



# CALDERAS PARA BIOMASA

Eduardo León, Ingeniería Agrest



# UTILIZACION DE BIOMASA CON FINES ENERGETICOS



- Dentro de las energías renovables, la biomasa (conjuntamente con los emprendimientos hidroeléctricos de mediana y gran escala y la energía eólica) es una de las que presenta mayores posibilidades técnico – económicas, al estado actual de la tecnología
  - La biomasa es un captador, transformador y acumulador de energía solar. La posibilidad de acumulación en forma de energía química en su masa, puede hacer coincidir la generación con la demanda, a diferencia de la energía solar directa.
  - La biomasa utilizada con fines energéticos disminuye la emisión de gases de efecto invernadero, si reemplaza a combustibles fósiles, y al menos neutra, si se utiliza como expansión energética
  - La utilización de residuos o subproductos sin valor comercial es especialmente adecuada:
    - no requieren utilización adicional de suelo
    - su empleo con fines energéticos disminuye la generación de gases de efecto invernadero, pues si no se utilizaran:
      - + se quemarían en forma incontrolada, generando además incombustos contaminantes de efecto local
      - + se degradarían (biodegradación), generando tanto o más gases de efecto invernadero
- \* La utilización de biomasa, y en especial de residuos o subproductos de bajo o nulo valor comercial, es especialmente aplicable en Argentina, con una muy fuerte agro industria y foresto industria.

# BARRERAS PARA EL USOS DE BIOMASA

- **“Propende” a la desertificación: está claramente demostrado que no es la utilización con fines energéticos lo que tiende a la deforestación sino la ampliación de las fronteras agrícolas y las utilizations no energéticas (papel, madera para construcción, etc.).**
- **De todas formas, la utilización de biomasa con fines energéticos debe contemplar la reforestación y/o el empleo de residuos o subproductos no valorizados**
- **Supuesta emisión mayor de contaminantes sólidos y gaseosos. Esto es solamente válido con tecnologías no adecuadas u obsoletas y con quema o incineración incontrolada. Las tecnologías actuales de utilización de biomasa (y sus sistemas de depuración posterior) hacen estas tecnologías tan amigables como la que más.**
- **Las emisiones finales de biomasa serán menores y menos contaminantes que, por ejemplo, la utilización de carbón mineral y de muchos combustibles fósiles, con azufre y otros contaminantes en su composición, frente a las cenizas alcalinas de la biomasa.**

# PRINCIPALES PRODUCTOS DE BIOMASA DISPONIBLES EN ARGENTINA



- **Residuos forestales:** ramas, tocones, sectores no aprovechados del fuste, especies o individuos sin utilización comercial, que quedan en el monte
- **Residuos foresto – industriales:** costaneros, corteza, aserrín, virutas. Residuos de los procesos de elaboración de aserraderos
- **Residuos agrícolas:** pajillas, marlos, etc., que quedan en el campo luego de la cosecha. Y que pueden o no ser utilizados, en función del manejo del campo
- **Residuos agro industriales:** por ejemplo:
  - + cáscaras (girasol, algodón, maní, soja) en la industria de aceite vegetal
  - + cáscara de arroz en las procesadoras de ese producto
  - + orujo de oliva y de uva
  - + bagazo y residuos agrícolas de cosecha en la industria azucarera
  - + polvo de lijado y recortes en la fábrica de tableros de madera
  - + desmote de algodón
- **Residuos de la industria de celulosa:** licor negro, corteza, chips
- **Plantaciones energéticas de rápido crecimiento:** eucaliptos, álamos, sauces, cardos, pasto elefante, etc.

# DIFERENTES ESTADOS FÍSICOS DE LA BIOMASA



+ sólidos: como leña, aserrín , cáscaras, etc.

+ líquidos: biodiesel, bioetanol, alquitranes,  
aceites

+ gaseosos: derivados de procesos de pirólisis  
(carbonización) y gasificación

# Biomasa sólida de tamaño grande



- **pila:** es una de las formas más primitivas y los rendimientos esperados son bajos
- **grilla plana:** es una mejora respecto del anterior, al poder dosificarse mejor el aire, pero igualmente no deben esperarse combustiones con bajo exceso de aire ni con muy alto grado de completación
- **grilla inclinada:** con o sin zona de secado (con zona de secado para biomasa húmeda); con o sin aire secundario/terciario inyectado por arriba de la grilla: los diseños con aire secundario o terciario tienen en general mejores rendimientos y más alto de completación de la combustión
- **grilla móvil, tipo “travelling grate”,** que descarga la ceniza en el extremo de su trayectoria
- **gasificación y posterior combustión en el hogar de la caldera (o en un hogar especial):** si este sistema tiene un diseño correcto, se logran altos rendimientos, bajos excesos de aire y altísimo grado de completación de la combustión

# Para biomasa sólida de pequeño tamaño



- **Grilla plana o inclinada, con las mismas prestaciones y limitaciones de lo indicado para biomasa de tamaño grande. El problema adicional es que las partículas de menor tamaño escapan del campo de llama, generando incombustos sólidos (carbonilla).**
- **Grilla vibrante con o sin refrigeración (“vibrating hydrograte”): sin bien puede lograrse una mejor extracción de las cenizas, permanecen los riesgos de formación de carbonilla**
- **Lecho fluidizado: ya sea del tipo circulante (CFB) o burbujeante (BFB), donde la biomasa se quema dentro de un lecho fluido, formado también por un elemento inerte (en el caso de carbón mineral, con productos que reaccionan con determinados elementos, como el azufre, disminuyendo las emisiones contaminantes). Se trata de diseños sumamente adecuados, sin están correctamente diseñados, pero de muy elevado costo**
- **En sustentación aerodinámica: en quemadores del tipo utilizado para carbón pulverizado (con la dificultad de tener que moler el combustible a tamaños muy pequeños, del orden de 200 micrones) o del tipo de cámaras torsionales (donde para combustibles de hasta 35% de humedad se logran muy buenos resultados)**

# Productos o subproductos de biomasa en estado líquido



- Distintos subproductos líquidos de biomasa, adecuadamente tratados pueden reemplazar, en muchos casos ventajosamente desde el punto de vista técnico y ambiental, a los combustibles líquidos fósiles.
- Así sucede, por ejemplo, con el alcohol proveniente de la caña de azúcar, con enorme éxito en Brasil y en otros países y con enormes ventajas energéticas (aprox. 1 unidad de energía gastada por cada 8 unidades producidas)
- También etanol producido a partir del maíz (o de sorgo), pero cuyo balance energético no es bueno (1 a 1 o menos).
- Otra posibilidad en desarrollo es el denominado “biodiesel”, combustible obtenido a partir de aceites vegetales, como los de soja, girasol o palma, para utilizar en motores de combustión en reemplazo parcial o total de gas oil (relación de energía aprox. 1 a 3)
- Técnicamente está ampliamente comprobada la factibilidad de adopción de estos combustibles provenientes de la biomasa con por lo menos iguales prestaciones que los combustibles fósiles.
- En muchos casos se presentan también ventajas frente a emisiones de contaminantes cuando se utilizan estos combustibles en reemplazo de los combustibles líquidos fósiles.
- Respecto de las emisiones con efecto invernadero, la utilización de biomasa en reemplazo de las fuentes tradicionales representa siempre un beneficio



# Combustibles gaseosos provenientes de la biomasa, para sistemas de combustión externa

- **Gases de pirólisis o carbonización:** durante este proceso, en general utilizado para la producción de carbón vegetal, se genera una importante cantidad de gases combustibles producto de los compuestos volátiles que conforman la madera. Estos gases pueden utilizarse perfectamente en hornos, calderas, secaderos, etc., obviamente en los mismos lugares donde se produce la carbonización.
- **Gasógenos para sistemas de combustión externa:** calderas, hornos, secadoras, etc. Si además de utilizar los gases provenientes de la pirólisis al carbón residual se lo oxida parcialmente (en realidad el proceso es primero una oxidación o combustión total y luego una reducción) se obtiene adicionalmente monóxido de carbono (CO) en los gases de salida, que son también combustibles. Es decir, el proceso de gasificación convierte la biomasa sólida en un gas de bajo poder calorífico (además de los gases combustibles también hay nitrógeno del aire de gasificación, vapor de agua del secado de la biomasa y otros inertes de la pirólisis) que puede utilizar en quemadores especiales, en reemplazo de combustibles fósiles, en calderas, hornos, etc., obteniendo muy altos rendimientos de conversión y mínima contaminación. Una parte importante de las cenizas que forman parte de la composición de la biomasa se extraen por la parte inferior del gasógeno.

# Combustibles gaseosos provenientes de la biomasa, para sistemas de combustión interna



- **Gasógenos para motores de combustión interna:** en teoría estos mismos gases podrían utilizarse como combustible en los motores alternativos de combustión interna, pero presentan dos limitaciones: los alquitranes que se forman en la pirólisis, que ensucian y obstruyen los cilindros, y las partículas sólidas (principalmente cenizas) que arrastran los gases y que producen desgastes indeseados. Respecto de los alquitranes, se han diseñado sistemas de gasificación que hacen pasar los gases de pirólisis por la zona de combustión, produciendo el crackeo y descomposición de los mismos. Las cenizas y otras partículas arrastradas se depuran mediante filtros. En general, los gases de salida de estos gasógenos son enfriados para condensar alquitranes residuales y filtrar a menor temperatura, lo que implica una disminución de su rendimiento.
- **Gasógenos para turbinas de gas:** si se implementara un sistema de gasificación cuyos gases de salida pudieran utilizarse en una turbina de gas, conformando luego un ciclo combinado, el rendimiento de transformación de la energía química de la biomasa a energía eléctrica sería muy elevado y se utilizaría mucho menor masa para obtener el mismo resultado. Actualmente están en desarrollo sistemas de gasificación, principalmente en lecho fluidizado, y por supuesto de depuración de los gases de salida, para que puedan utilizarse en turbinas de gas, conformando lo que se llama BIGCC (Biomass Integral Gasification Combined Cycle).

# POSIBILIDADES DE LA BIOMASA



## Como sustitución de combustibles fósiles para usos térmicos:

- con residuos agro-industriales o foresto-industriales: es factible si existe un tiempo razonable de utilización anual. Ejemplos de esta utilización son las industrias azucareras y aceiteras que utilizan sus residuos (bagazo y cáscaras) para la generación del vapor que necesita el proceso y la industria maderera que utiliza sus residuos (aserrín, corteza, viruta y costaneros) para el calor necesario en el proceso de secado.
- con leña y/o cultivos energéticos: principalmente en zonas donde no existe suministro de gas natural por redes. Este es el caso principalmente de las Provincias de la Mesopotamia, Chaco, Formosa y Norte de Santa Fe
- Aunque ahora, con la disminución de los subsidios energéticos, se hace interesante en todas las zonas cercanas a los cultivos energéticos

## Utilización de biomasa para generación de energía eléctrica o mecánica:

- con residuos agro-industriales o foresto-industriales: es económicamente rentable únicamente para abastecer el consumo propio de energía eléctrica y si existe en forma simultánea un importante uso vapor (sistemas de cogeneración por turbovapor) y gran número de horas anuales de funcionamiento. Ejemplos de estas utilidades son nuevamente la industria azucarera, algunas industrias aceiteras y de la producción de celulosa

# EJEMPLO INDUSTRIA ACEITERA



## 1. Precios de los Combustibles.

Combustible	Precio	Poder Calorífico Inferior
Gas Natural	170 U\$\$/dam <sup>3</sup>	8400 kcal/m <sup>3</sup>
Fuel Oil	400 U\$\$/Ton	9700 kcal/kg
Cáscara de girasol	20 U\$\$/Ton	3800 kcal/kg
Chips (52% humedad)	30 U\$\$/Ton + 5 U\$\$/Ton	1800 kcal/kg

## 2. Precios de la Energía eléctrica.

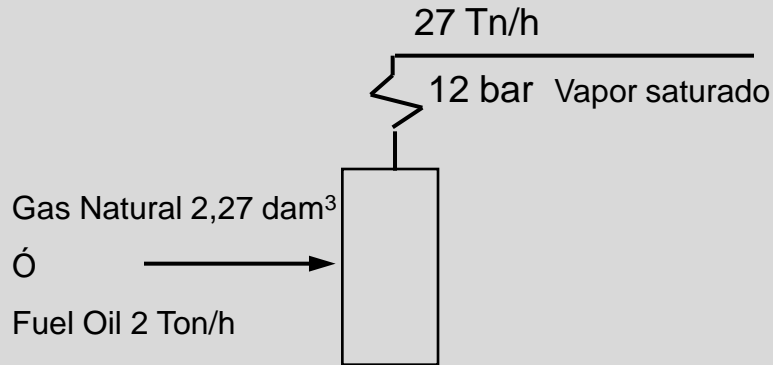
- *Compra*      80 U\$\$/MWh

# UTILIZACIÓN DE CÁSCARA DE GIRASOL

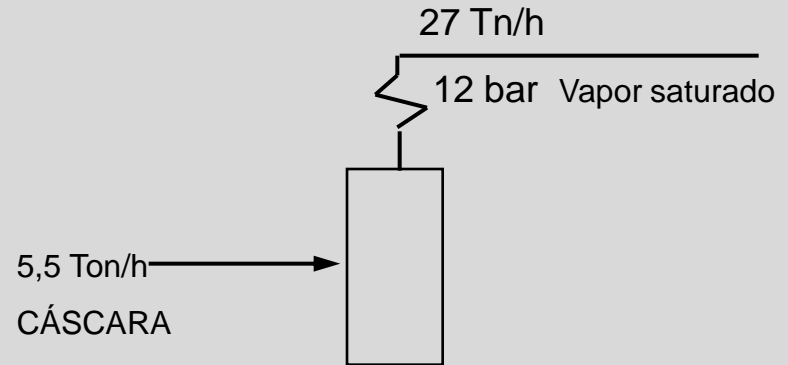


## A- Para Vapor de Baja Presión para Procesos.

CICLO BASE



CON USO DE CÁSCARA



Considerando:

- 6000 h/año de uso de Gas Natural.
  - 2000 h/año de uso de Fuel Oil.
- } • 8000 h/año de uso de cáscara

→ **BENEFICIO: aprox. 2.300.000 u\$s/año**

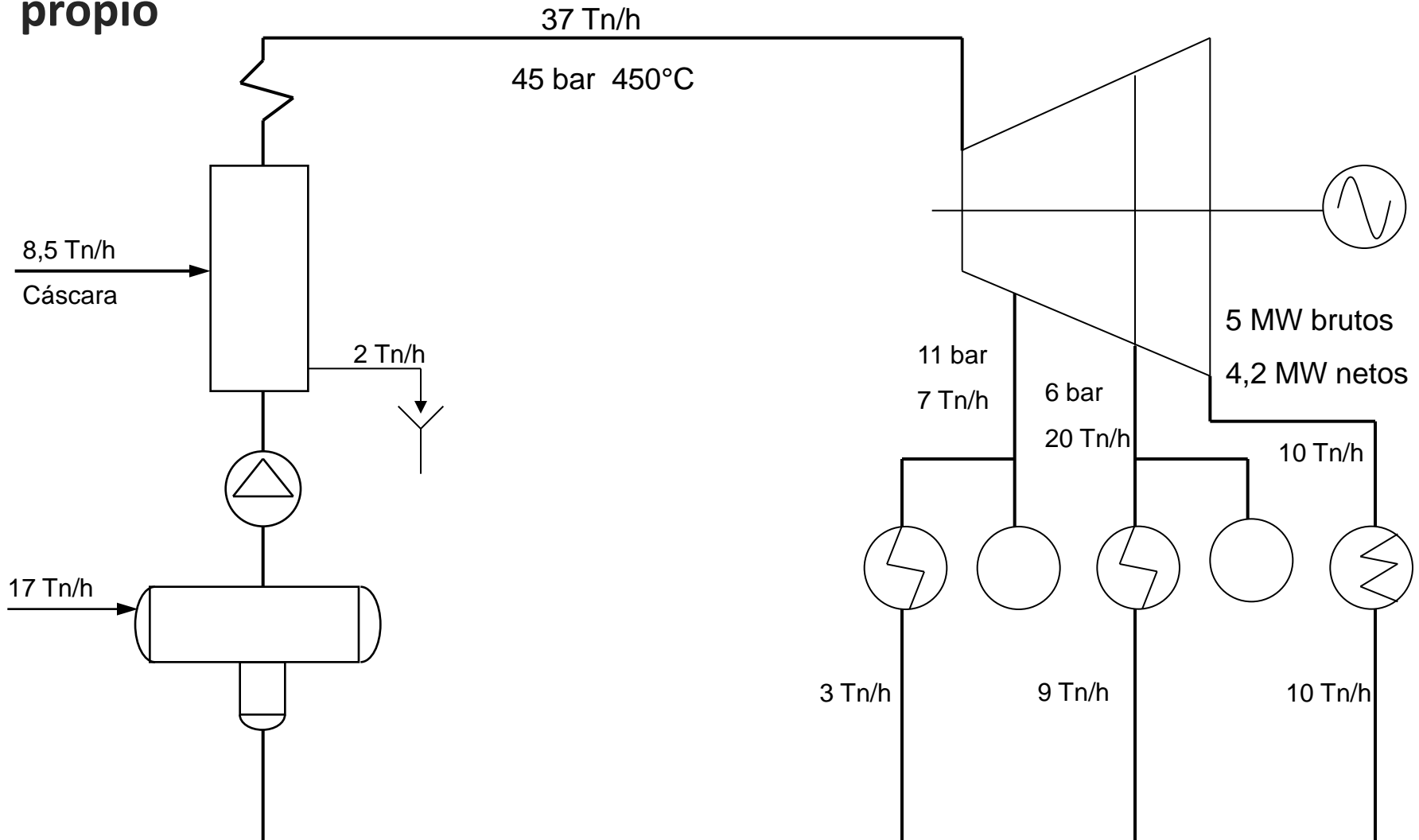
**INVERSIÓN :** - Caldera Humotubular = 3.500.000 u\$s

- Caldera Acuotubular = 5.500.000 u\$s

# UTILIZACIÓN DE CÁSCARA DE GIRASOL



## Vapor a proceso con energía eléctrica para consumo propio

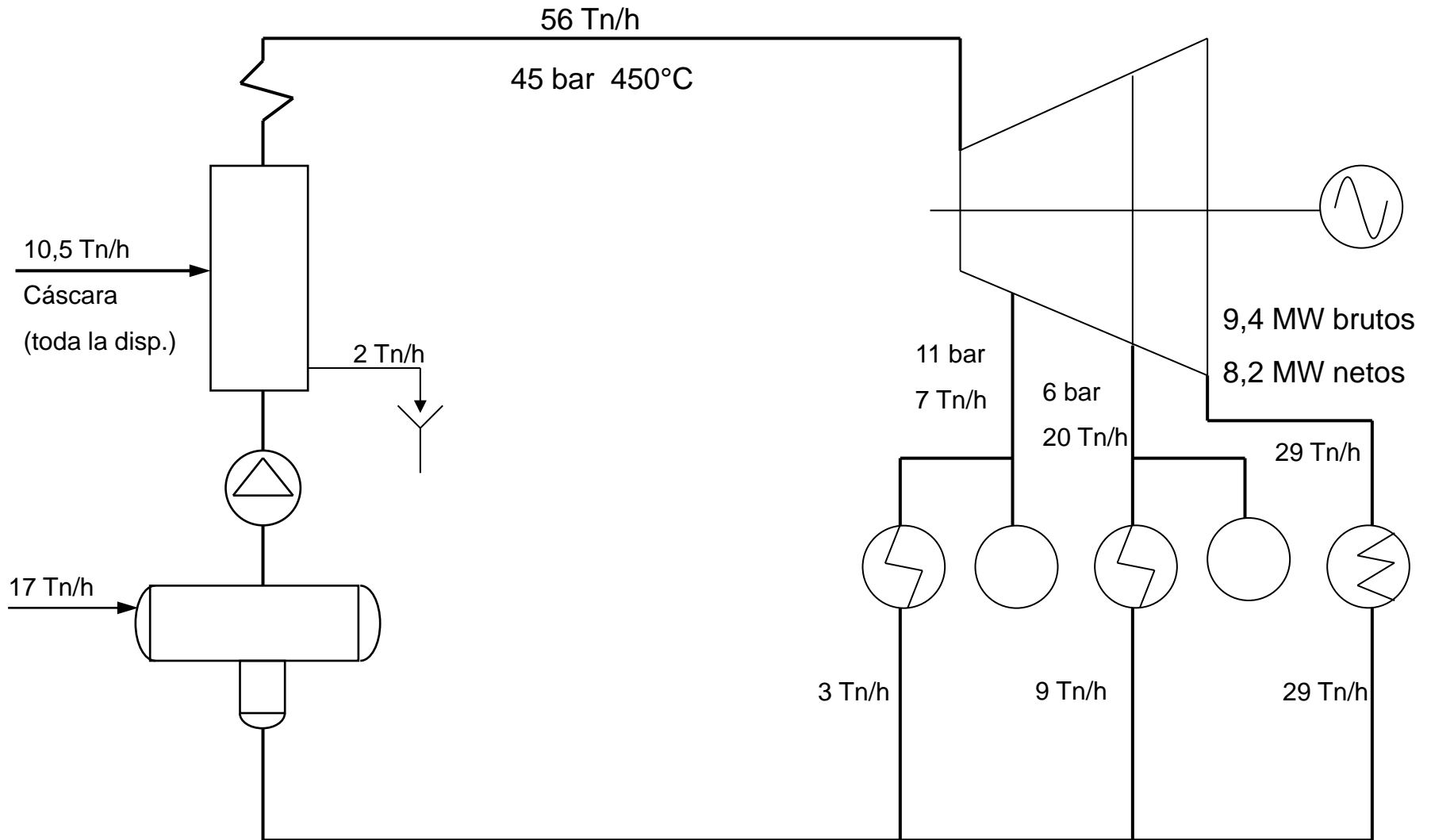


*Beneficios = 5.600.000 u\$s/año (aprox.)*

*Inversión = 15.000.000 u\$s (aprox.)*

# UTILIZACIÓN DE CÁSCARA DE GIRASOL

## Vapor a proceso con energía eléctrica para venta a la red



*Beneficios = 6.700.000 u\$s/año (aprox.)*

*Inversión = 22.000.000 u\$s (aprox.)*

# UTILIZACIÓN DE CHIPS COMO COMBUSTIBLE



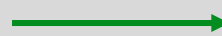
## 1. Comparación de precios a igualdad de Energía.

35 u\$s/Ton Chips



165 u\$s/m<sup>3</sup> Gas Natural

Equivalente a



190 u\$s/Ton Fuel Oil

## 2. Comparación con caldera nueva de 30 Tn/h – 12 bar – sat. (con precio GN = 210 U\$S/dam3)

Trabajando 2000 hs/año con chips en lugar de Fuel Oil (aprox. 2 ton/h FO)

Beneficios = 820.000 u\$s/año (aprox.)

Inversión = 3.500.000 u\$s (aprox.)

PBT simple = aprox. 4,3años

## 3. Comparación con adaptar caldera de 30 Tn/h – 12 bar – sat.

Beneficios = 820.000 u\$s/año (aprox.)

Inversión = 1.700.000 u\$s (aprox.)

PBT simple = aprox. 2,71años



# UTILIZACIÓN DE CHIPS COMO COMBUSTIBLE



Alternativa de caldera de alta presión (60 t/h – 40 bar – 400°C)

A- Con el precio del gas natural a 170 U\$\$/dam<sup>3</sup>, pero precio de venta con Programa Renovar de 115 U\$\$/MWH

- \* precio de una caldera para biomasa: aprox. 9,5 millones de U\$\$
- \* precio de una caldera para GN/FO: aprox. 4 millones de U\$\$
- \* inversión adicional: 5,5 millones de U\$\$

Ahorros considerando 1500 h/año de operación con fuel oil:

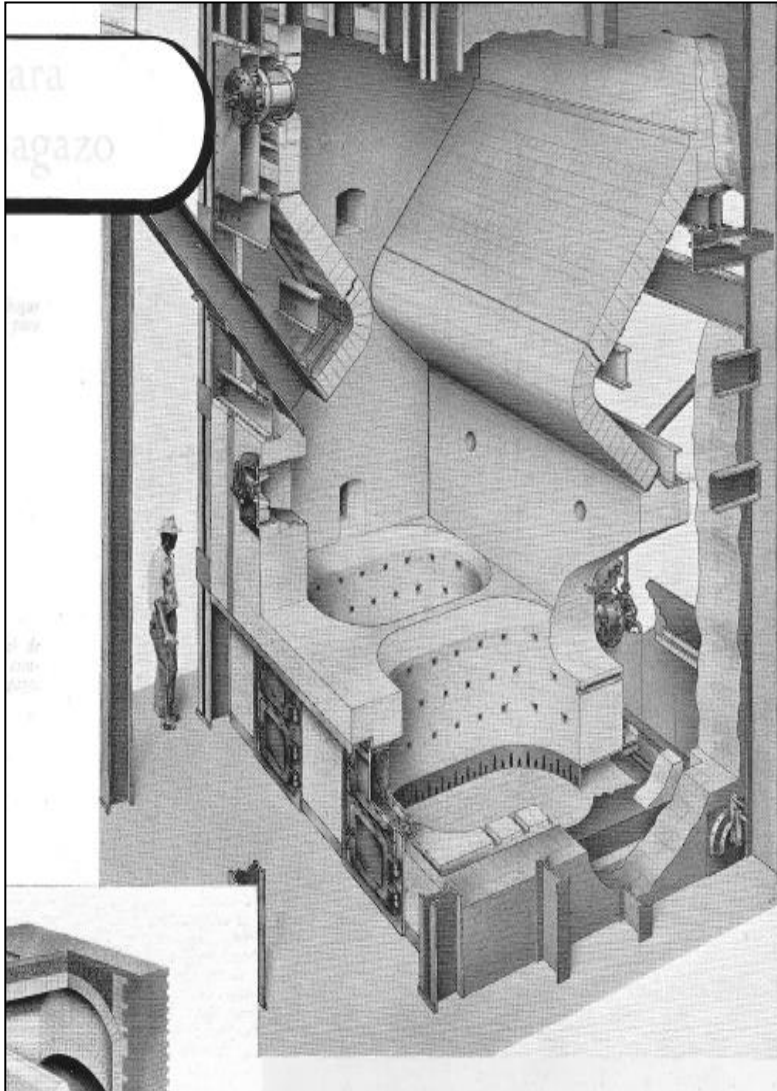
$4,3 \text{ tn/h} \times 210 \text{ U\$/ton} \times 1500 \text{ h/año} =$   
 $= \text{aprox. } 1.300.000 \text{ U\$/año}$

Beneficio por venta de energía a 115 U\$\$/MWh y compra a 80 U\$\$/MWH  
 $7 \text{ MW} \times 35 \times 8000 = 1.900.000 \text{ U\$/año}$

Total: aprox. 3.200.000 U\$\$/año

PBT simple: aprox. 2 años

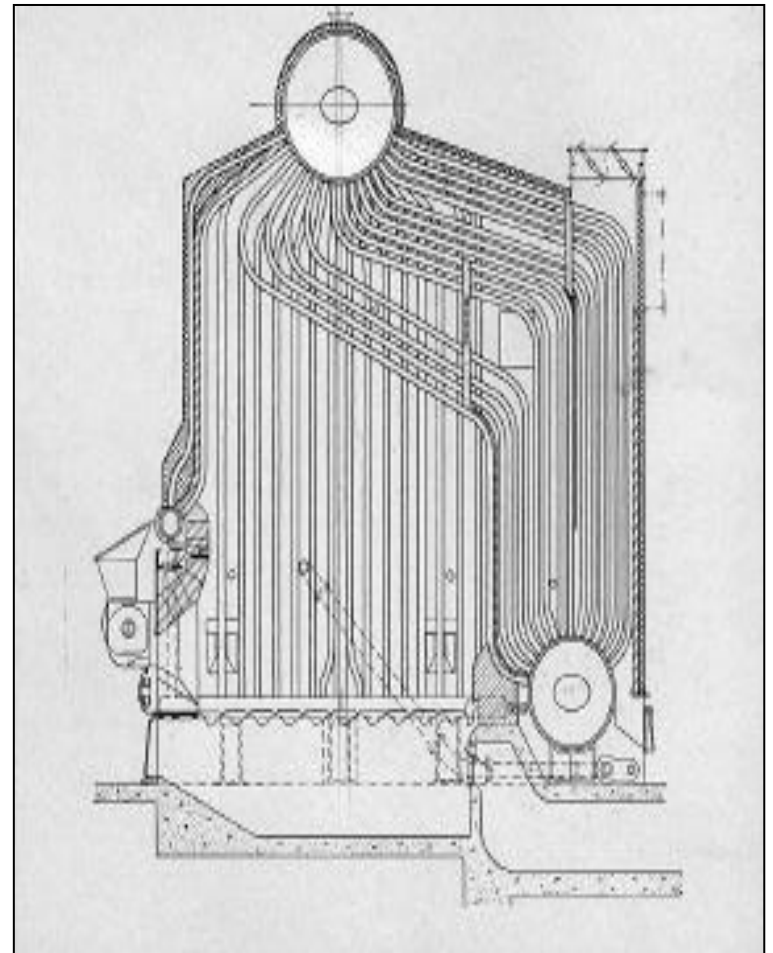
# CALDERA CON HORNO TIPO WARD



- Comúnmente utilizado en ingenios azucareros
- Horno refractario
- No se puede graduar la cantidad de aire combustible
- El material más fino no llega a quemarse totalmente

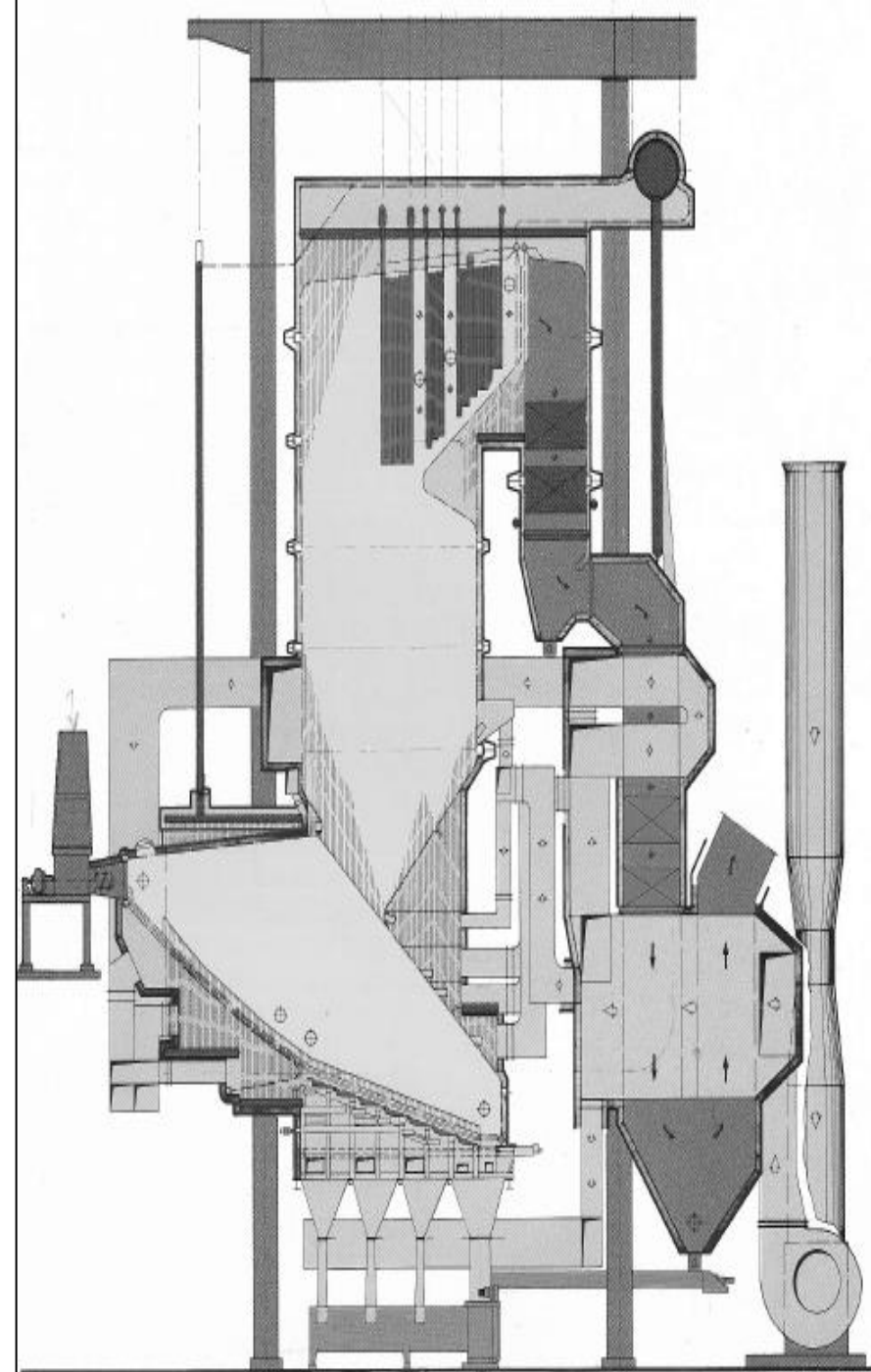
# CALDERA CON GRILLA PLANA

- Spreder stocker: alimentador que espere.
- Posee una válvula que regula el aire
- El combustible es esparcido en distintos puntos.
- El aire de combustión ingresa por debajo.
- Necesito que la distribución sea pareja.

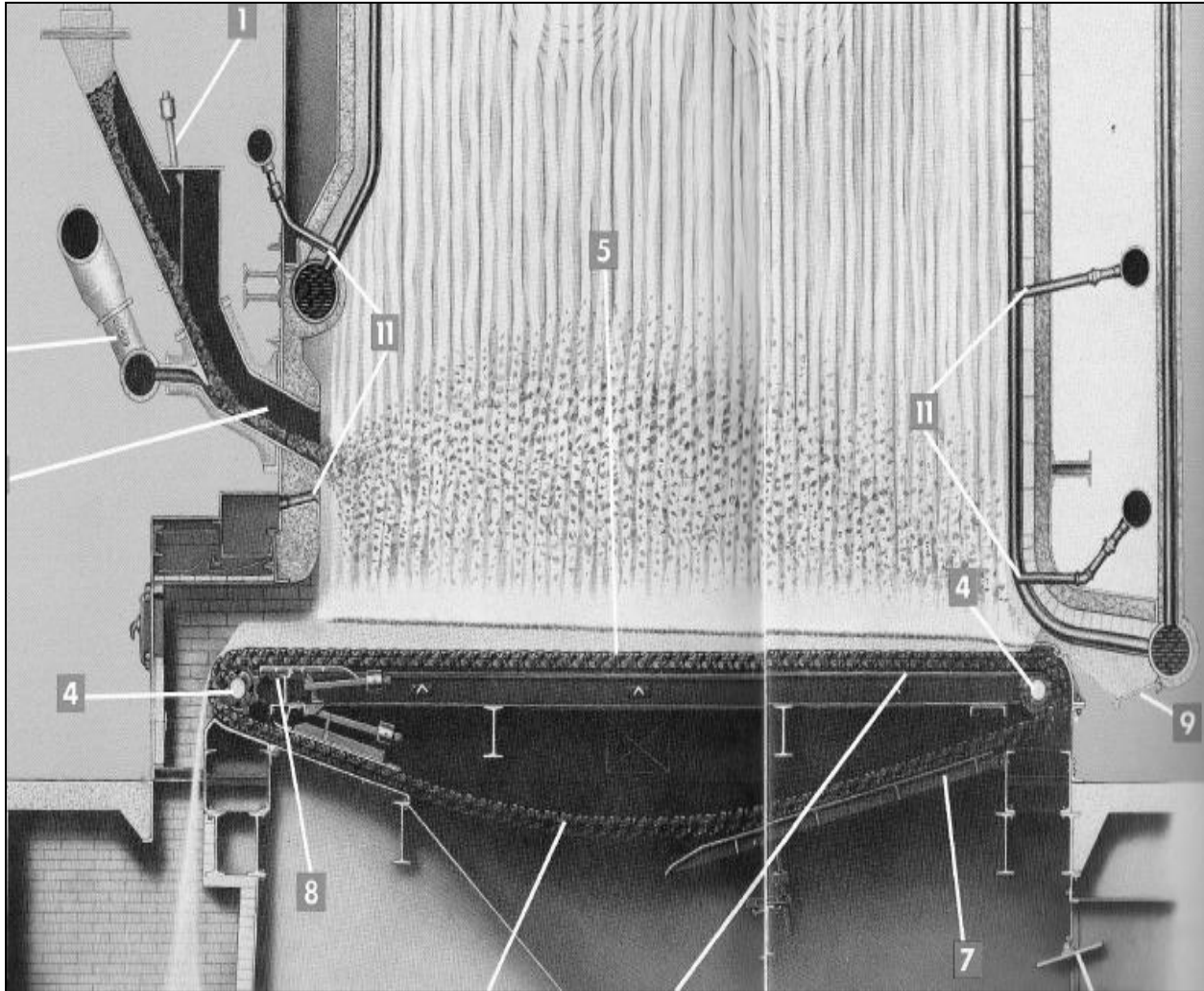


# CALDERA CON GRILLA INCLINADA

- La biomasa ingresa por arriba
- Cae por gravedad
- Útil para chips de madera

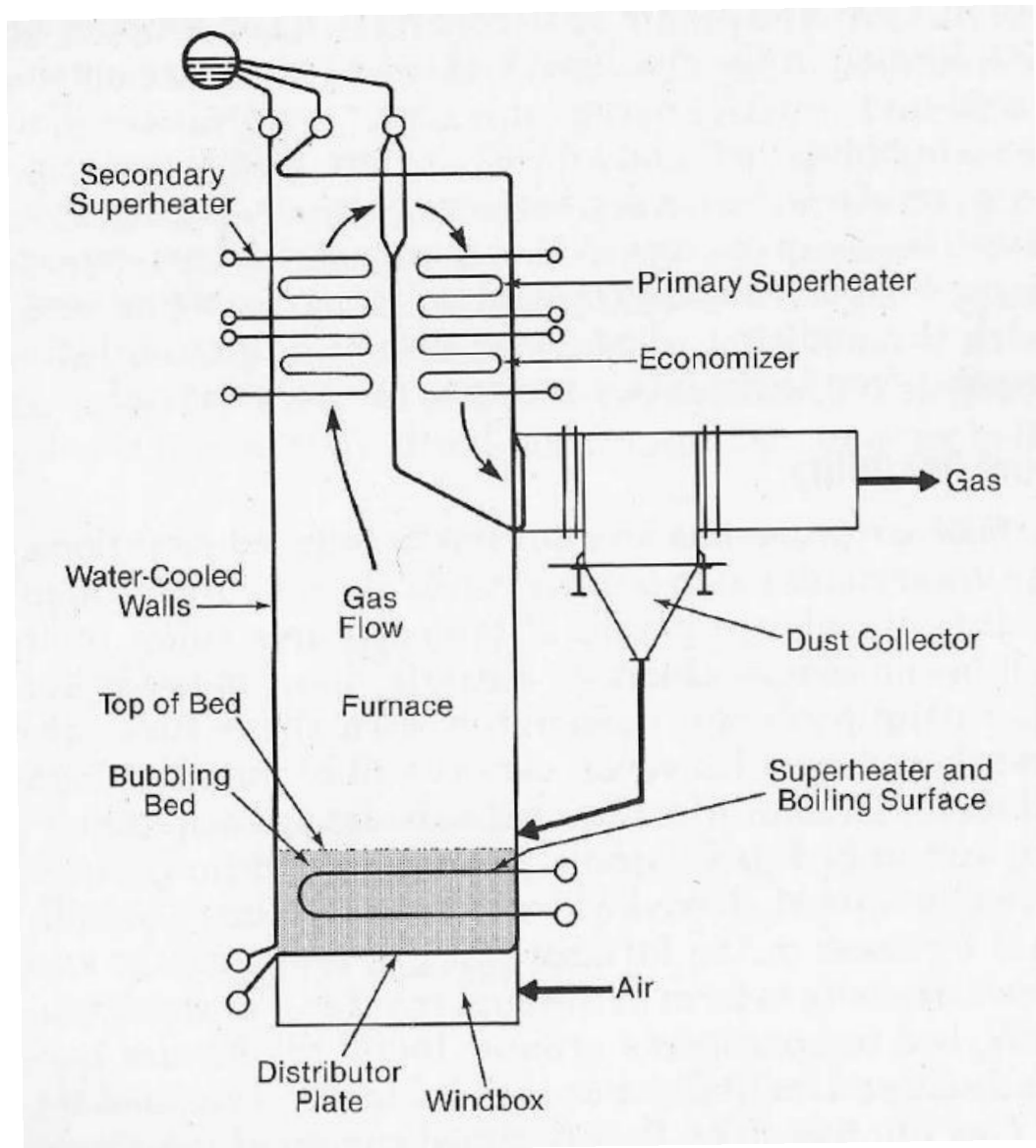


# CALDERA CON GRILLA VIAJERA



- Posee una grilla que se mueve
- Al finalizar el proceso va cayendo la ceniza

# CALDERA LECHO FLUIDIZADO BURBUJEANTE



- Se caracteriza por tener el combustible en suspensión.
- Combustible + material inerte.
- Aire por debajo.
- Se logra una temperatura de combustión más baja.

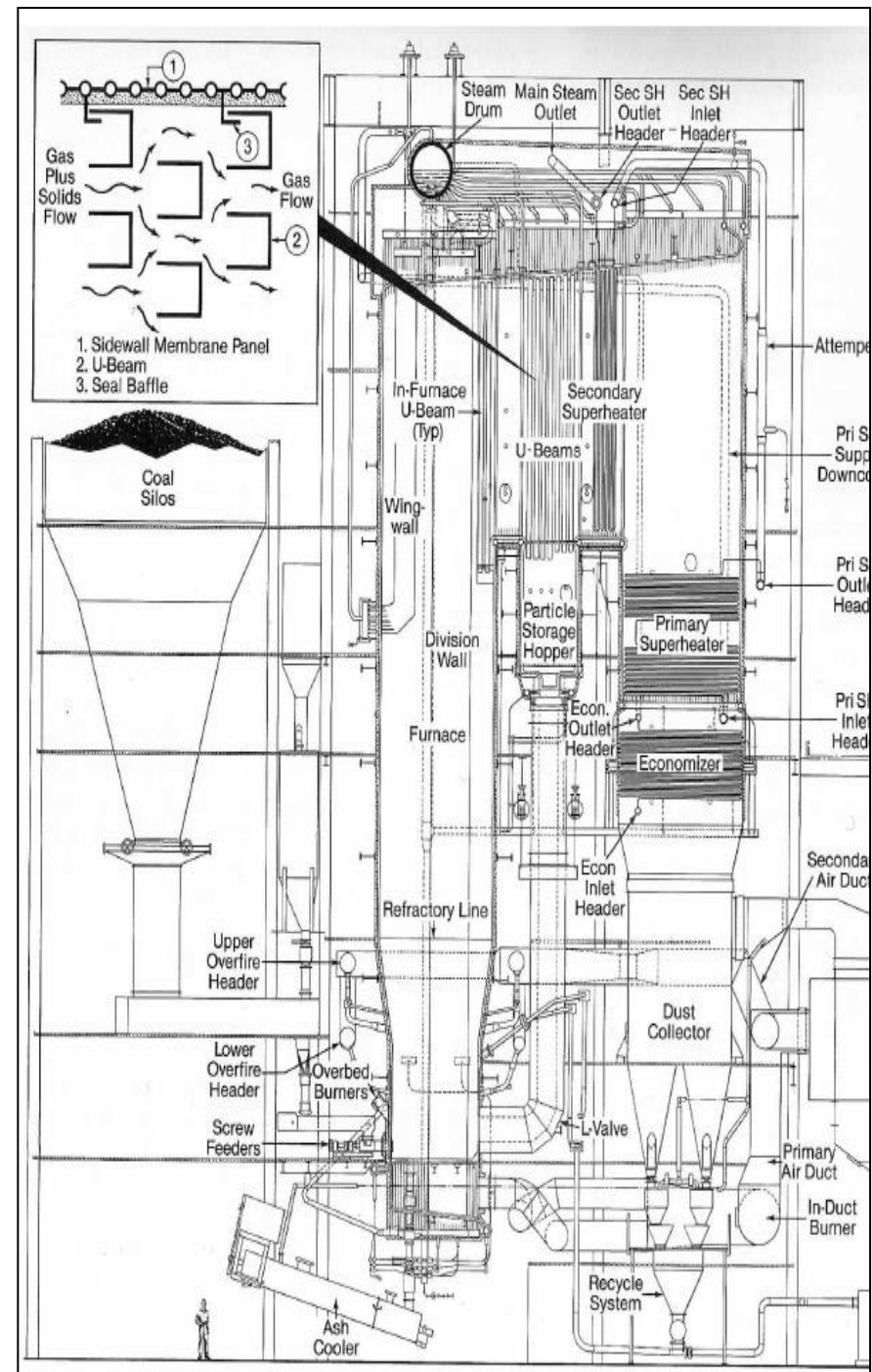
# CALDERA CON LECHO FLUIDIZADO CIRCULANTE

## Ventajas

- Se consiguen muy buenos resultados

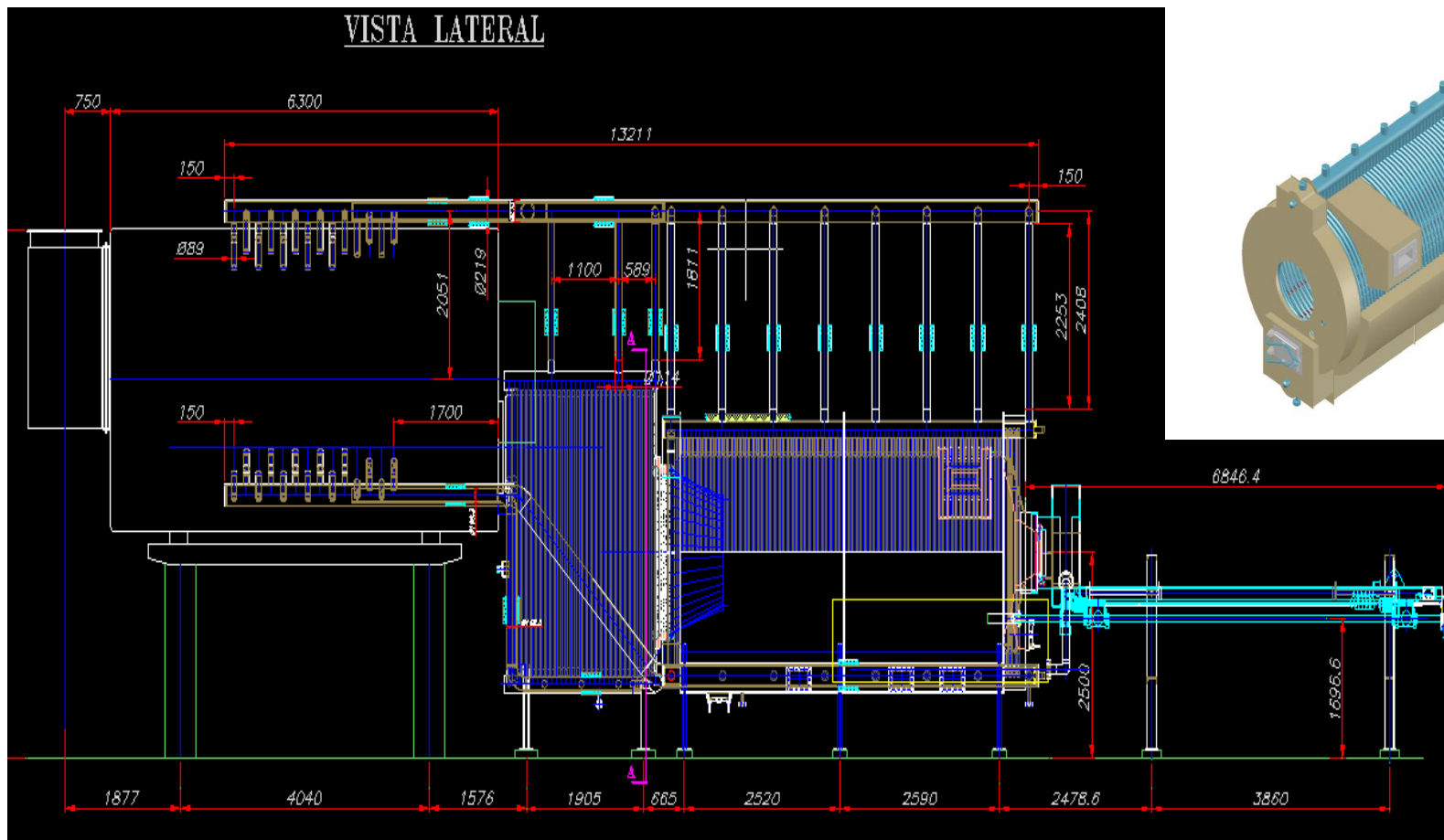
## Desventajas

- Son muy costosas



# CALDERA CON CÁMARA TORSIONAL

- Para quemar biomasa en suspensión aerodinámica
- Con humedades entre 30 a 35 %

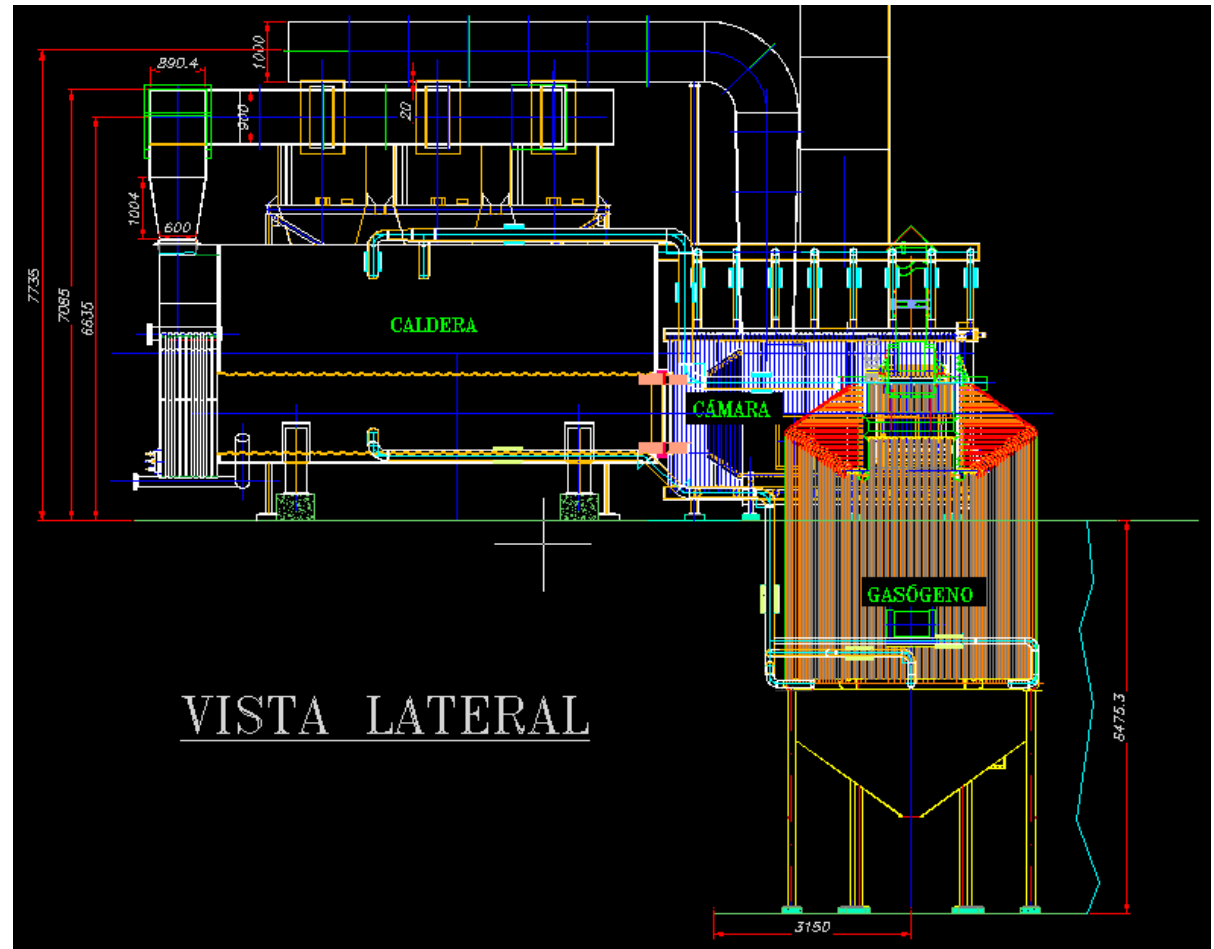




# CALDERA CON GASOGENO



- Convierte el combustible en gas
- Para partículas pequeñas o grandes
- Humedades de hasta el 50%





AGREST Ingeniería

Av. Belgrano 355 - Piso 13 - (C1092AAR)

Buenos Aires - Argentina

Tel/fax: **+54 (011) 4343-0844/4334-2866**

<http://www.agrestsrl.com/>

Eduardo León

[eleon@agrestsrl.com](mailto:eleon@agrestsrl.com)