



# **La co/combustión de biomasa en la generación de energía en la industria.**



**2025**

**Empresa de Ingeniería y Proyectos de la Electricidad**  
**Autor: Dr.C Abelardo Daniel Rodríguez Arias**

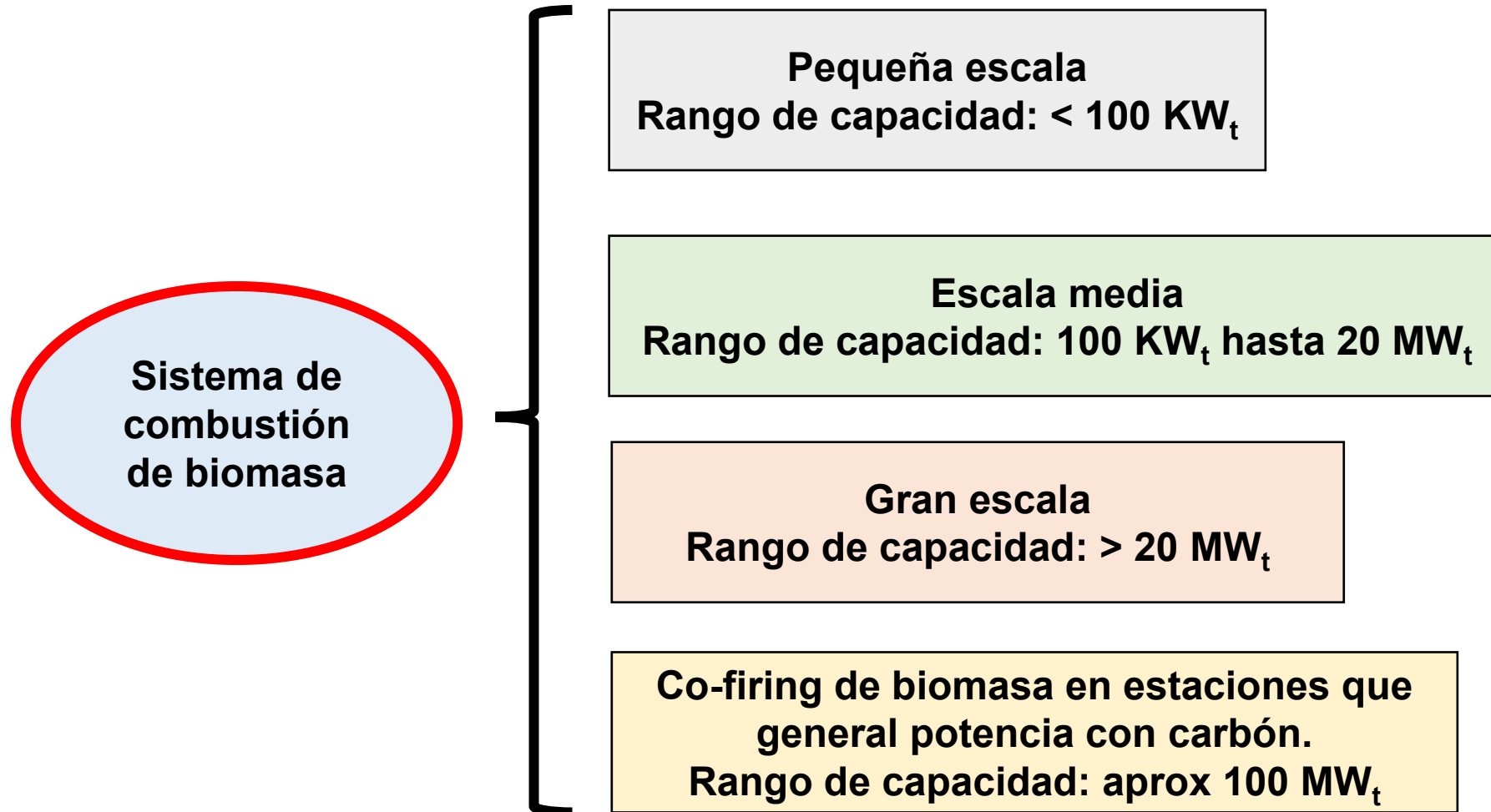
# Concepto de co-combustión

- El concepto de co-combustión surgió por primera vez en Estados Unidos y Europa durante los años 80.
- Se refiere a la combustión conjunta de dos combustibles diferentes en un mismo sistema de combustión. Inicialmente, se utilizó para describir el uso de biomasa o residuos sólidos, junto con carbón en centrales diseñadas para uso exclusivo de combustible fósil, reemplazando parte del combustible original.
- Actualmente, la co-combustión implica la utilización combinada de un combustible fósil y otro de diferente naturaleza (renovable o residual) en un sistema originalmente diseñado para un solo tipo de combustible fósil.

# ¿Por qué co/combustión?

- Hemos utilizado el concepto de co/combustión de residuos de biomasa, para definir la combustión simultánea de dos biomasas diferentes que se queman con tecnologías complementarias en el mismo recinto: la combustión pulverizada de biomasa seca y la combustión en lecho fijo de biomasa húmeda.
- La propuesta refleja una distinción técnica, subrayando un proceso diseñado para optimizar la termo-conversión de biomasas diferentes, relevante sobre todo en contextos como Cuba, donde la diversidad de biomasa disponible exige soluciones versátiles.

# Clasificación de las diferentes aplicaciones de combustión de biomasa de acuerdo al tamaño de las plantas



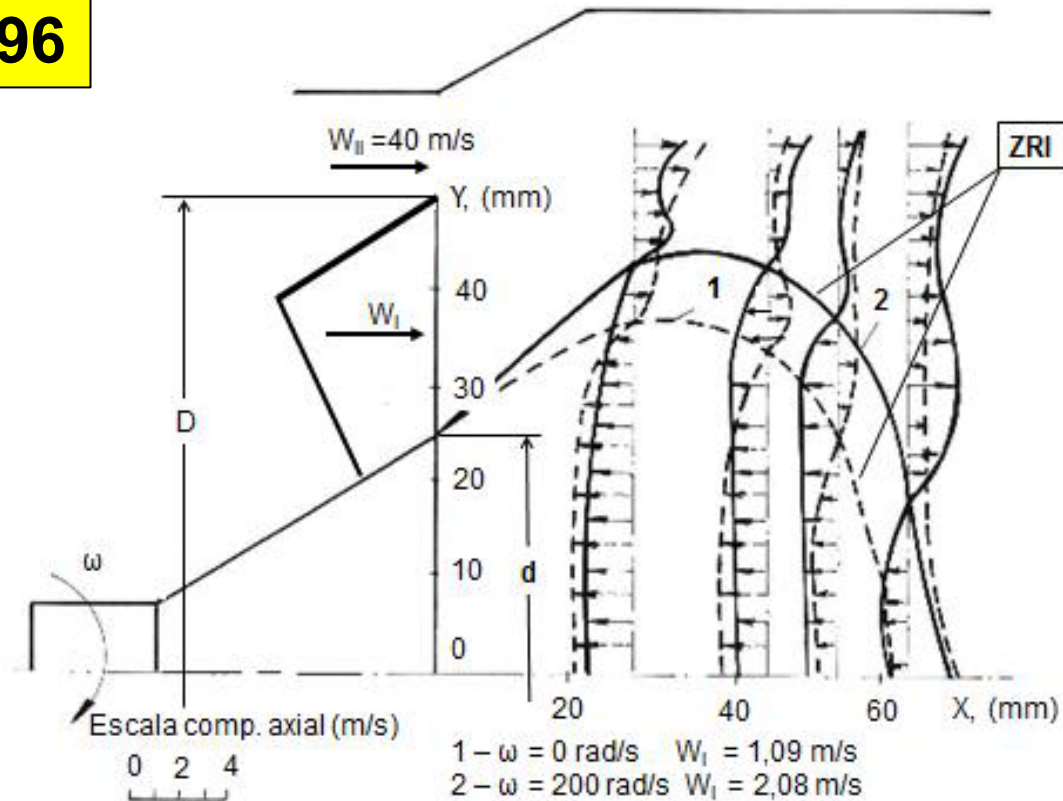
# Problemas científicos resueltos relacionados con el anclaje de las llamas de biomasa.

- Las partículas pequeñas de baja densidad, escapan a los mecanismos convencionales de estabilización de llama.
- Lograr un mecanismo de estabilización para retener las finas partículas de polvo seco en la huella turbulenta del estabilizador.
- Que el flujo de reverso creado por el nuevo dispositivo garantizara el foco caliente para la estabilidad del proceso de la reacción.

# Solución año 1988: Se logró una estructura aerodinámica en la huella turbulenta del doble cono para partículas de baja densidad

Patentes SU01348609 y CU21752

$$W_r^{max.}/W_I = 0.96$$



Evaluados con:

- Meollo
- Bagazo pulverizado
- RAC
- Aserrín
- Cáscara de arroz
- Cáscara de café

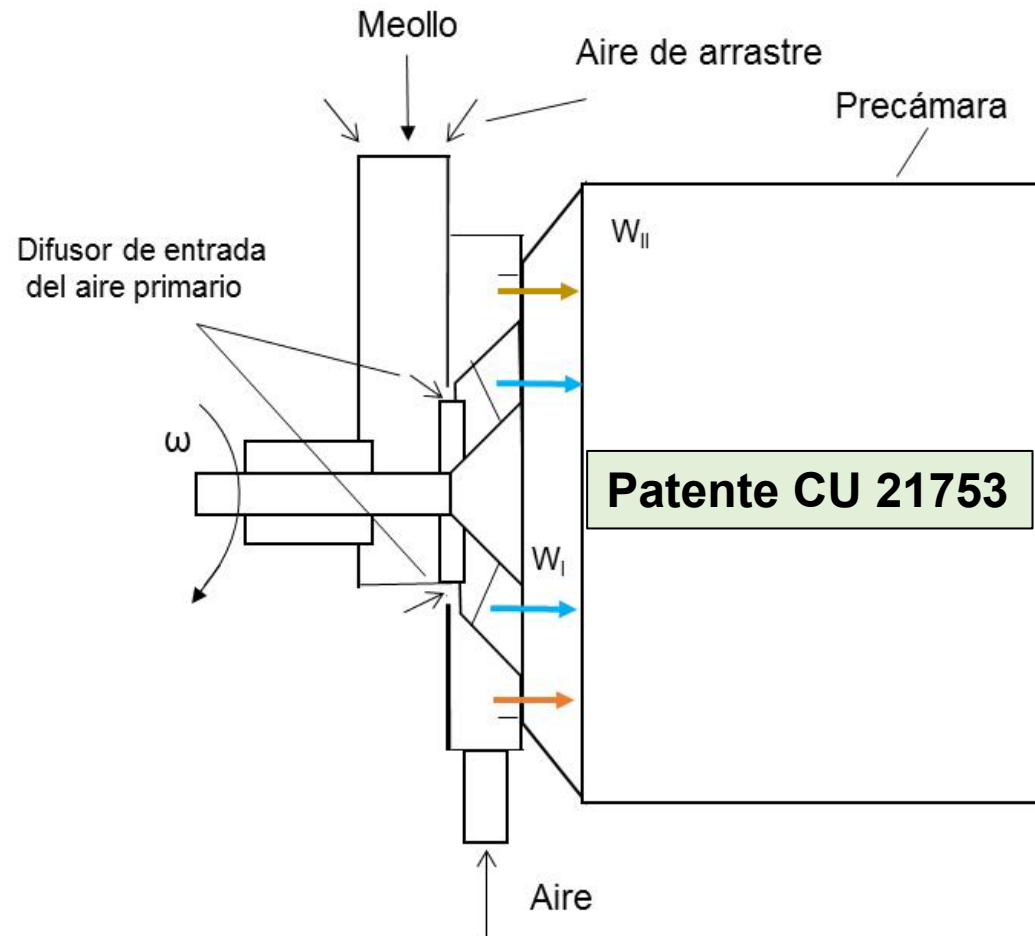
Con humedad entre 4 y 6 % en bh.

Alcanzando eficiencias entre 98 y 99 %

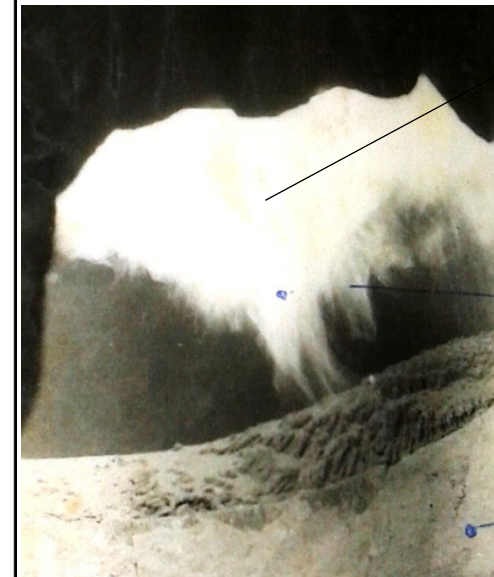
Esta estructura genera un torbellino débil  $S = 0,16$

Fuente: Rodríguez Arias A. D 1988

# Desarrollo de quemador a partir de los resultados aerodinámicos obtenidos con el doble cono.



**Llama de meollo con 4 % de humedad**



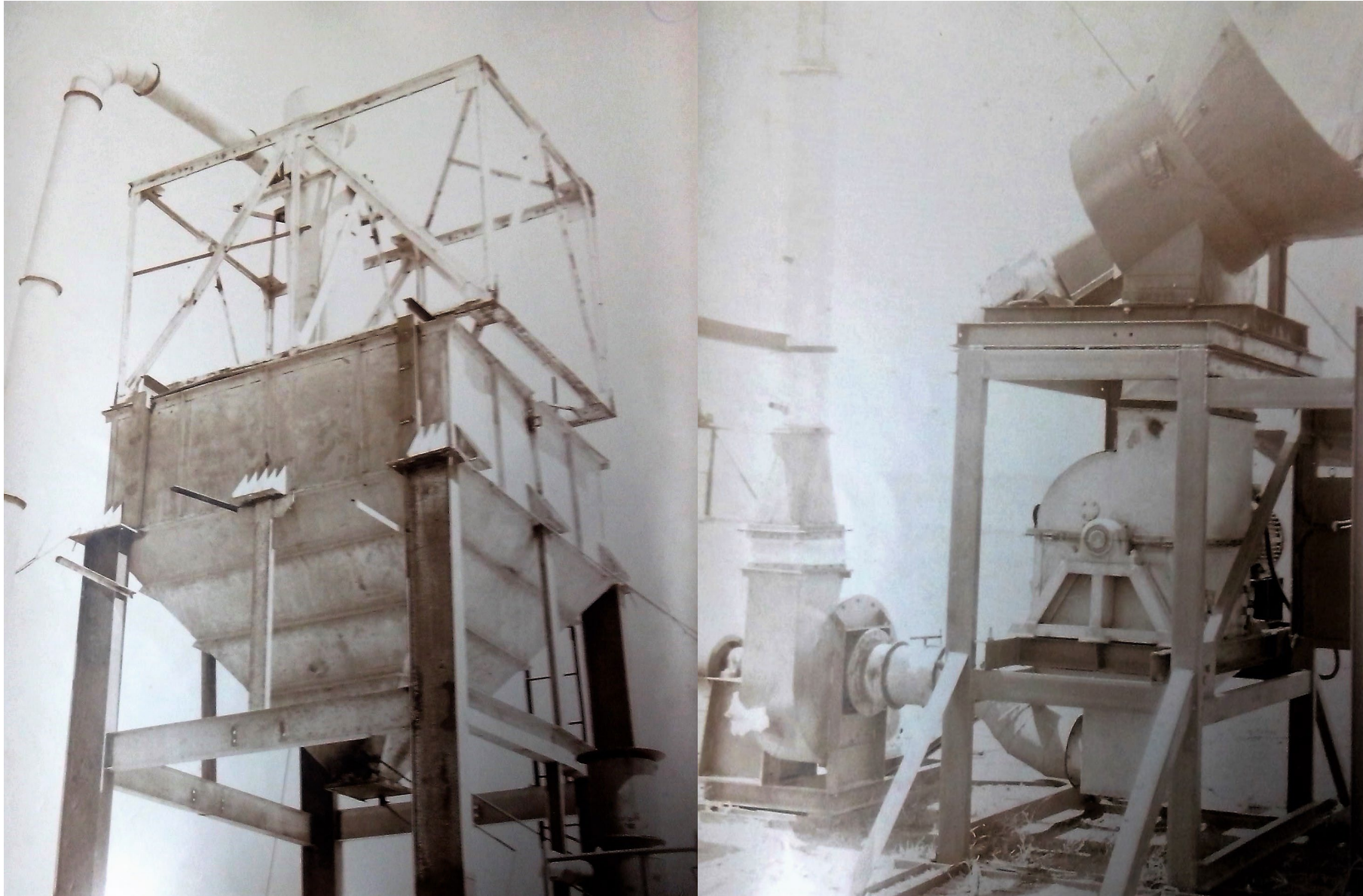
**Exceso de aire entre 1,10 % y 1,16 % (De 2 % a 3 % en vol. de  $O_2$ )**

# La biomasa en la industria azucarera y el proyecto de co/combustión y combustión pulverizada

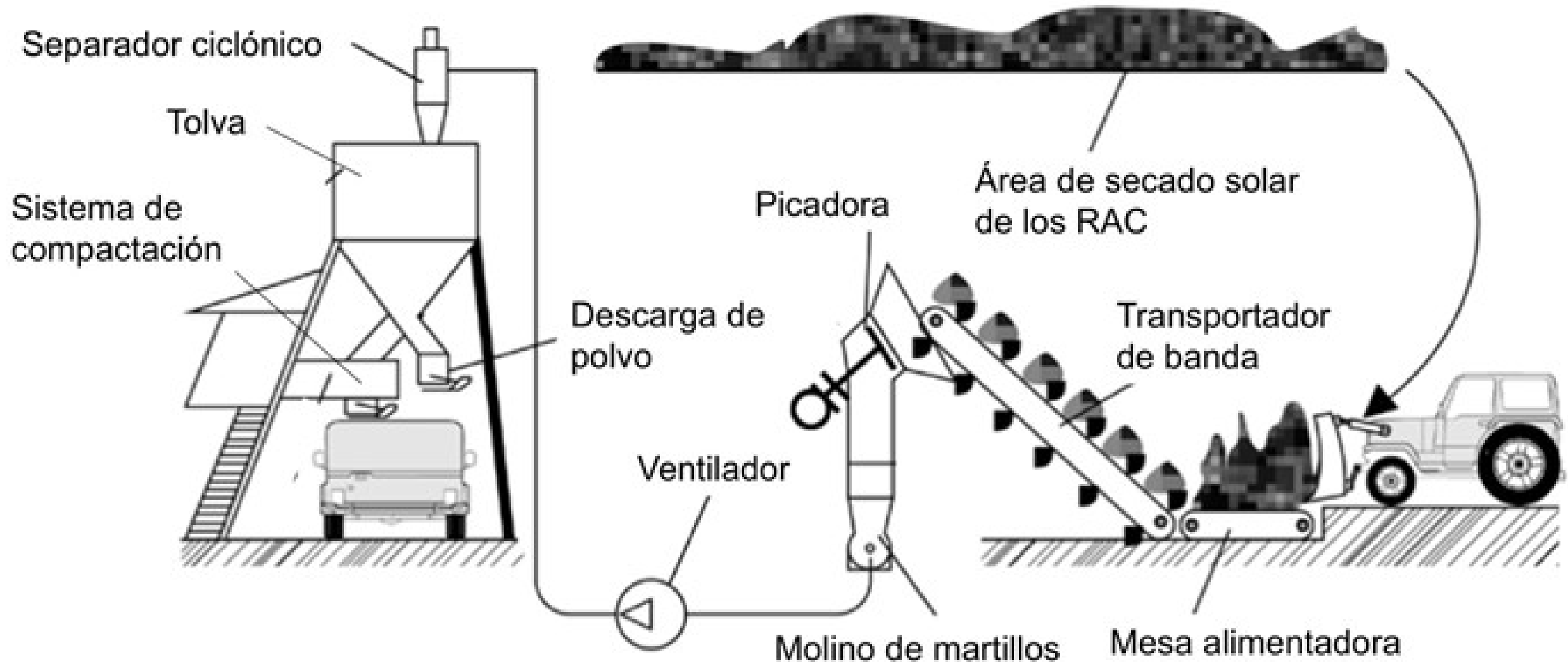
- La generación de calor y electricidad con biomasa en Cuba, ha estado ligada a la industria azucarera, por la disponibilidad de bagazo que existía hasta hace algunos años, *sin embargo*, la disminución actual de la cantidad de centrales azucareros, ha limitado la biomasa en el sector, lo que impone la necesidad de utilizar otras biomosas disponibles para lograr el incremento necesario de la generación de calor y electricidad por fuentes renovables de energía.
- La quema eficiente de la biomasa se logra:
  - Secado
  - Reducción del tamaño de la partícula.

Dos instalaciones desarrolladas por  
nosotros para la gestión y preparación de  
la biomasa vegetal

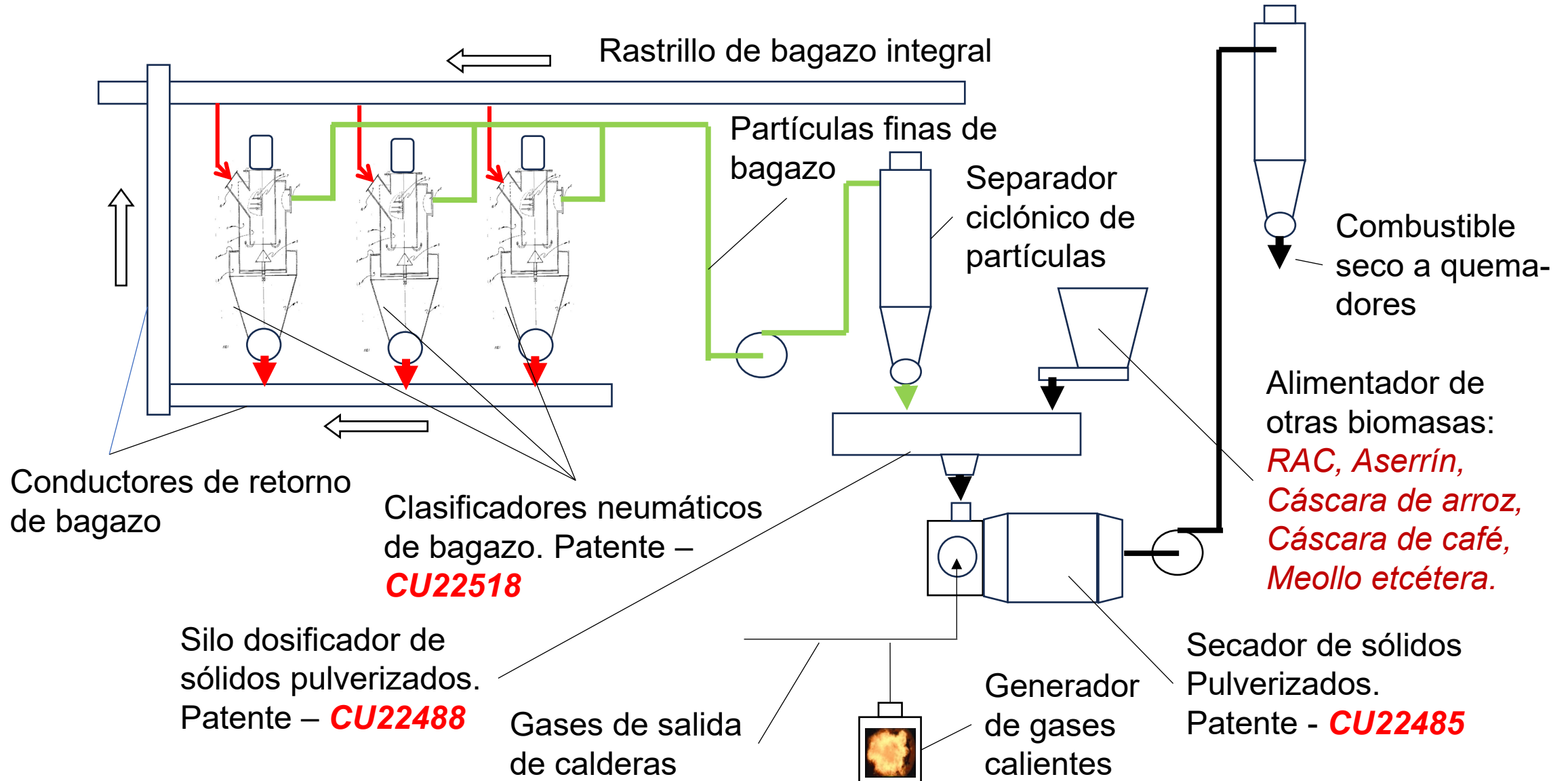
# Planta de preparación de residuos agrícolas cañeros (RAC). Cienfuegos 1998



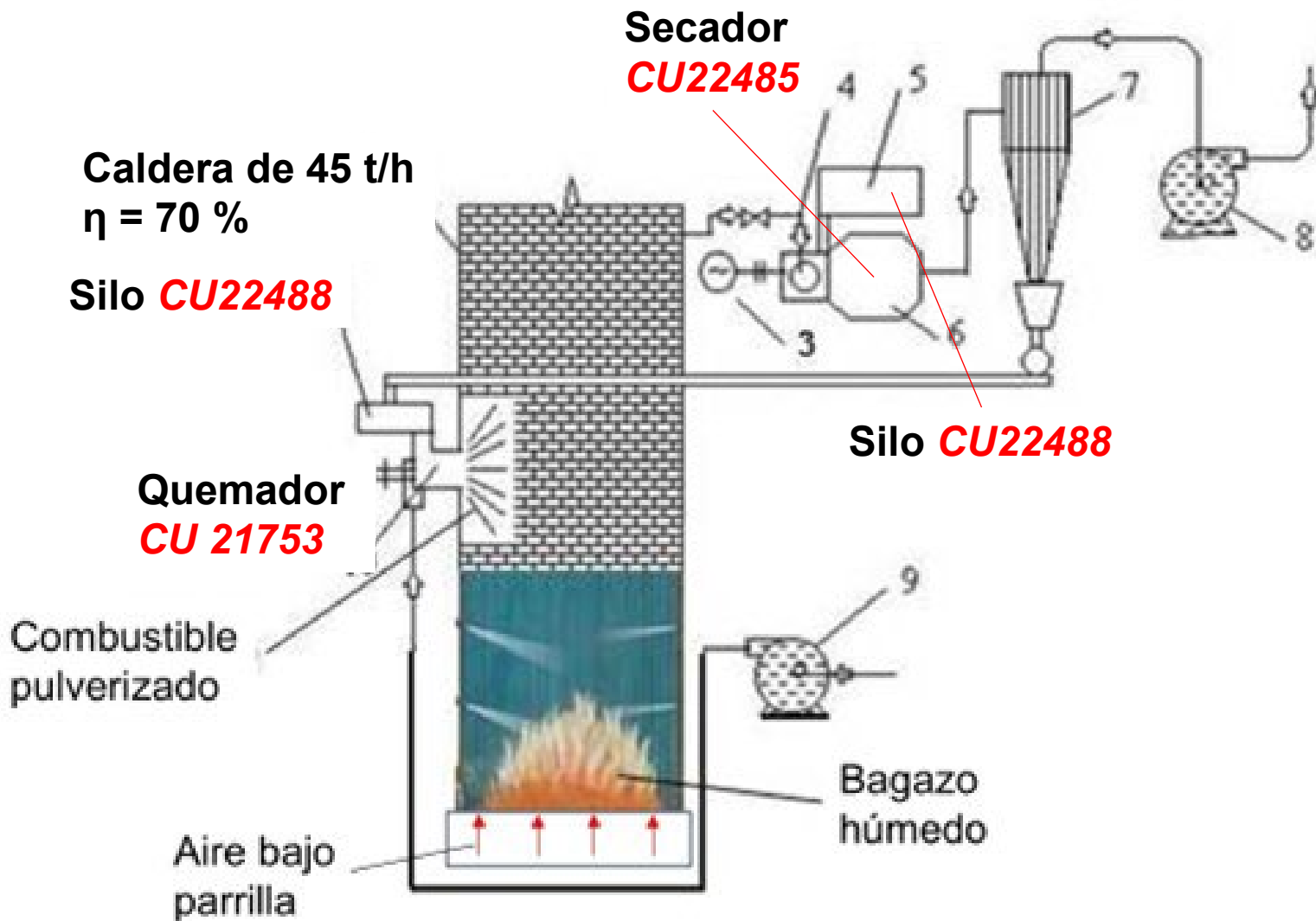
# Planta de preparación de residuos agrícolas cañeros (RAC). (20 t/día – humedad 10 % y 15 %)



# Instalación para la clasificación y el secado de bagazo y otras biomásas complementarias



# Primera aplicación industrial de la nueva tecnología de co/combustión de biomasa. CAI Primero de Enero 1993.



Se utilizó como combustible pulverizado, meollo con 17 % de humedad.

Consumo inicial de bagazo 22 t/h. Instalación.

- 4 quemadores de 3,5 MW<sub>t</sub>
- Sustitución de 32 % de la energía requerida.

Resultados.

7 % de incremento de la eficiencia.

El consumo de bagazo disminuyó en 8,4 t/h.

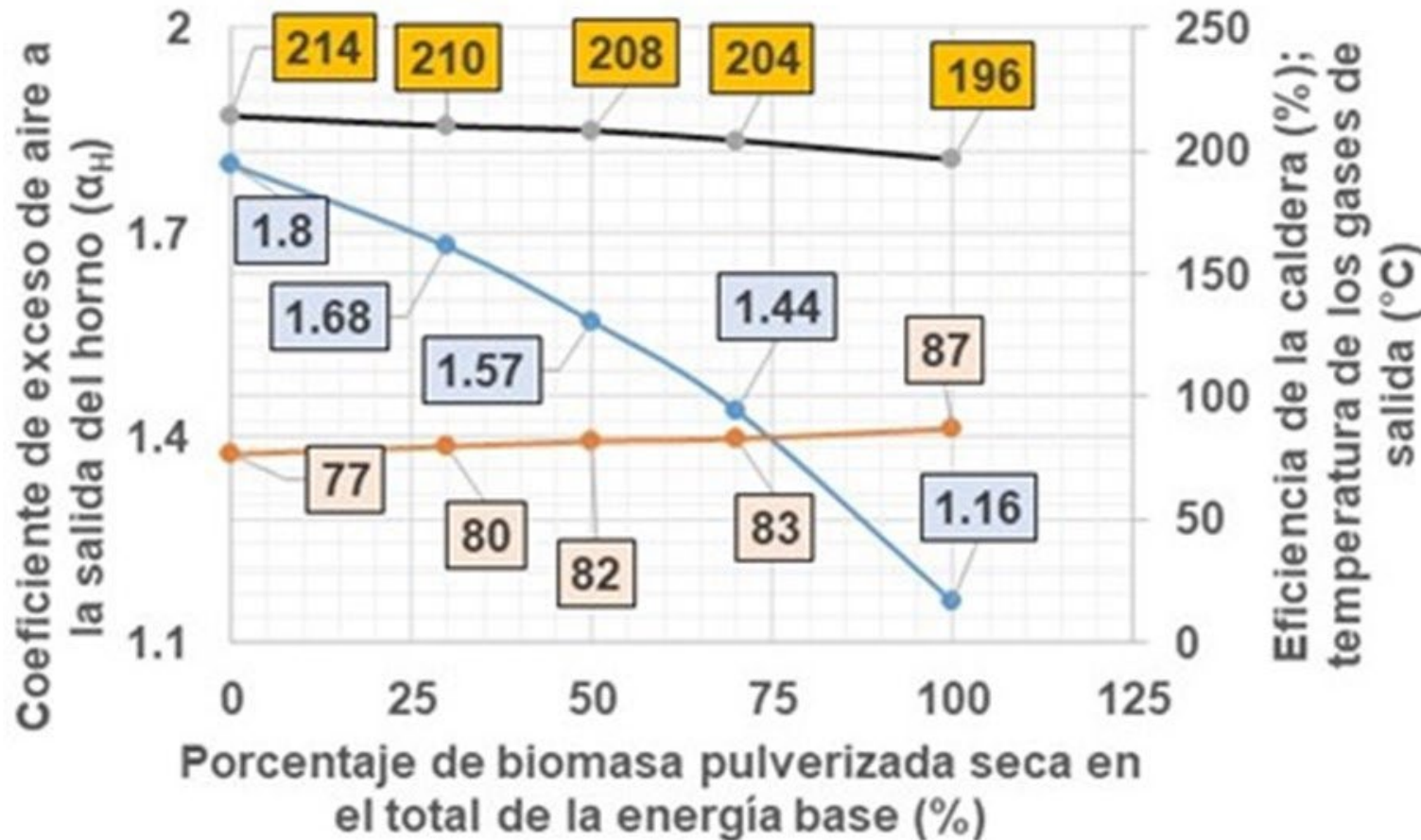
- 6,4 t/h debido a la sustitución, bagazo por meollo.
- 2 t/h por incremento de eficiencia. Que significa un ahorro de 0,364 tpe.

# Desarrollo de metodología para el análisis teórico de la co/combustión con diferentes relaciones energéticas.

Fuente: (Rodríguez A. y otros 2019)

- En el estudio se tomo como referencia la investigación realizada por Barroso 2003, sobre optimización de la eficiencia de una caldera Retal utilizando bagazo como combustible.
- La metodología realiza análisis de comportamiento de la caldera con diferentes relaciones energéticas de bagazo con cualquier biomasa pulverizada y seca o combinaciones de estas.
- Como es de esperar los mejores resultados se obtienen con 100 % de biomasa pulverizada.
- Evidentemente la única vía de lograr altos valores de eficiencia en calderas de combustibles sólidos es la preparación para su quema en llama, como se ha demostrado en las termoeléctricas de carbón, lo que incrementa los costos de inversión sobre todo para la pequeña y mediana escala.

# Resultados de la aplicación de la metodología a la caldera Retal, utilizando RAC como combustible pulverizado.



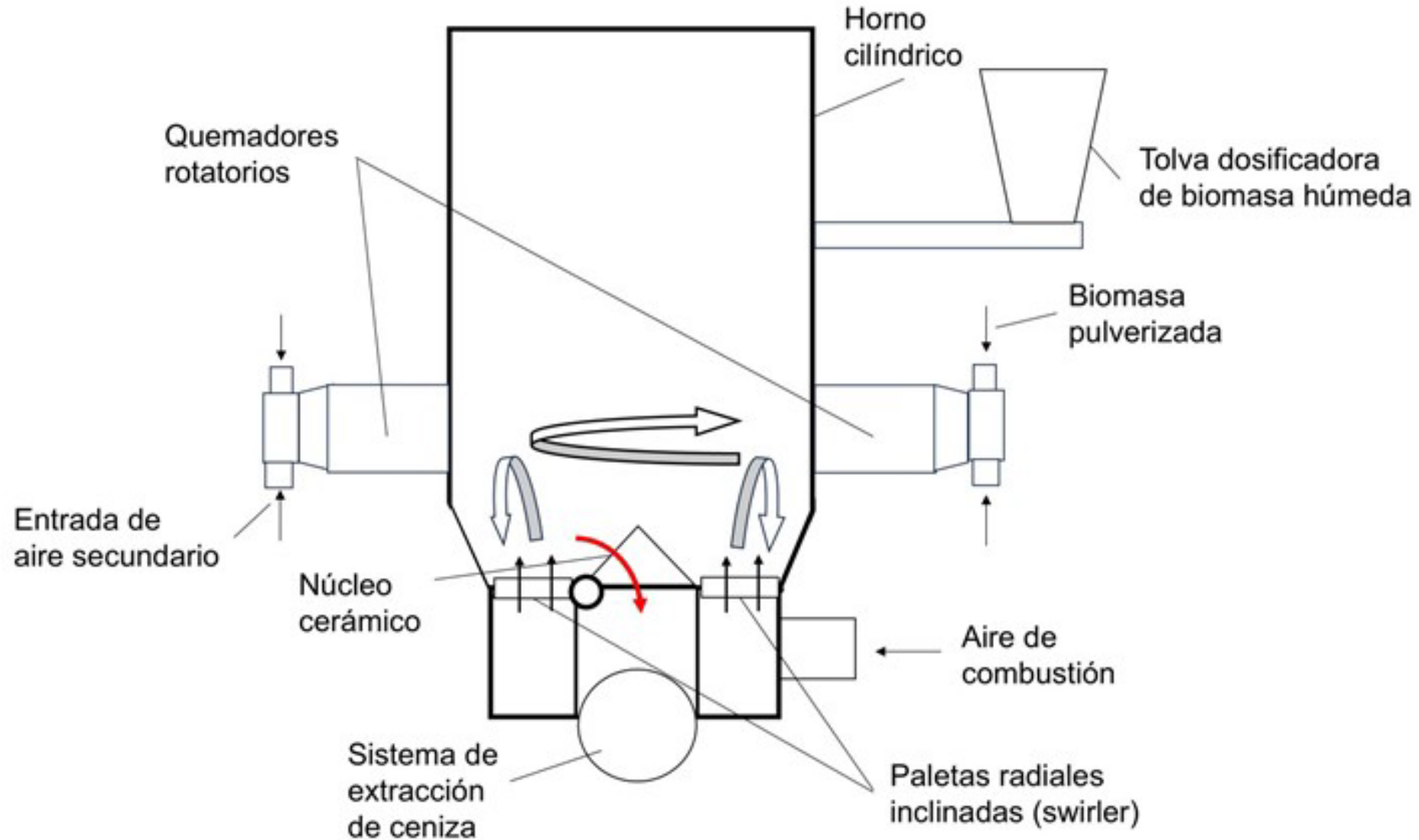
## • Dificultades presentes que afectan la eficiencia:

- La ubicación inadecuada de los quemadores en la pared frontal.
- El conocido fenómeno de inestabilidad y retardo del proceso de ignición en la parrilla, que produce oscilaciones en la presión del horno y una considerable disminución de la intensidad de la llama.

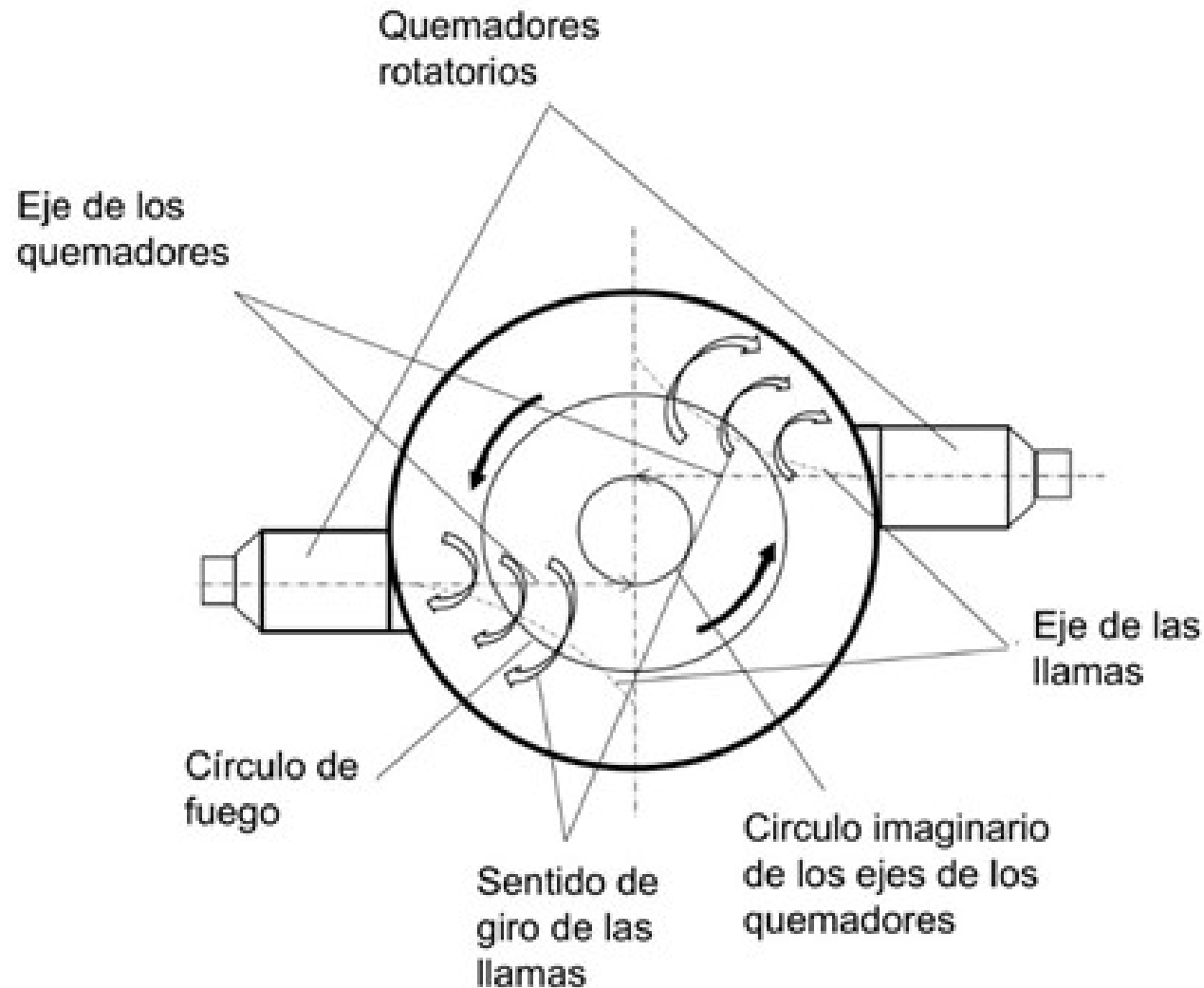
# Solución de las dificultades mencionadas anteriormente con una tecnología innovadora.

- Para resolver las dificultades referidas anteriormente, se presenta un esquema mejorado del proceso de co/combustión de biomasa, el cual consiste en la instalación de quemadores rotatorios en **fuego tangencial** alrededor de un horno cilíndrico o prismático, para que sus efectos estabilizadores se combinen con los de las corrientes giratorias que salen del piso del horno, que giran en el mismo sentido del giro de las llamas de los quemadores. La combinación logra un intenso proceso de transferencia de calor y de masa sin necesidad de una materia refractaria inerte como en el caso de los lechos fluidizados.

# Sistema mejorado del proceso de co/combustión de biomasa. Fuente: Patente CU2023000050



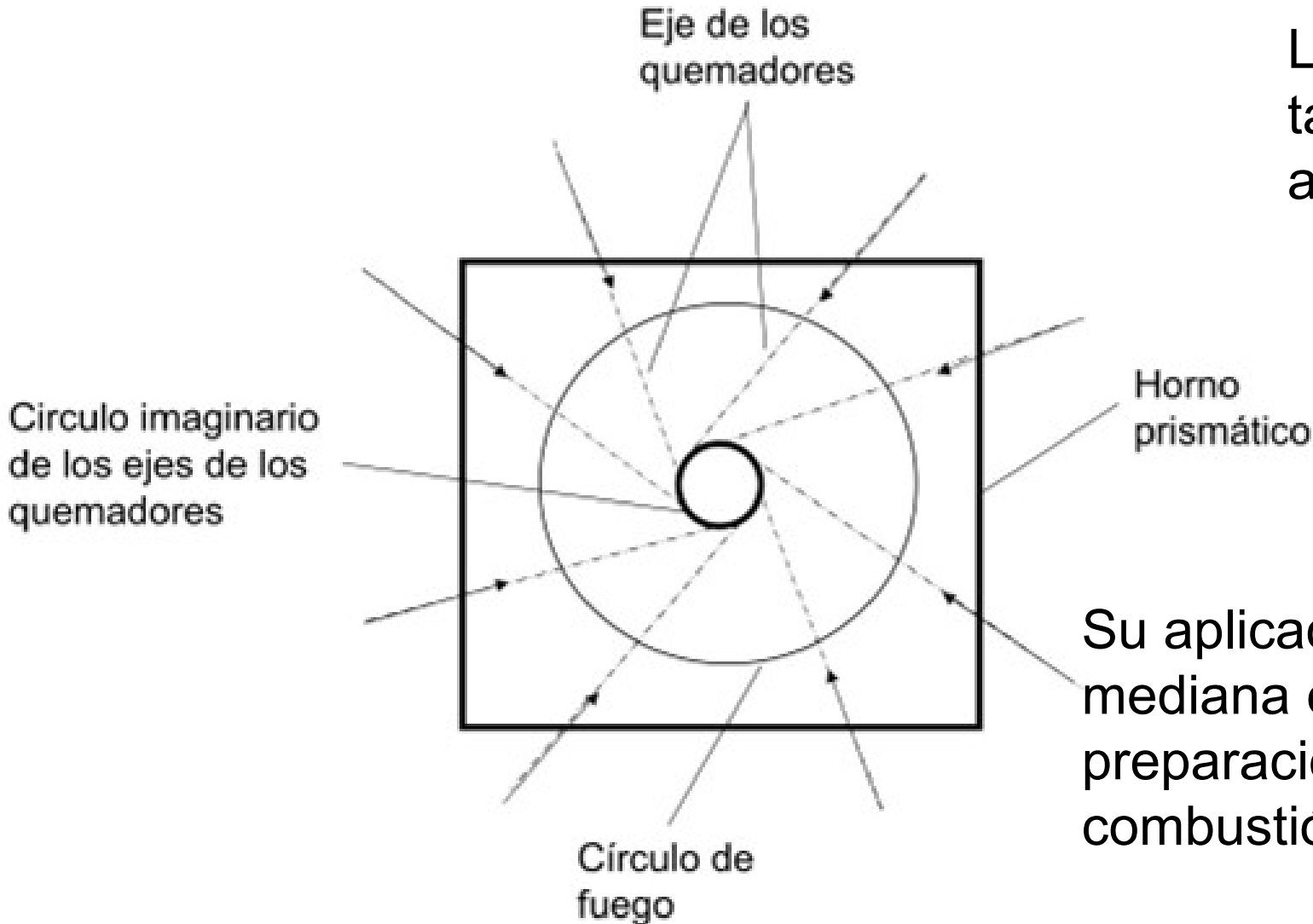
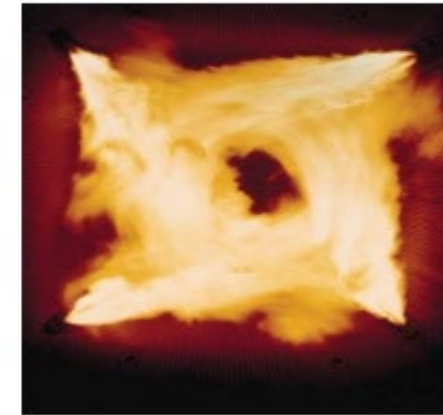
Vista superior del equipo y la forma de instalación de los quemadores rotatorios en fuego tangencial en un horno de sección cilíndrica. Fuente: Patente CU2023000050



# Vista superior de un horno de sección prismática y la forma de instalación de los quemadores rotatorios en fuego tangencial.

Fuente: Patente CU2023000050

La nueva tecnología es aplicable tanto a calderas existentes como a nuevos diseños de calderas.



Su aplicación es factible para la pequeña y mediana escala, donde no se justifica la preparación de toda la biomasa para su combustión en llama.

# Análisis económico de la nueva tecnología.

Basado en la primera aplicación de la tecnología en el CAI Primero de Enero de la Provincia de Ciego de Ávila (1993).

Sustitución de 32 % de la carga base



# Conclusiones

- La tecnología de co/combustión incrementa la eficiencia de las calderas de biomasa **utilizando solo un porcentaje de la carga base** en quema pulverizada.
- Puede ser aplicada a calderas existentes o a nuevos diseños de calderas.
- Aplicable a las tres escalas de combustión de biomasa: pequeña, media y gran escala.
- Si se dispone de los recursos necesarios, con los **quemadores rotatorios cubanos** se pueden transformar las calderas a quema pulverizada 100 %.
- El sistema mejorado de co/combustión de biomasa logra altos niveles de eficiencia con un porcentaje de la **carga** en quema pulverizada y el resto biomasa húmeda, sin necesidad de un material inerte como en los lechos fluidizados.
- Es una tecnología innovadora, novedosa y sencilla, que puede alcanzar niveles de eficiencias cercanos o iguales a los complejos lechos fluidizados.

# Recomendaciones

Gestionar financiamiento con incentivos a los diferentes actores, para lograr la penetración de la nueva tecnología de co/combustión en la industria cubana.

Muchas gracias