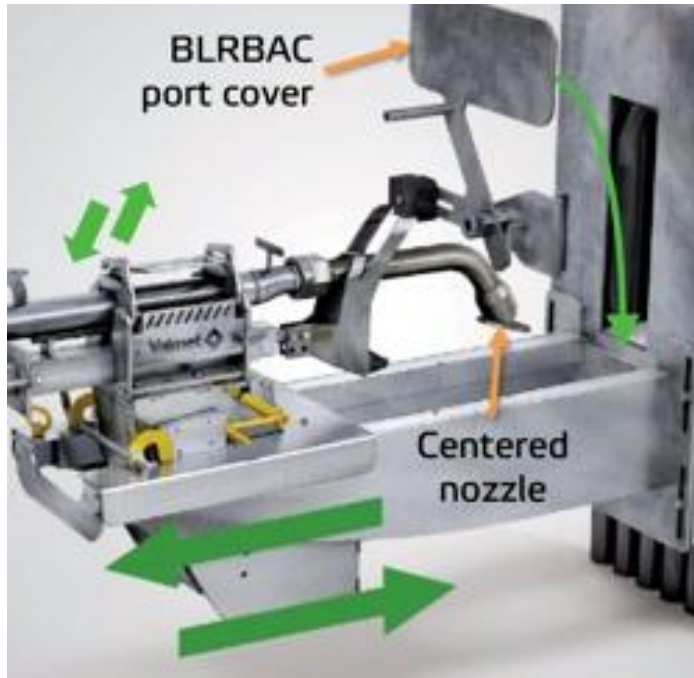
Combustión de Licor Negro



Combustión de Licor Negro



Combustión de Licor Negro



Otros Links

<https://www.youtube.com/watch?v=EekwHUGcdmo>

<https://www.youtube.com/watch?v=FCnl3w-cQdM>

<https://www.youtube.com/watch?v=OORXKfHi0oA>

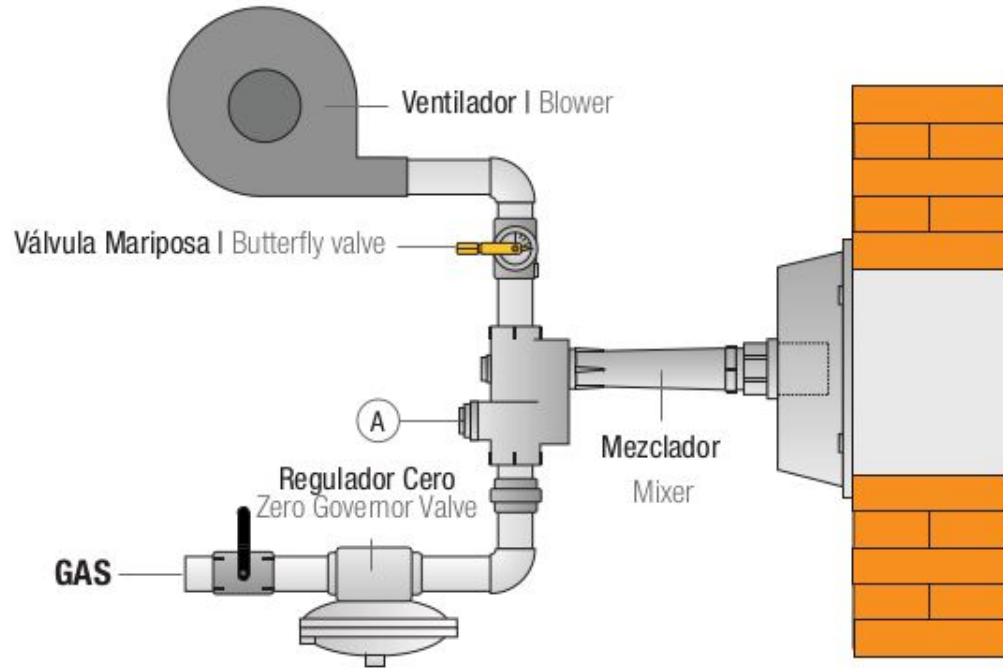
Pendientes

Atomización con vapor reduce la temperatura del hogar y evita formación de NO_x.

Se puede recircular humos para reducir la formación de NO_x

Fuel oil contiene azufre que forma SO₂, SO₃ y H₂SO₄

Combustibles gaseosos



Combustibles gaseosos

Ventajas:

- **No** necesita **precalentamiento**
- **No** necesita **pulverización**
- Más **fácil** obtener una **buena combustión** y calidad de gases en la chimenea
- **No** contiene **azufre**

Combustibles gaseosos

Ventajas:

- **No** necesita **precalentamiento**
- **No** necesita **pulverización**
- Más **fácil** obtener una **buena combustión** y calidad de gases en la chimenea
- **No** contiene **azufre**

Desventajas:

- **Manipular** un combustible gaseoso es **más delicado** que un líquido (medidas especiales de **prevención y mantenimiento**)
- Las **fugas** de gas **no son visibles**. (posibilidad de generar atmósfera explosiva)

Combustibles gaseosos

Ventajas:

- **No** necesita **precalentamiento**
- **No** necesita **pulverización**
- Más **fácil** obtener una **buena combustión** y calidad de gases en la chimenea
- **No** contiene **azufre**

Desventajas:

- **Manipular** un combustible gaseoso es **más delicado** que un líquido (medidas especiales de **prevención y mantenimiento**)
- Las **fugas** de gas **no son visibles**. (posibilidad de generar atmósfera explosiva)

Ventajas desde el punto de vista **operativo** pero **desventajas** desde el punto de vista de la **seguridad**

Combustibles gaseosos

Gases:

- Gas Natural
- GLP (propano industrial). Aire propanado

Combustibles gaseosos

Gases:

- Gas Natural
- GLP (propano industrial). Aire propanado

Instalación fija

Quemadores

Protocolo de combustión

Emisiones

Instalación de gases

ur|s|e|a

REGLAMENTO DE INSTALACIONES FIJAS DE GAS COMBUSTIBLE

Instalación de gases



REGLAMENTO DE INSTALACIONES FIJAS DE GAS COMBUSTIBLE

- **UNIT 1005:2021** Instalaciones para gases combustibles por cañería
- **NFPA 54** National Fuel Code
- **NFPA 58** Liquefied Petroleum Gas Code
- Reglamento Técnico y de Seguridad de Instalaciones y Equipos destinados al manejo de GLP de la URSEA

Instalación de gases - GLP



1.000 lt

Instalación de gases - GLP



1.000 lt



4.000 lt

Instalación de gases - GLP



7.300lt

Instalación de gases - GLP



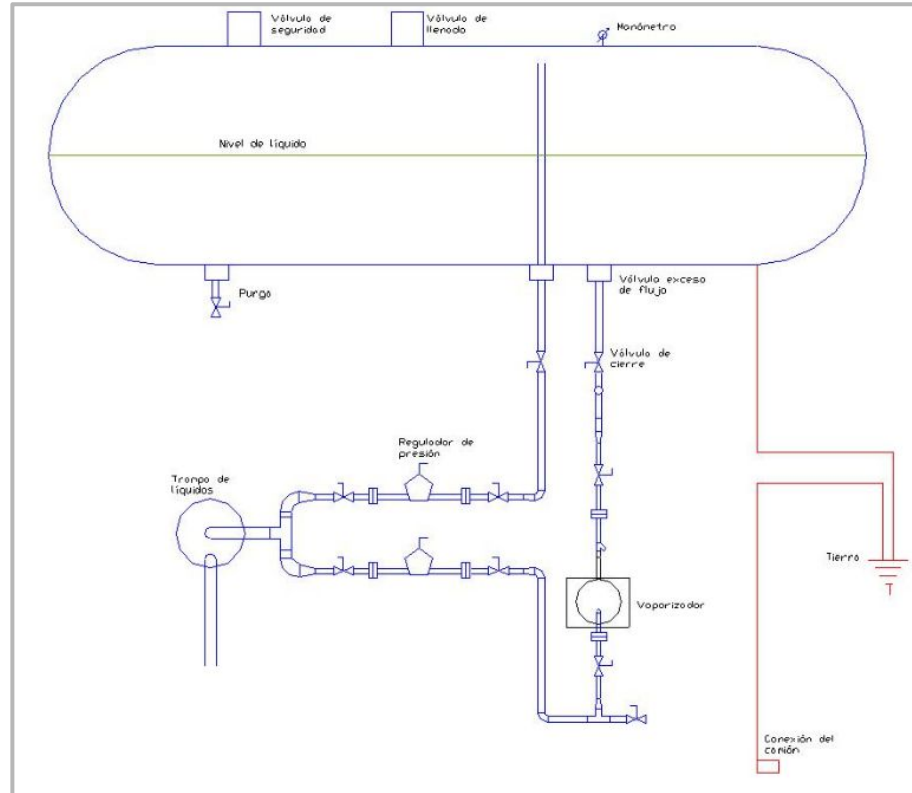
50.000 lt

Instalación de gases - GLP



120.000 lt

Instalación de gases - GLP



Instalación de gases - GN

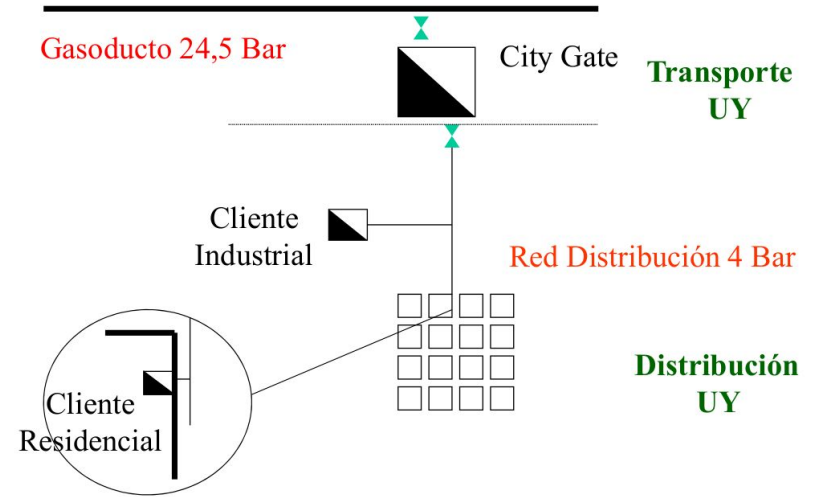


Gasoducto

Instalación de gases - GN



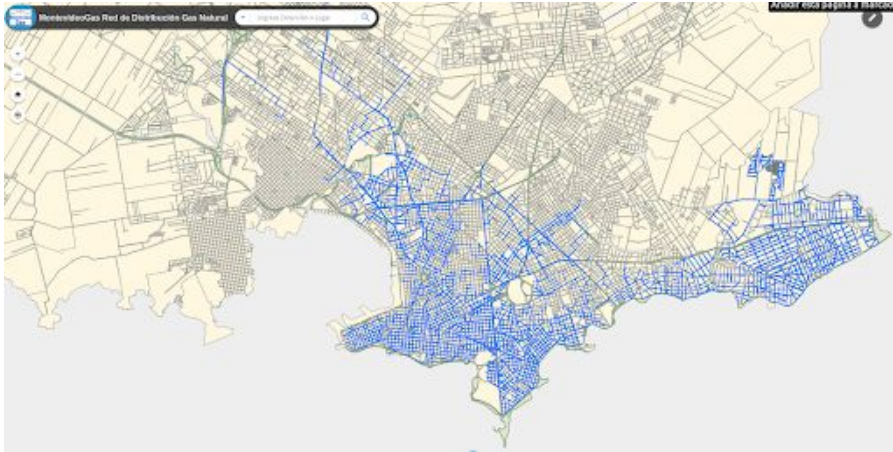
Gasoducto



Red de distribución

Presión de la red: 4 barg

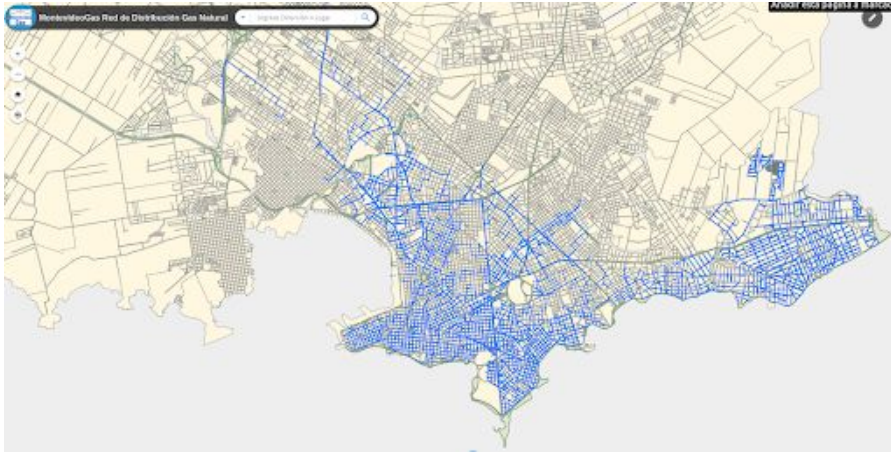
Instalación de gases - GN



Red de distribución

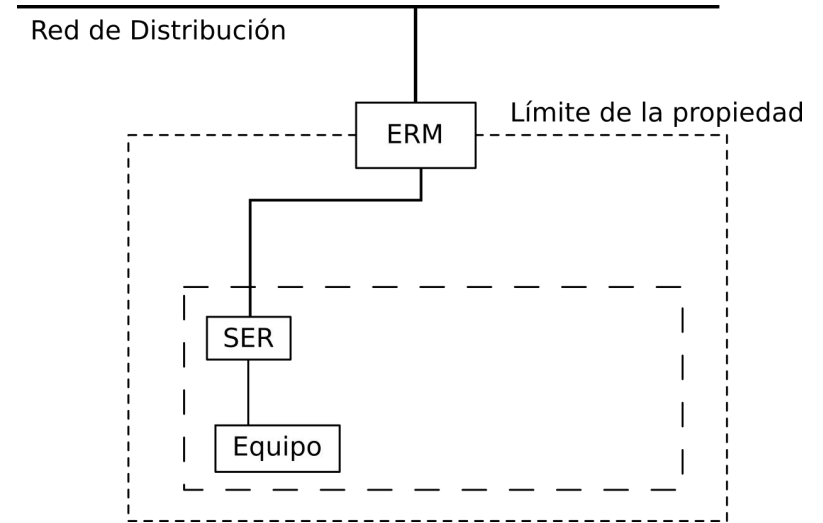
Presión de la red: 4 barg

Instalación de gases - GN



Red de distribución

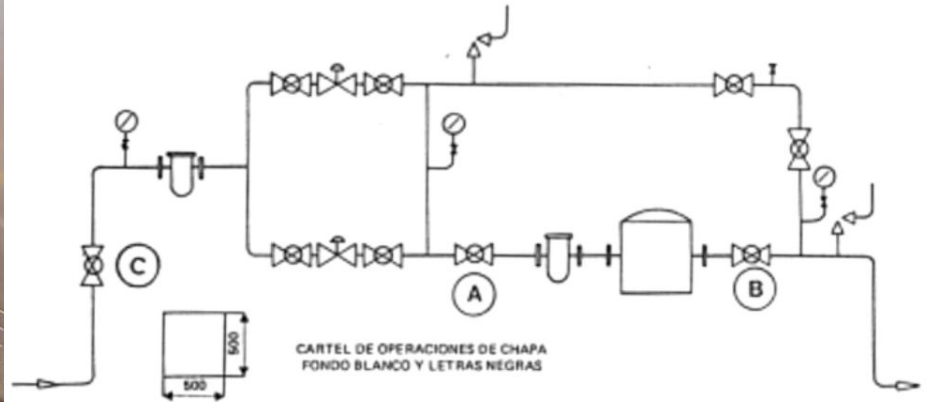
Presión de la red: 4 barg



Instalación de gases - GN



Estación de Regulación y Medición (**ERM**)

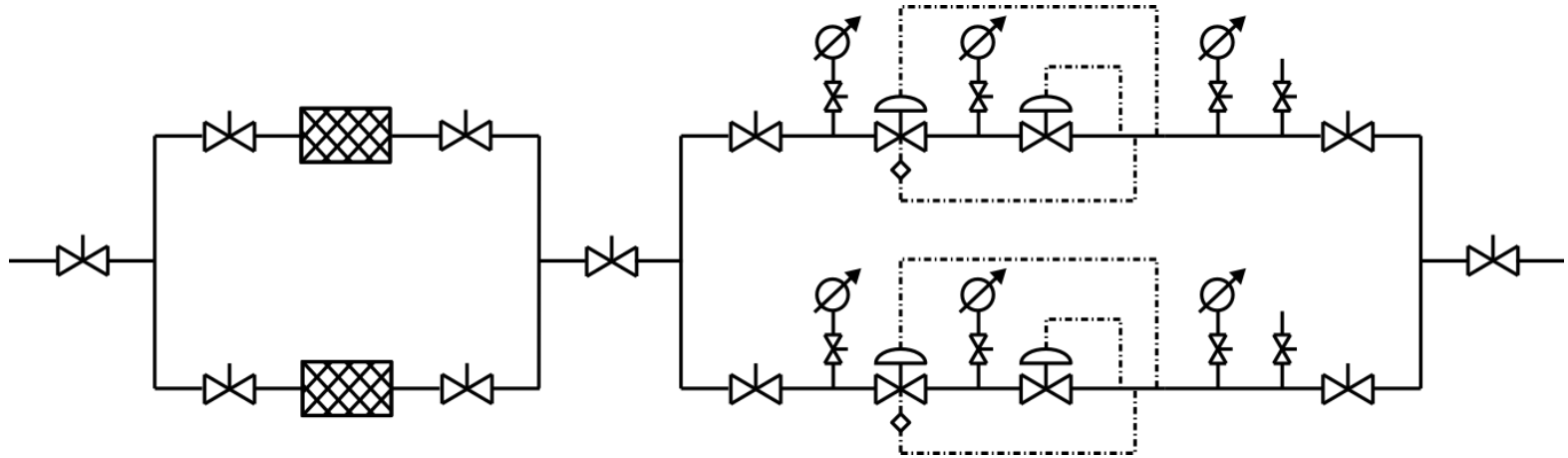


Instalación de gases

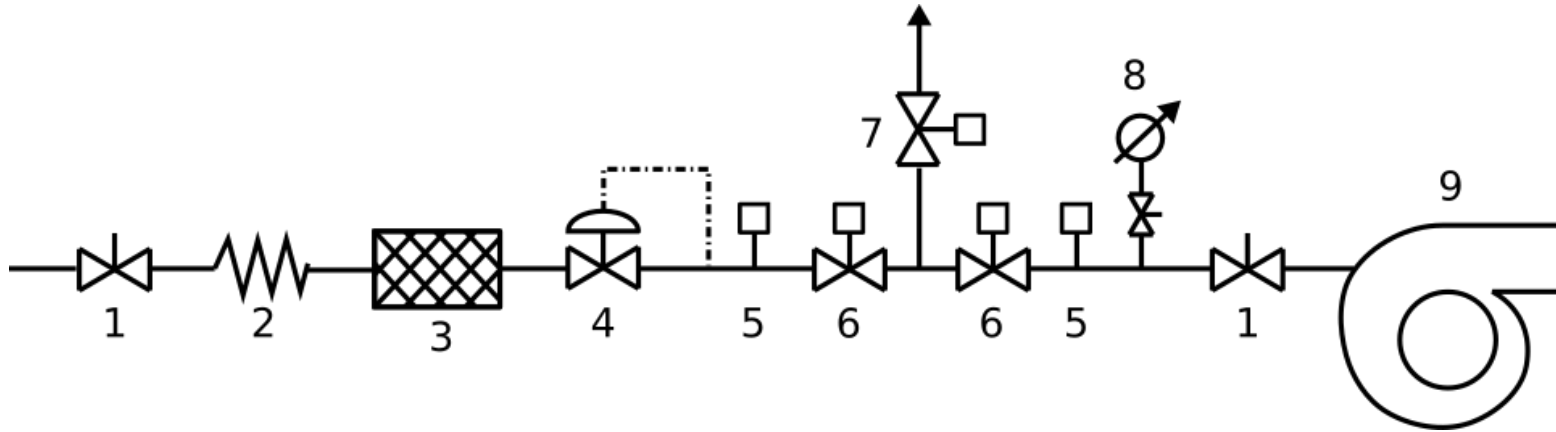
Si la **presión** en los **artefactos difiere** de la **presión regulada** de interna, será necesario instalar una planta de regulación **SER**

Instalación de gases

Si la **presión** en los **artefactos difiere** de la **presión regulada** de interna, será necesario instalar una planta de regulación **SER**



Tren de válvulas



- | | |
|----------------------------------|--|
| 1. Válvula de corte manual | 6. Válvulas solenoides de corte (normal cerrada) |
| 2. Flexible | 7. Venteo |
| 3. Filtro | 8. Manómetro |
| 4. Válvula reguladora de presión | 9. Quemador |
| 5. Presostato (alta y baja) | |

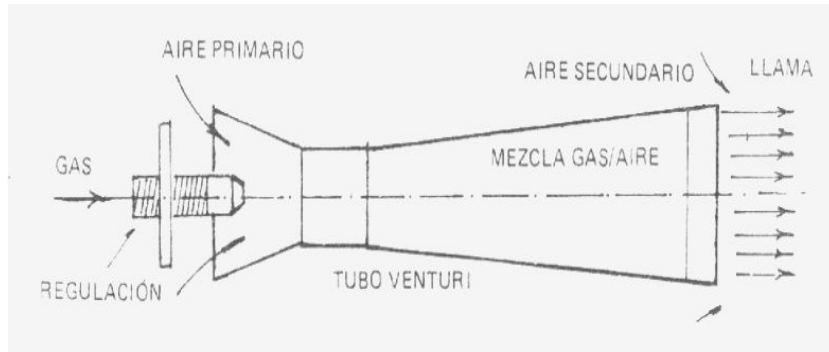
Quemadores de gases

Generar una buena **mezcla** combustible + comburente, potencia **estable**, muy **bajas** emisiones de **CO**, **no** generar **calado ni desprendimiento** de llama

- Atmosféricos o por presión de aire
- De premezcla o de llama difusiva

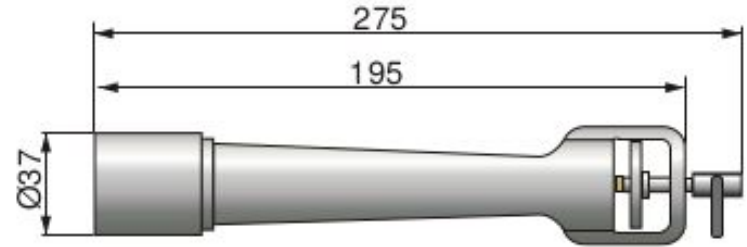
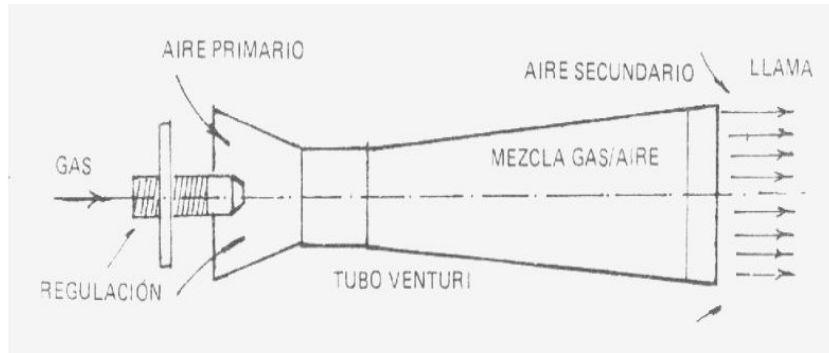
Quemadores de gases

Quemador atmosférico



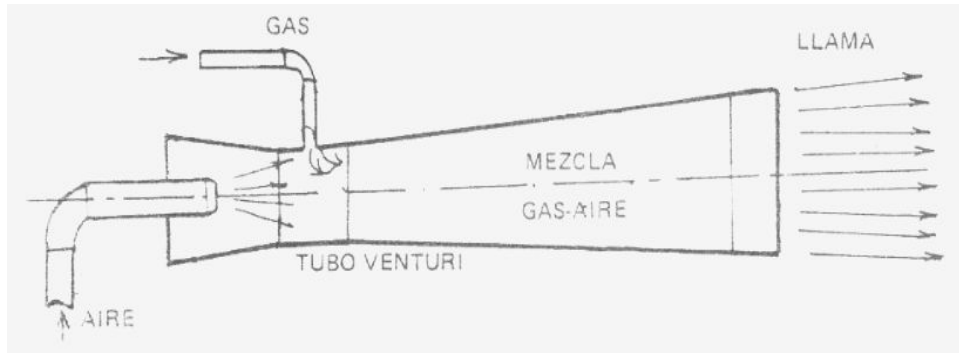
Quemadores de gases

Quemador atmosférico



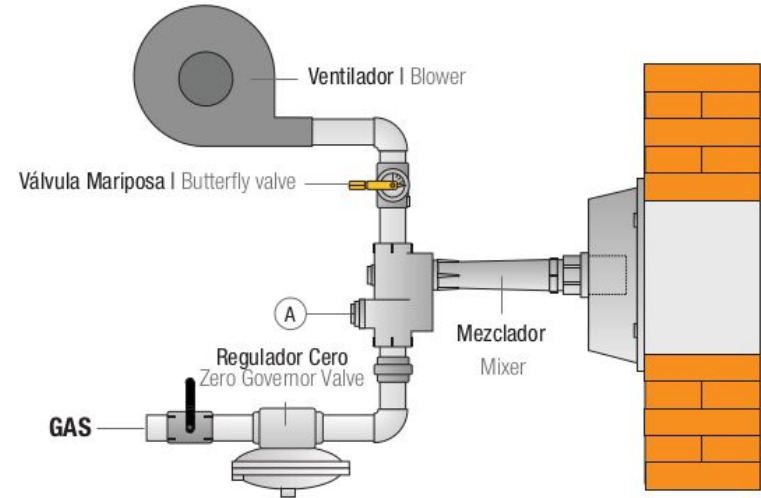
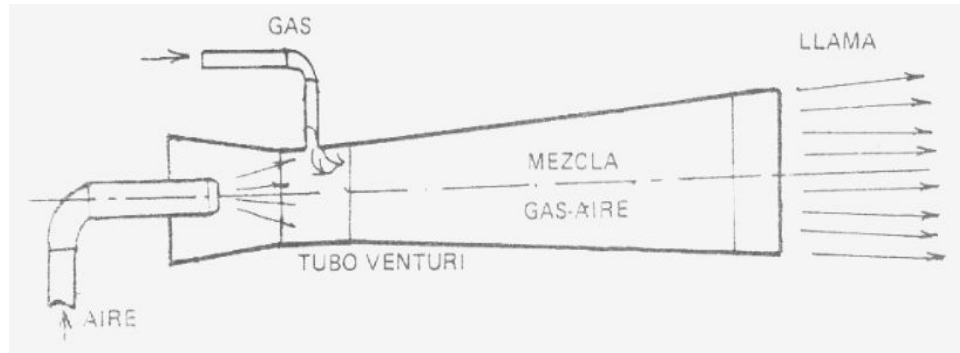
Quemadores de gases

Quemador por presión de aire



Quemadores de gases

Quemador por presión de aire



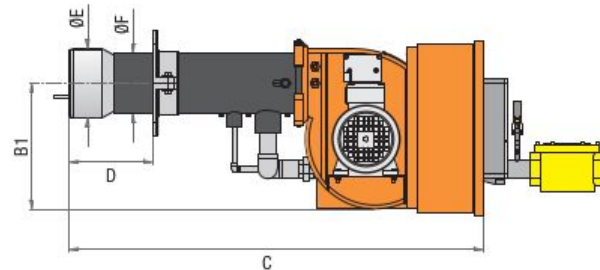
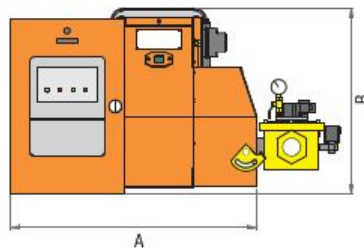
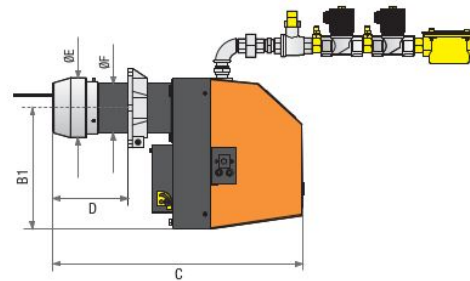
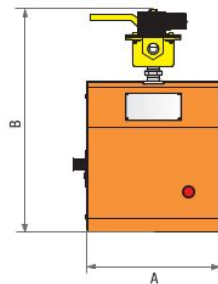
Quemadores de gases

Quemador Monotobera para Gas
Gas Monoblock Burners

EQA 91

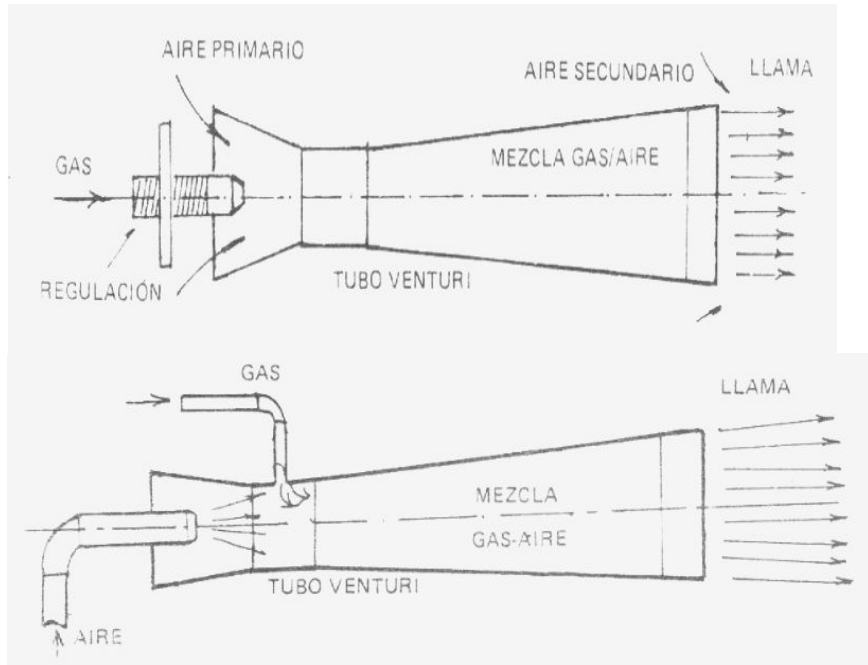


• Modelo 91-21 al 91-360
Type 91-21 to 91-360

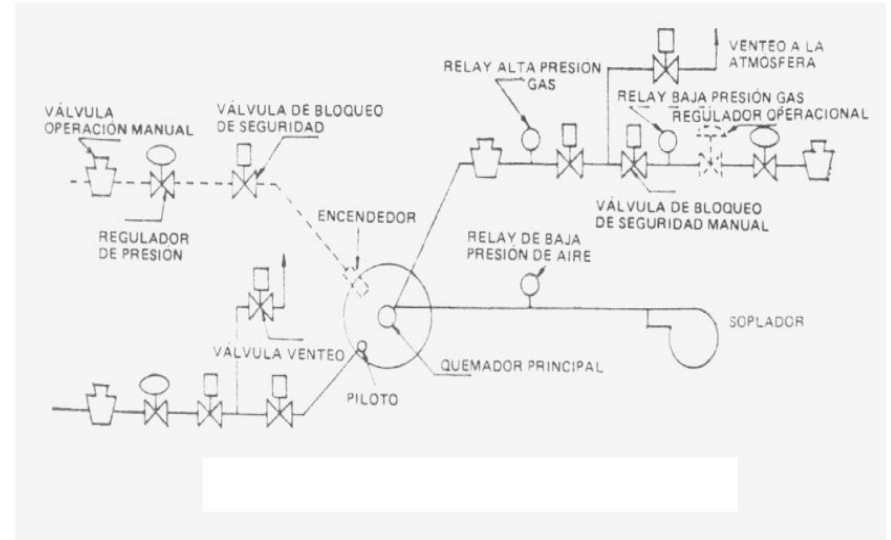


BORRAR

Esquemas de quemadores



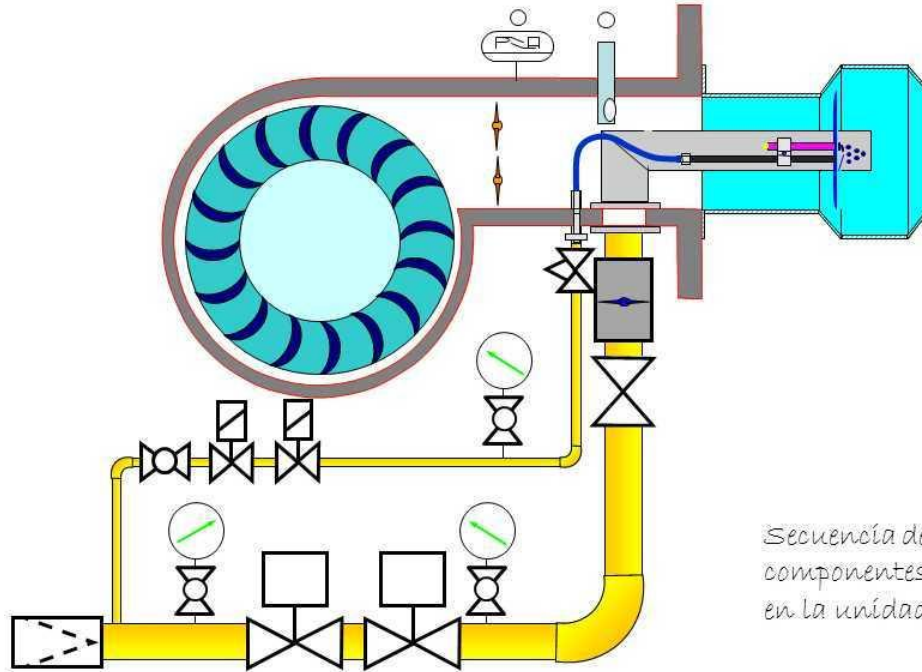
Instalación típica de un quemador



Quemadores de gases

- Operación ON-OFF, modulante, alto/bajo fuego
Regulación: fijación mecánica, válvulas proporcionantes, regulador cero
- Prebarrido (4 volúmenes de hogar o 12 segundos)
- Corte de suministro:
 - No se detecta llama
 - Presión de gas alta o baja
 - Interrupción de suministro de gas
 - Interrupción de corriente eléctrica
 - Falta de tiro en ducto de evacuación
 - Falta de suministro de aire

Quemadores de gases



Secuencia de quemador y componentes para mostrar en la unidad

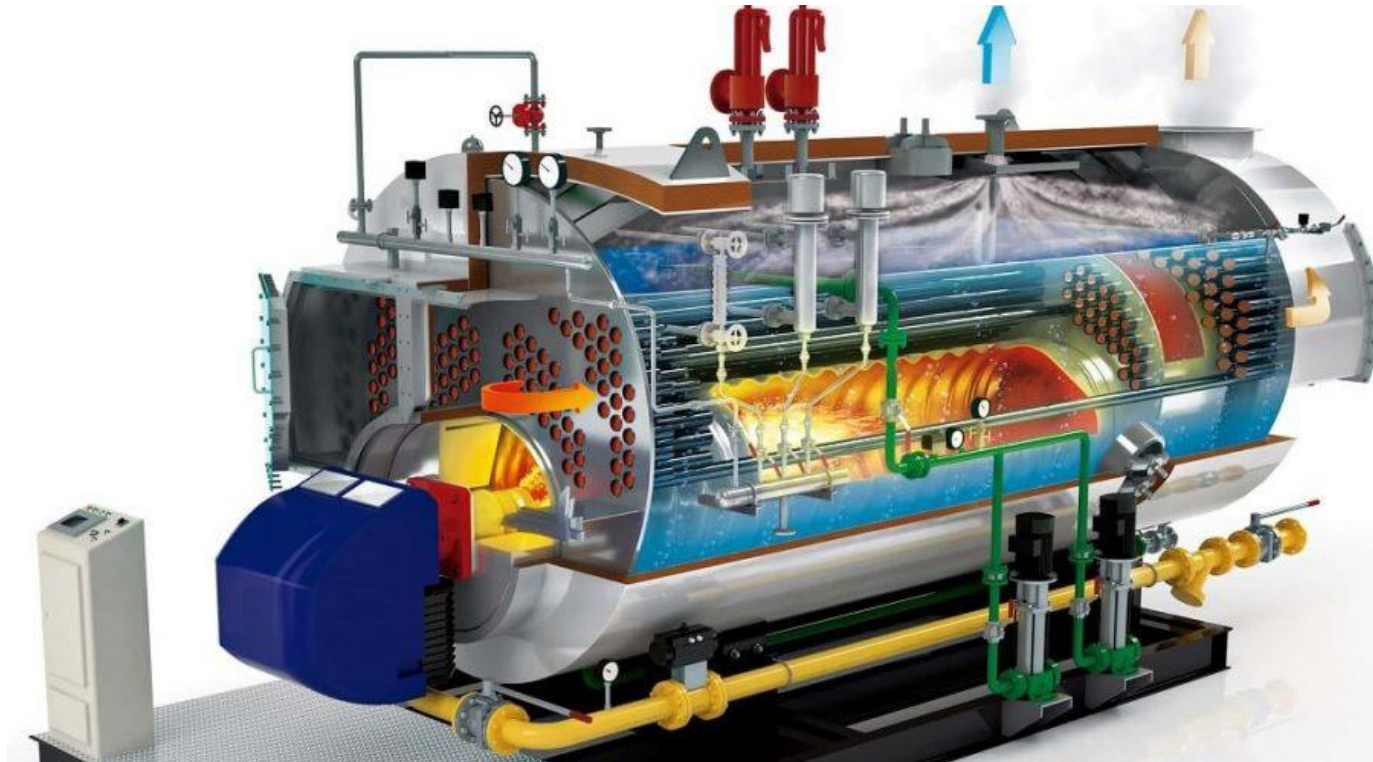
Quemadores de gases



Quemadores de gases



Quemadores de gases



Llama piloto

Funcionamiento **independiente** del quemador principal

Llama piloto con potencia **inferior a 3% del máximo fuego**

Equipos pequeños pueden encender con el quemador en bajo fuego sin piloto

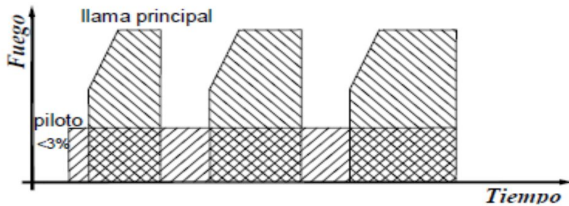
Llama piloto

Funcionamiento **independiente** del quemador principal

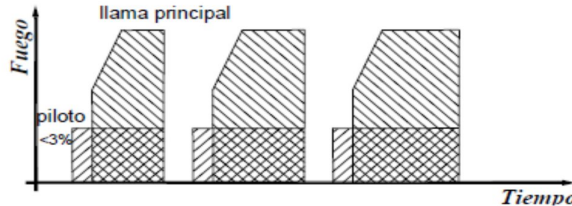
Llama piloto con potencia **inferior a 3% del máximo fuego**

Equipos pequeños pueden encender con el quemador en bajo fuego sin piloto

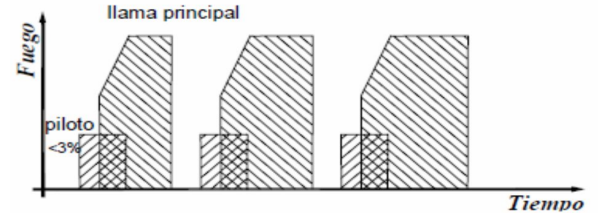
Piloto continuo



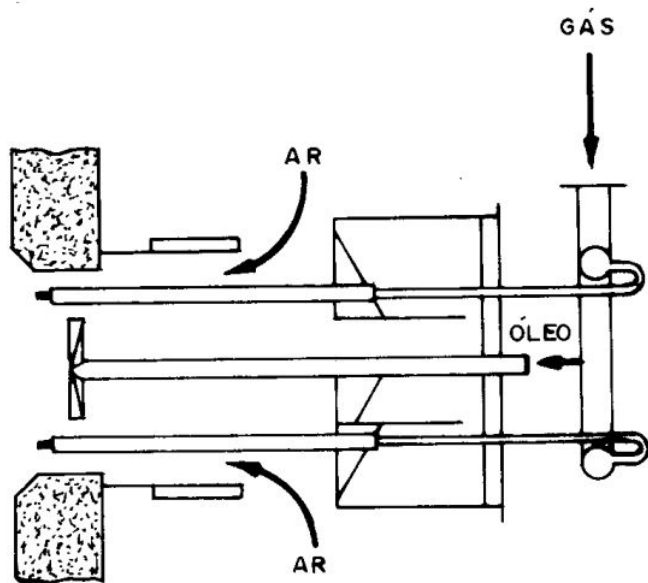
Piloto Intermitente



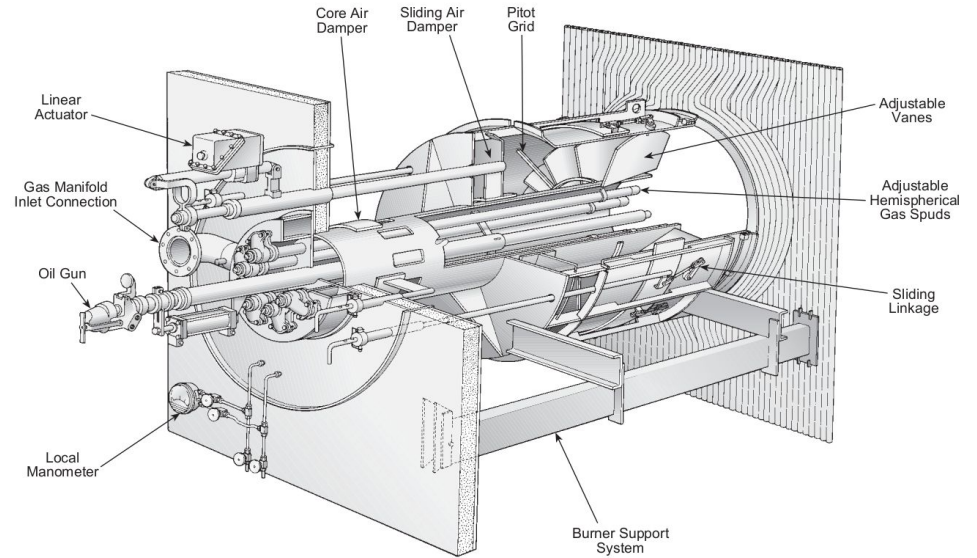
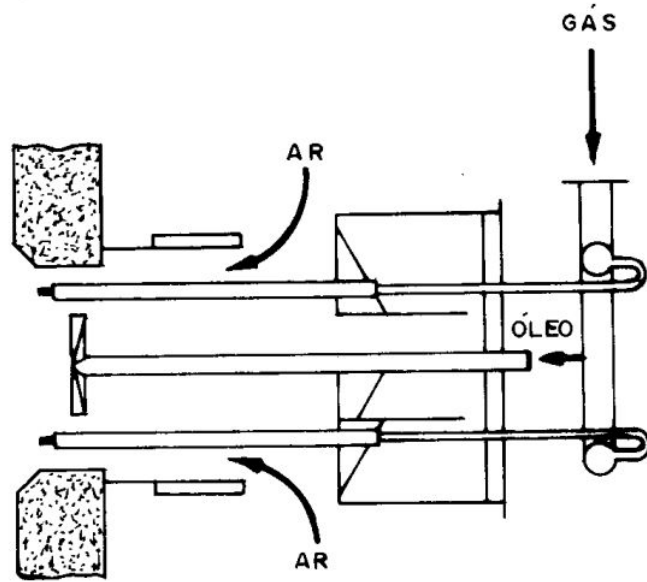
Piloto Interrumpido



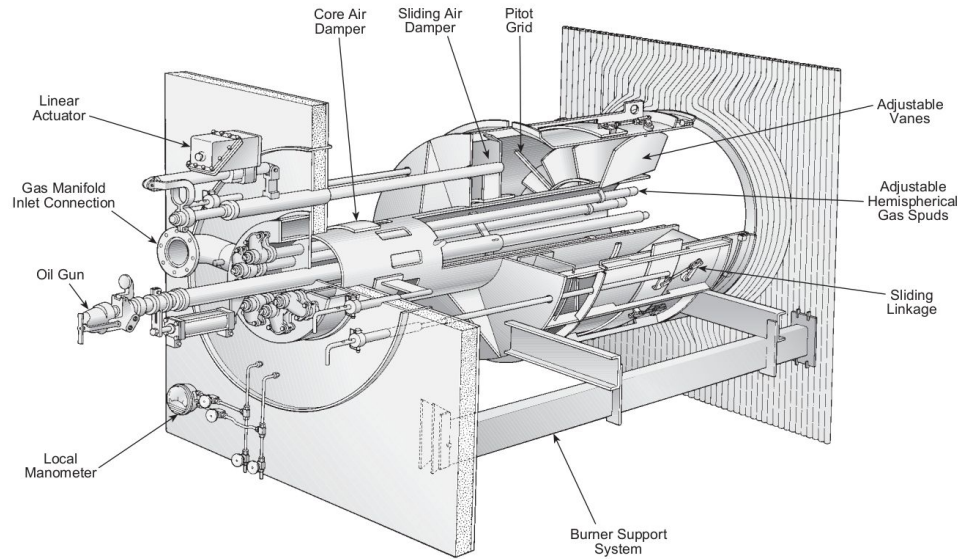
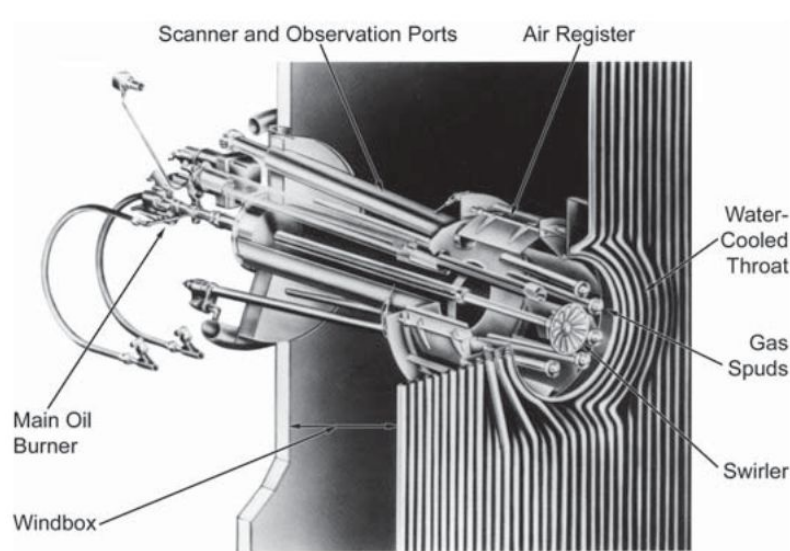
Queimador dual (Gas + Líquido)



Queimador dual (Gas + Líquido)



Quemador dual (Gas + Líquido)



Combustión de gases

Fotos

Protocolo de combustión

Combustible:

- Caudal
- Presiones
- Temperatura

Protocolo de combustión

Combustible:

- Caudal
- Presiones
- Temperatura

Aire:

- Caudal
- Presiones

Protocolo de combustión

Combustible:

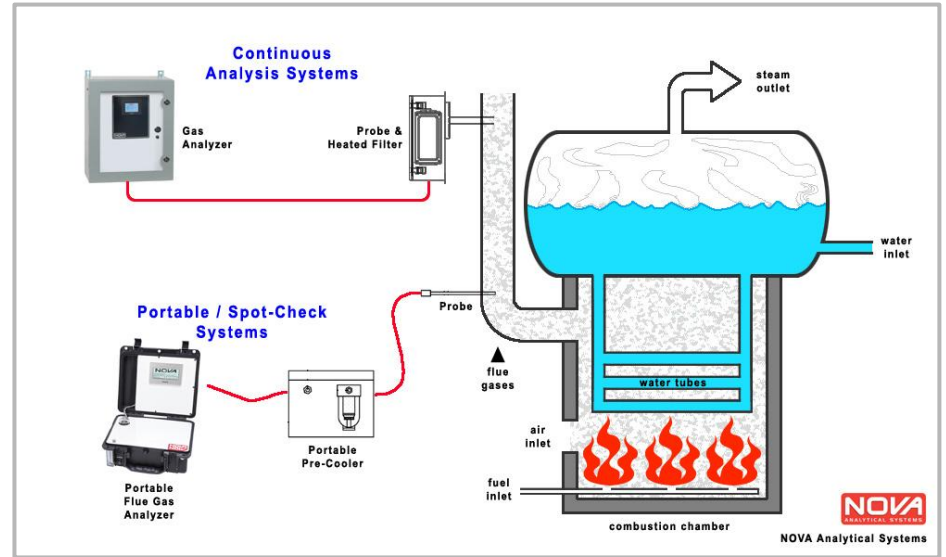
- Caudal
- Presiones
- Temperatura

Aire:

- Caudal
- Presiones

Humos:

- Composición:
 O_2 , CO , CO_2
- Temperatura



Protocolo de combustión

Combustible:

- Caudal
- Presiones
- Temperatura

Humos:

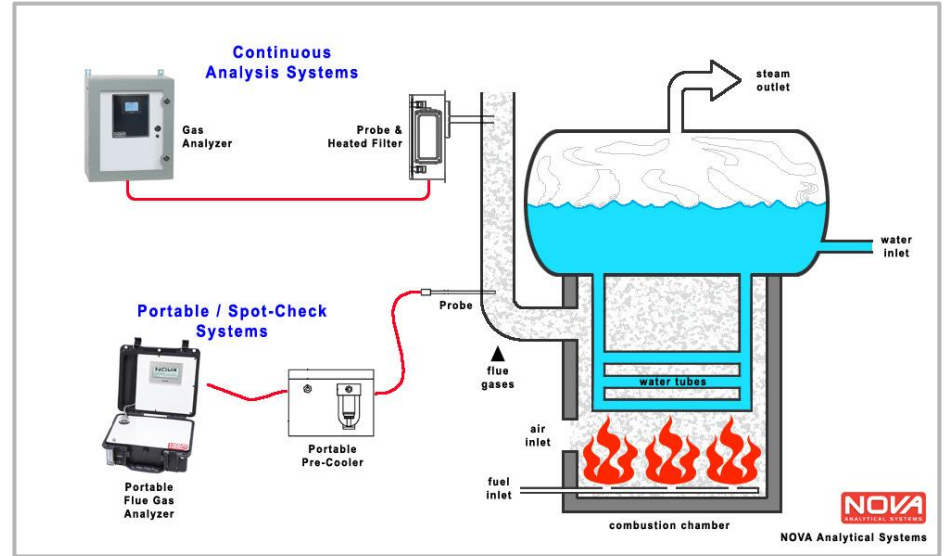
- Composición:
 O_2 , CO , CO_2
- Temperatura

Aire:

- Caudal
- Presiones

Vapor:

- Caudal
- Presión



Otros links

<https://www.youtube.com/watch?v=BqsRzjeG0D0>

Emisiones ambientales

Reglamento de calidad del aire

Emisiones ambientales

Dirección Nacional de Calidad y Evaluación Ambiental (DINACEA, antes DINAMA)

Reglamento de calidad del aire

Fuentes Fijas

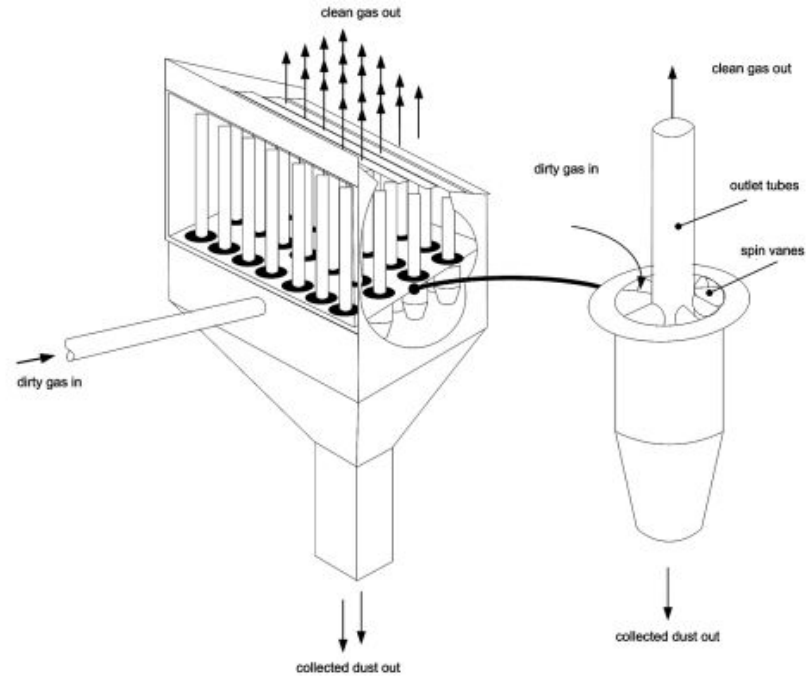
Límites máximos admisibles en función de la **potencia térmica** y el **tipo de combustible**

Unidad de combustión (Potencia térmica) ⁽¹⁾	Combustible ⁽²⁾	SO ₂ (mg/Nm ³)	NOx como NO ₂ (mg/Nm ³)	MP (mg/Nm ³)	CO (mg/Nm ³)	Oxígeno Seco(%)
>40 MW	Gas	-	400	-	-	3
	Líquido	1700	600	50	-	3
	Sólido	1400	900	50	-	6
≥12 MW y <40 MW	Gas	-	400	-	-	3
	Líquido	5100	600	250	-	3
	Sólido	4250	900	250	1500	6
≥5 MW y <12 MW	Gas	-	400	-	-	3
	Líquido	5100	600	350	-	3
	Sólido	4250	900	350	2000	6
<5 MW con combustibles alternativos	Líquido	5100	600	350	-	3
	Sólido	4250	900	350	2000	6
TURBINAS	Gas natural	-	100	-	-	15
	Líquido	80	150	50	-	15
MOTORES	Gas natural	-	200 ⁽³⁾	-	-	15
			400 ⁽⁴⁾			
	Líquido	600	1850 ⁽⁵⁾	50	-	15
			2000			

Emisiones y sistemas tratamiento de humos

Emisiones de:

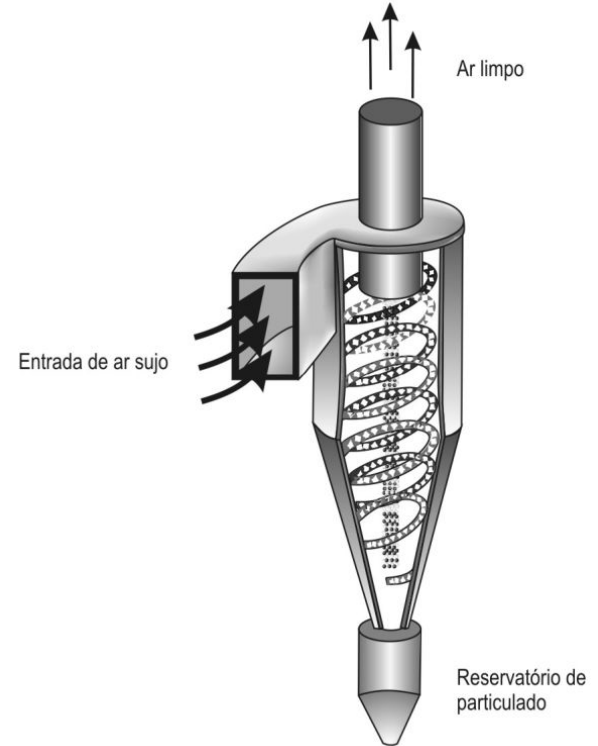
- Hollín
- Carbono sin quemar
- Cenizas
- Alquitrán
- Gases contaminantes



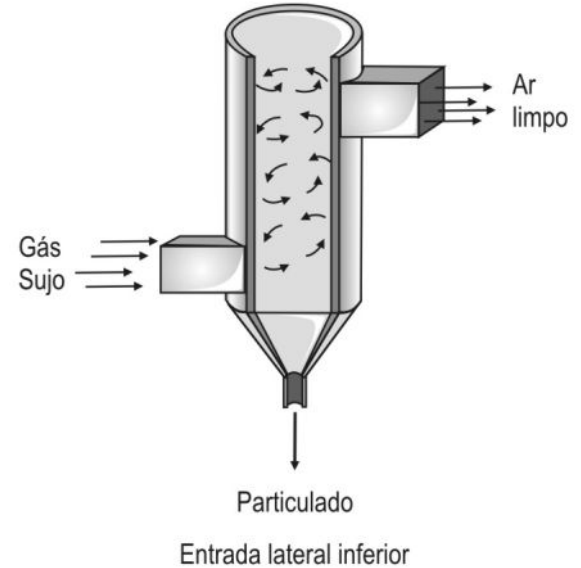
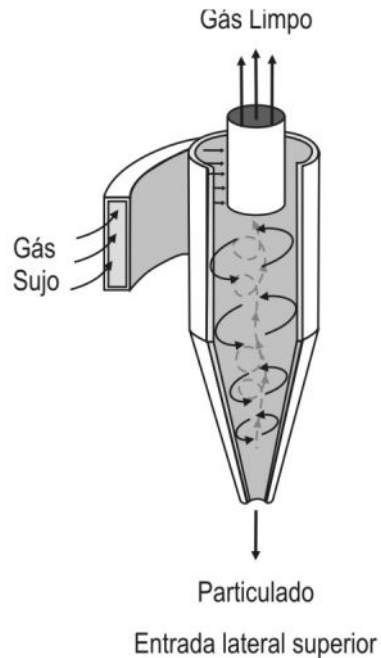
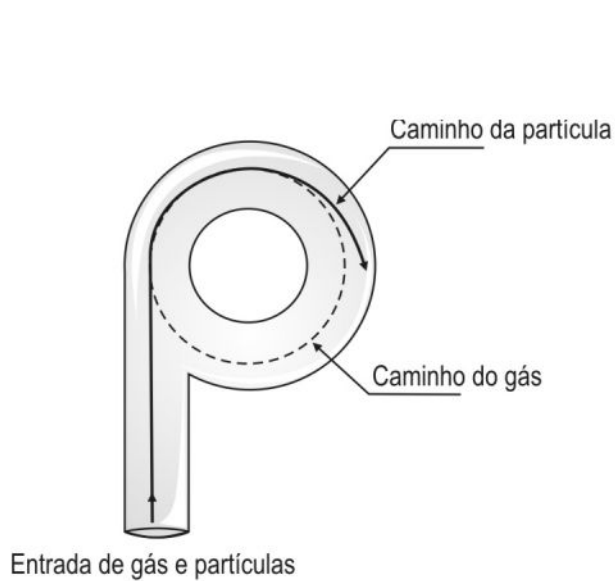
Emisiones y sistemas tratamiento de humos

Ciclones:

- **Primer etapa** de limpieza, sin necesidad de enfriar lo humos
- Diversas aplicaciones de **presión y temp.**
- Partículas grandes. **Mayor a 10 μ m**
- Diseño: **velocidad y geometría**
- Cuanto **menor diámetro** mayor eficiencia



Emisiones y sistemas tratamiento de humos

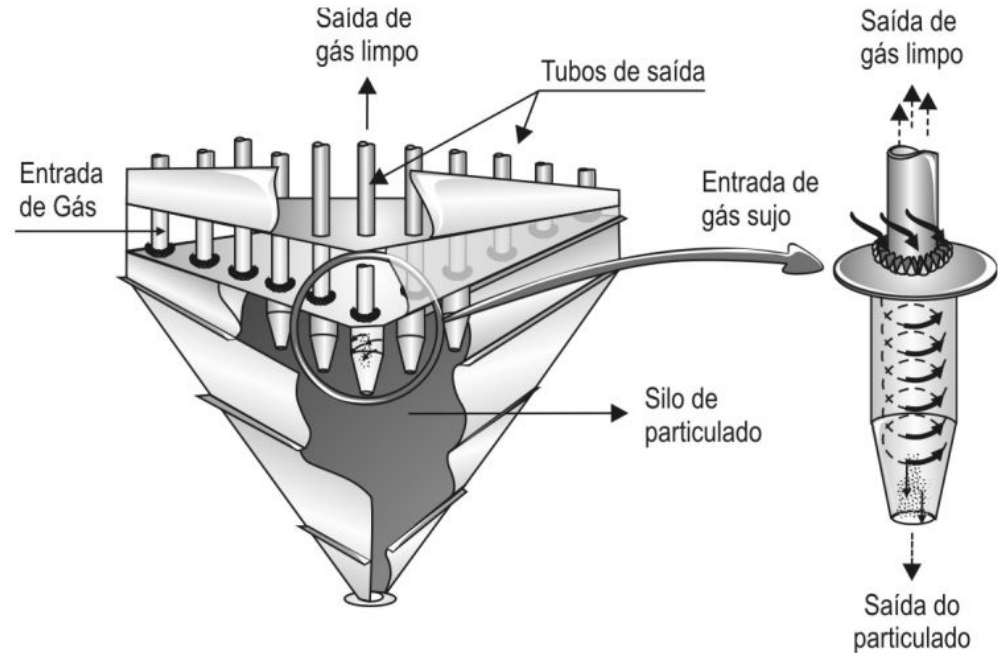


Emisiones y sistemas tratamiento de humos

Multiciclón:

Ciclones en paralelo para minimizar la pérdida de carga y aumentar la eficiencia

En serie cuando las partículas son de tamaños muy diversos



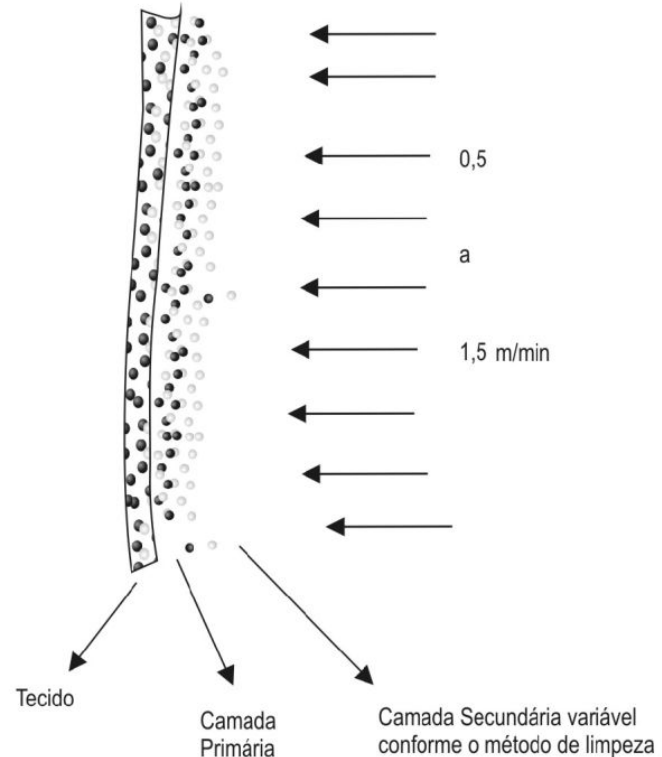
Emisiones y sistemas tratamiento de humos

Filtros:

Funciona por el **impacto** de las partículas en una malla o estructura porosa.

Velocidades **bajas**

Filtro de mangas es el más común



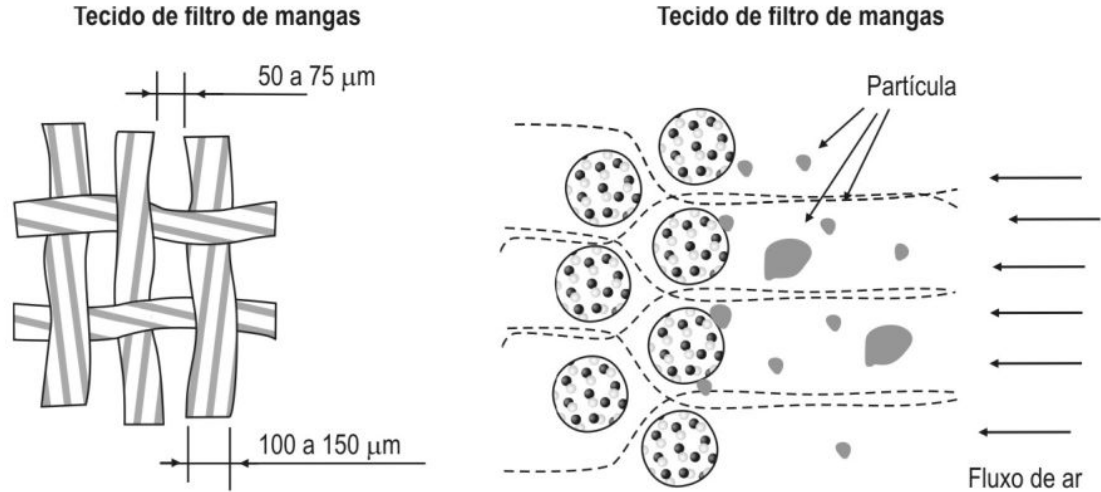
Emisiones y sistemas tratamiento de humos

Filtros de mangas:

Elemento tubular de tejido filtrante (teflón o fibra de vidrio).

Se acumula una **capa de partículas** que debe ser retirada (**aumento de pérdida de carga**)

Tres medios filtrantes: **tejido**, **capa impregnada** de partículas, **capa secundaria** de material a filtrar. Puede filtrar **hasta 1 μ m**

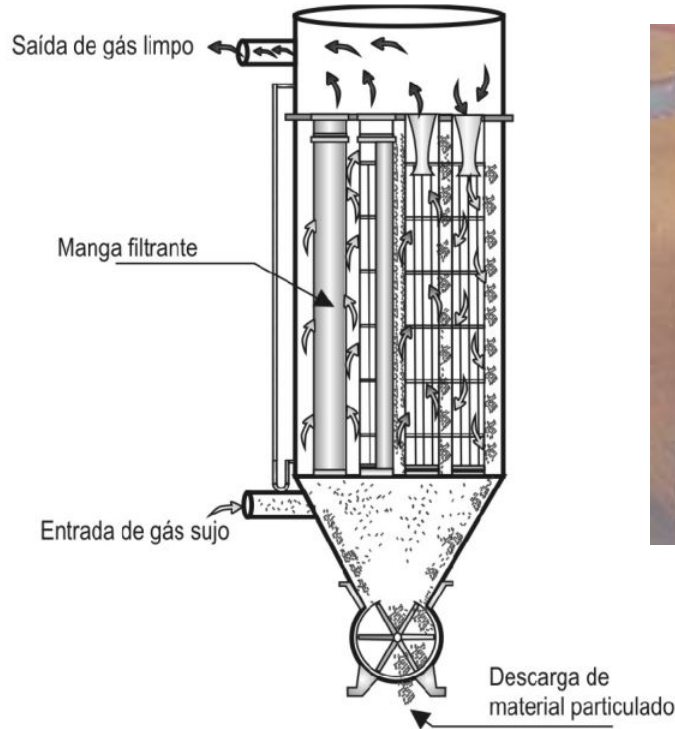


Emisiones y sistemas tratamiento de humos

Filtros de mangas:

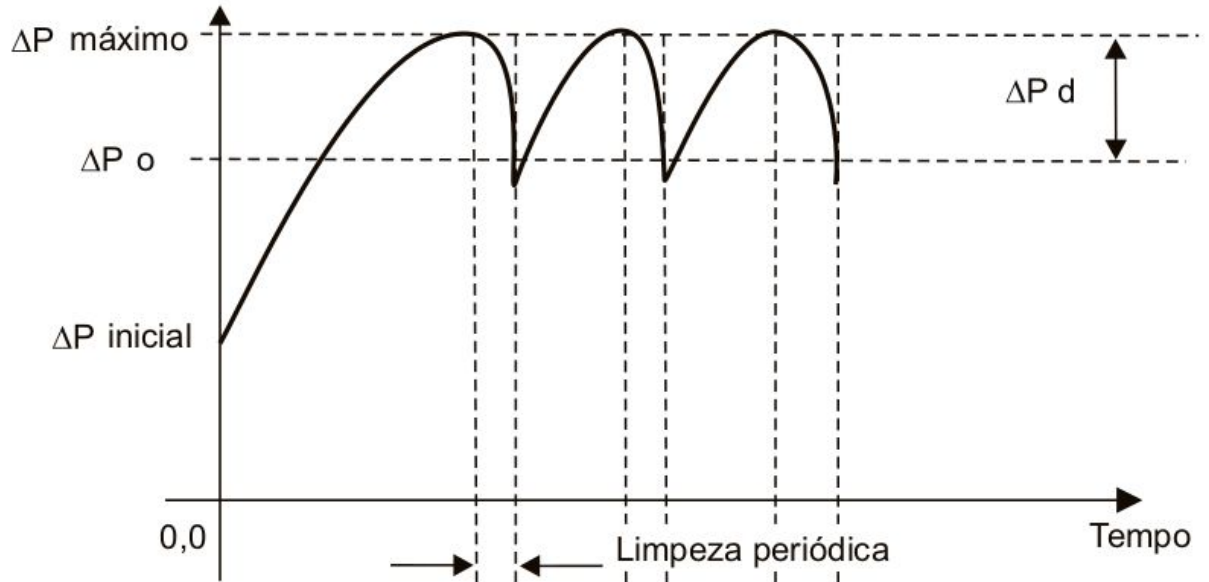
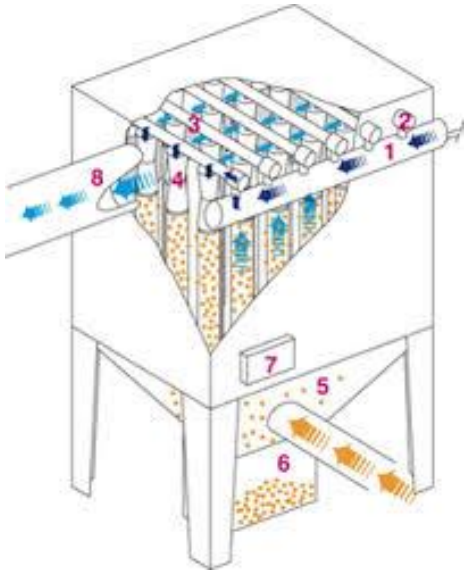
Varias mangas para aumentar la superficie de filtrado

Limpieza con aire comprimido



Emisiones y sistemas tratamiento de humos

Filtros de mangas: Limpieza

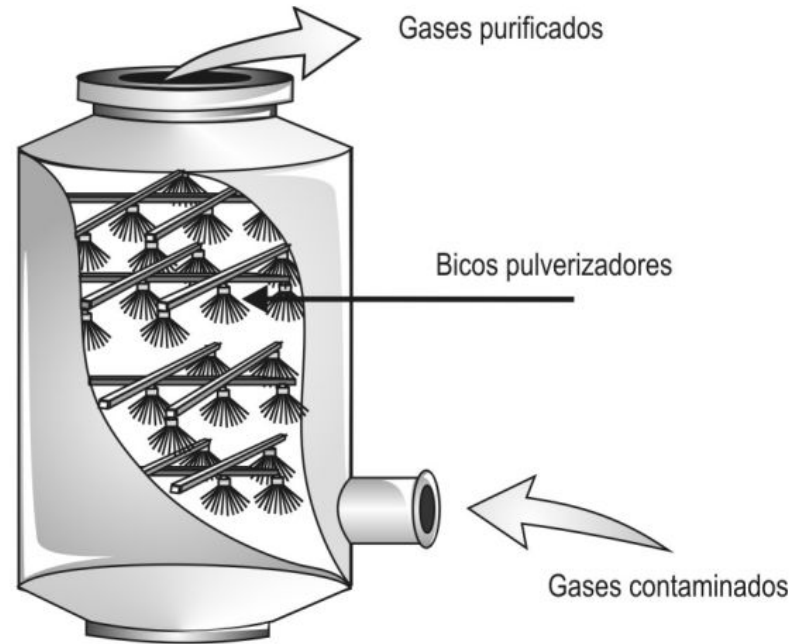


Emisiones y sistemas tratamiento de humos

Torre de lavado (scrubbers):

Lluvia de **gotas de agua** que adhieren partículas de entre **0,1 y 20 μ m**

Limpieza de gases ácidos (SO_2 , HCl, HF) utilizando reactivos alcalinos

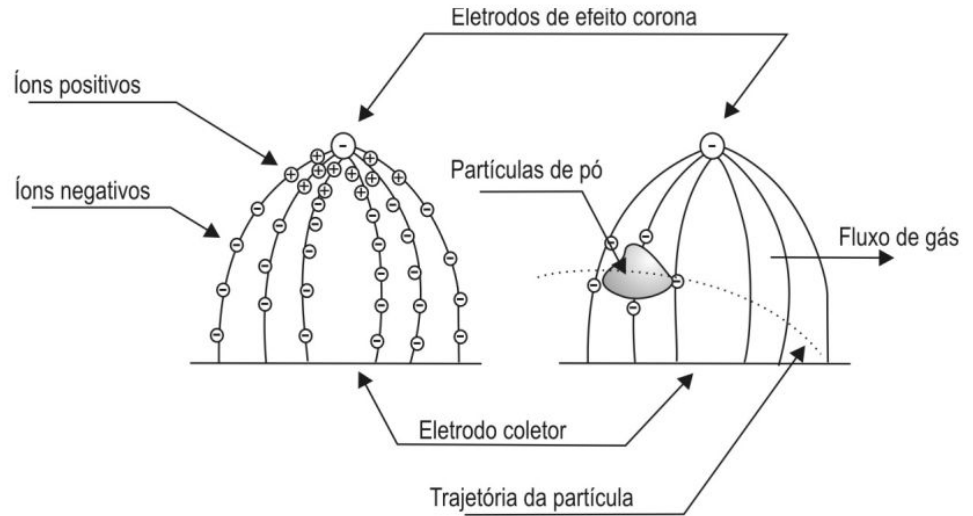


Emisiones y sistemas tratamiento de humos

Precipitadores electrostáticos:

Tres etapas:

1. Cargar eléctricamente las partículas
2. Recolectar las partículas
3. Limpiar las placas

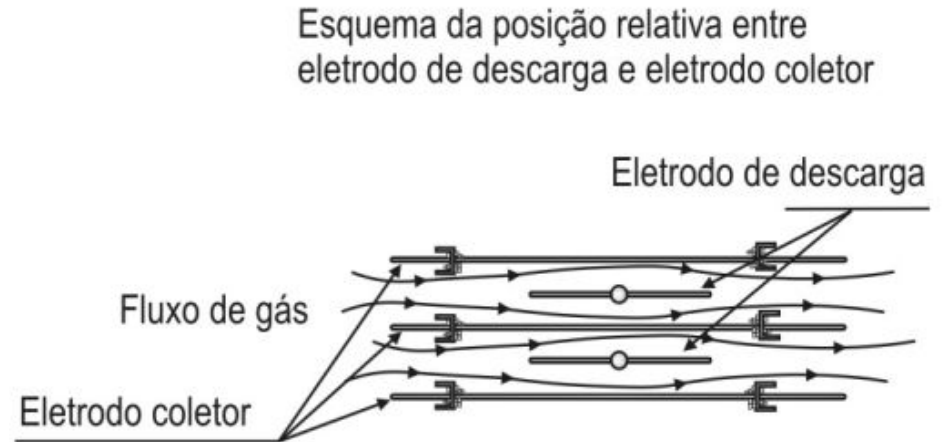



Campo eléctrico no uniforme generado por dos electrodos (descarga y colecta), corriente continua, 25 a 40 kV.

Emisiones y sistemas tratamiento de humos

Precipitadores electrostáticos:

- 99% de eficiencia
- Partículas pequeñas
- Captura de partículas secas y húmedas
- Pérdida de presión baja
- $T < 480^{\circ}\text{C}$
- Voluminosos
- Costo inicial elevado





Curso de Tecnología y Utilización de Gases Combustibles - 2024

