

Simulación de la cámara de combustión de una estufa gasificación tipo TLUD de biomasa leñosa

I.Q. Maria Adelaida Pino Valencia

Estudiante de maestría en Ingeniería Ambiental

ETHOS 2024

Universidad de Antioquia

Grupos de investigación: Catálisis Ambiental y Grupo de Manejo Eficiente de la Energía GIMEL
Medellín. Colombia



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA
1803

El problema

En Colombia más **de 1.7 millones** de hogares utilizan leña o carbón para cocinar [1]



A la contaminación del aire interior se atribuyen **2.286 muertes** y **1,2 millones de enfermedades** con costos por mortalidad prematura y atención de enfermedades que superan equivalentes al **0,38% del PIB** del 2015 [2]

Dentro de las opciones exploradas por el gobierno están los **Subsidios al Consumo de GLP en Cilindro** [3] y el **Programa Nacional de Estufas Eficientes**. Sin embargo, las eficiencias de las estufas están por debajo del umbral mínimo (20%) [4]

[1] DANE, 2018

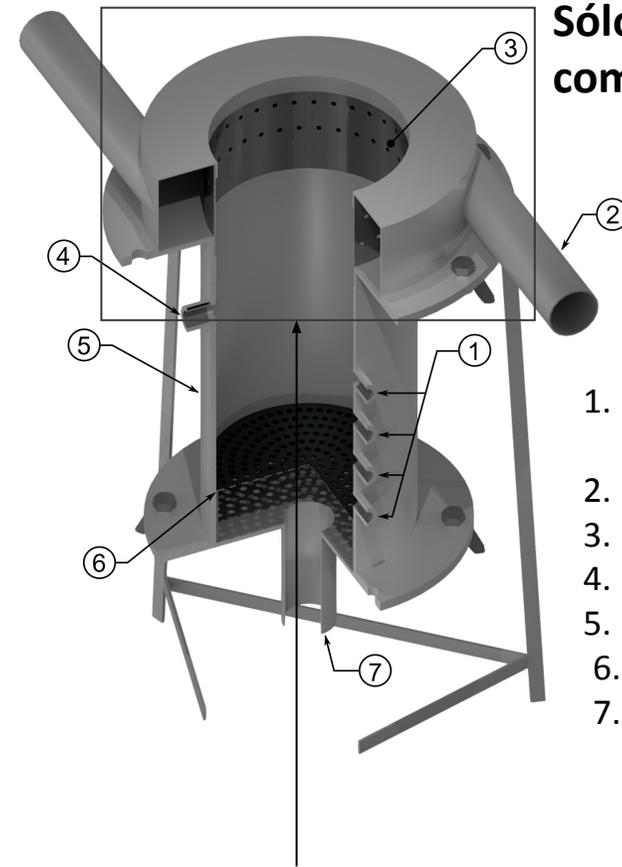
[2] DNP, 2017

[3] Presidencia, 2023

[4] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018

Descripción del trabajo

Simulación de zona de combustión secundaria de una estufa basada en gasificación tipo TLUD ubicado en el grupo GIMEL



Sólo se simula la zona de combustión secundaria

1. Ubicación termopares en lecho.
2. Ducto suministro SA.
3. Cámara de combustión.
4. Muestreo PG.
5. Reactor de gasificación o lecho.
6. Rejilla
7. Ducto suministro PA.



Entrada al sistema:
Gas producido (GP) de la gasificación de pellets de pino patula

Supuestos clave

- Estado estable. Después de ebullición
- Sólo se simula la cámara de combustión
- Fase gaseosa
- La eficiencia térmica es calculada así:
 - ✓ Simulación: con el calor transferido a la olla
 - ✓ Experimental: con la energía necesaria para evaporar determinada cantidad de agua
 - ✓ Respecto a la potencia del Gas Producido (GP)

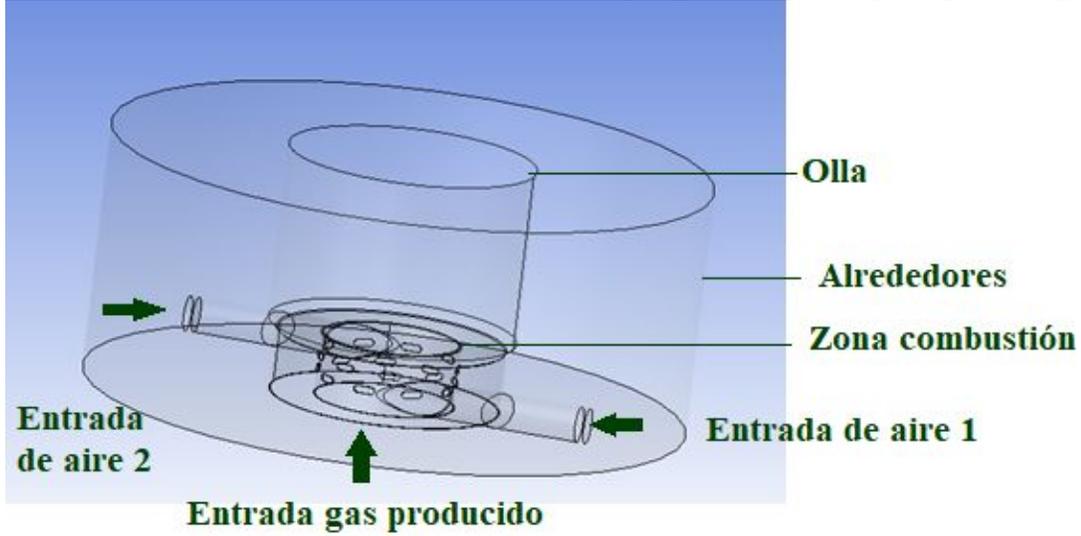
$$n = \frac{Q_p}{Potencia}$$



Enfoque fenomenológico

- Balance de energía con transferencia de calor por convección y radiación.
- El modelo de radiación de ordenadas discretas (DO)
- El modelo de turbulencia elegido es kappa – épsilon – realizable.
- Modelo de equilibrio químico: no premezcla

Condiciones de frontera



Condición de Frontera	Tipo
Entrada de aire 1	Mas-flow-inlet
Entrada de aire 2	Mas-flow-inlet
Gas Inlet	Mas-flow-inlet
Alrededores	Pressure-inlet
Zona de combustión	Interior
Olla	Wall

Datos experimentales

Fracción mol gas producido GP	
YCO	0,11512
YCO2	0,12713
YH2	0,08408
YCH4	0,02803
YN2	0,63664
YO2	0,00601
YC3H8	0,00100
YH2O	0,00200

Presión de operación [Pa]	86.130,00
Temperatura aire secundario [K]	300,00
Temperatura gas producido GP [K]	660,00
Aire secundario [L/min]	265,59
Eficiencia de la estufa	36.72%
Eficiencia de la cámara de combustión	45.25%

Enfoque cinético

Equilibrio químico

Reacción global

Ventajas – Tiempo computacional - 7 h

Desventajas: información de especies (ejm., HAPs)

Permite realizar un análisis de sensibilidad de:

Flujo de Aire
Temperatura de aire
Temperatura del Gas Producido (GP)

Objetivo: Obtener información sobre...

Eficiencia térmica
Emisiones de especies como CO, CO₂

Mecanismo Cinético

Mecanismo Reducido

Detallado: 148 especies, 928 reacciones

Reducido: 86 especies, 534 reacciones

Ventajas: Información de especies como HAPs

Desventajas: Tiempo computacional: 20 – 30 días

Simular los puntos con altas eficiencias termicas y menores emisiones de CO con un mecanismo cinético para determinar especies como HAPs

Independencia de malla

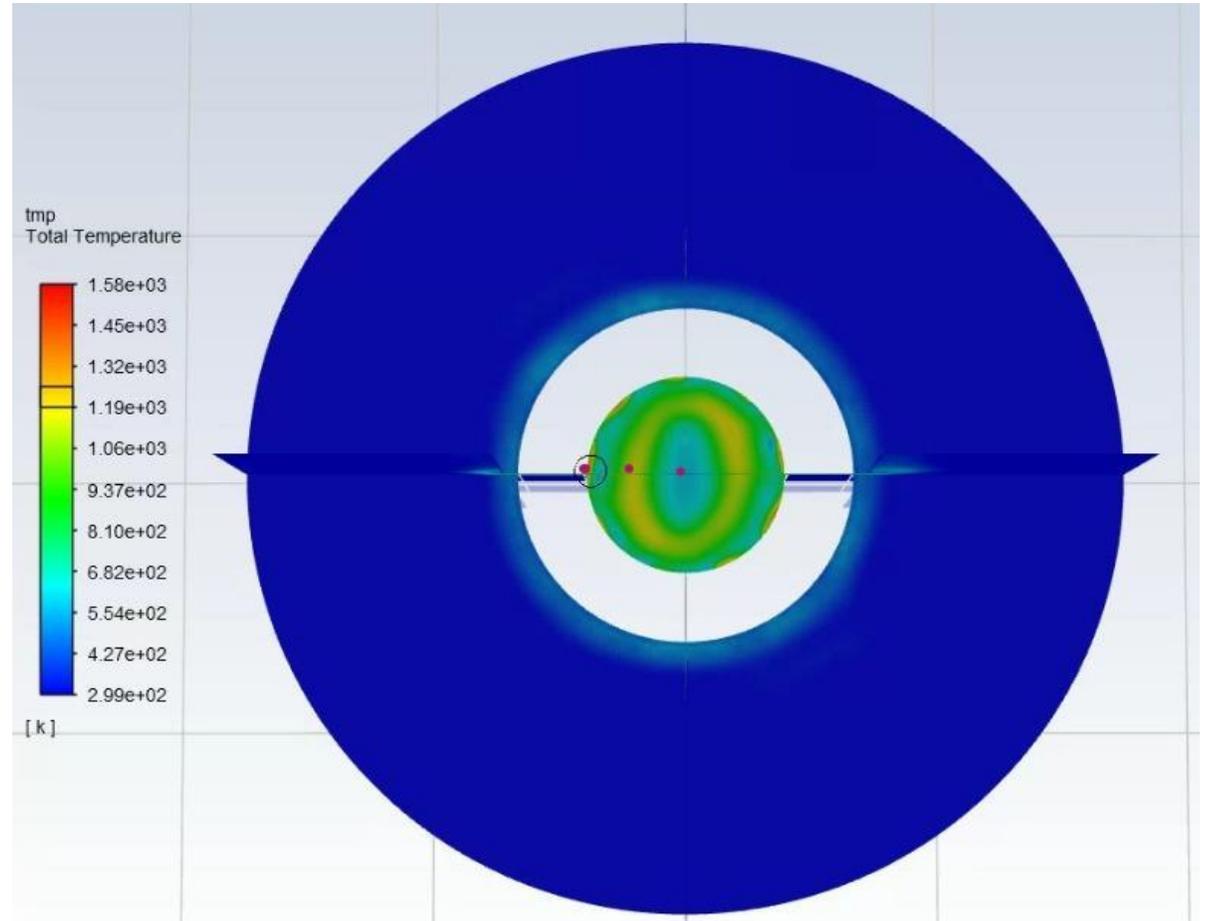
	Malla 3 - 3366k	Malla 2 - 2331k		Malla 1 - 1259k	
			%DIFERENCIA		%DIFERENCIA
Temperatura media zona combustión (K)	922,06	922,35	0,03%	923,13	0,12%
Calor transferido a la olla (W)	3.439,12	3.372,32	-1,94%	3.343,07	-2,80%
Calor de reacción (W)	5.528,04	5.527,36	-0,01%	5.527,30	-0,01%
Fracción másica CO2 plano superior	0,005	0,005	-1,51%	0,006	3,54%
Fracción de N2 plano superior	0,77	0,77	0,003%	0,77	-0,007%

Se elige la malla 2, ya que las diferencias son menores al **2%** respecto a la malla fina

Validación modelo

	Experimental	Simulación	Diferencia
Energía transferida a la olla (W)	2928	3372	
Eficiencia	45,26%	52,12%	13,17%
Flujo CO2 (g/s)	1,12	0,85	-30,80%

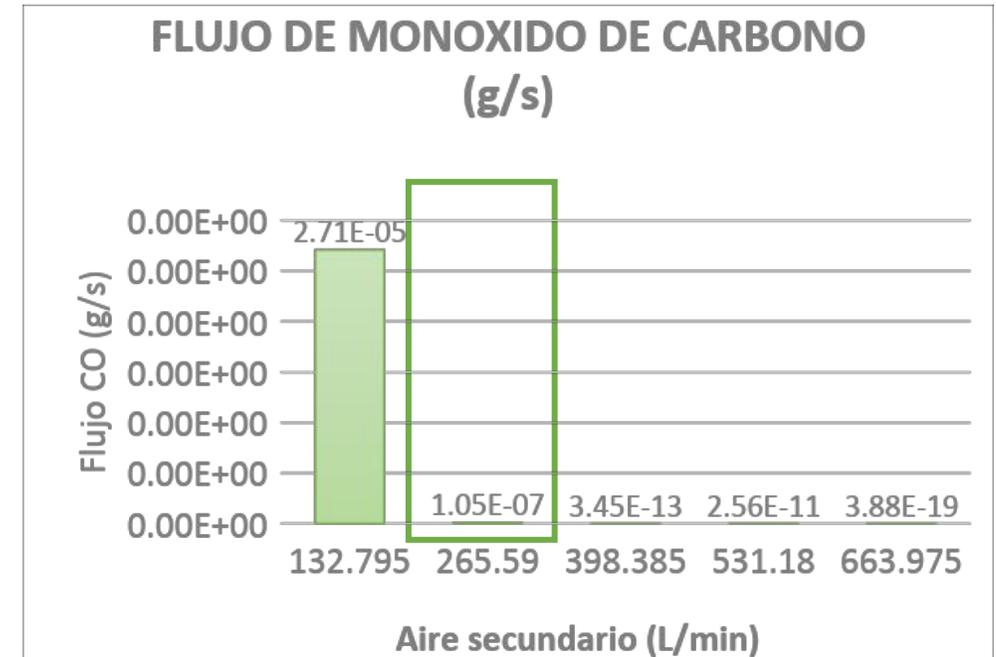
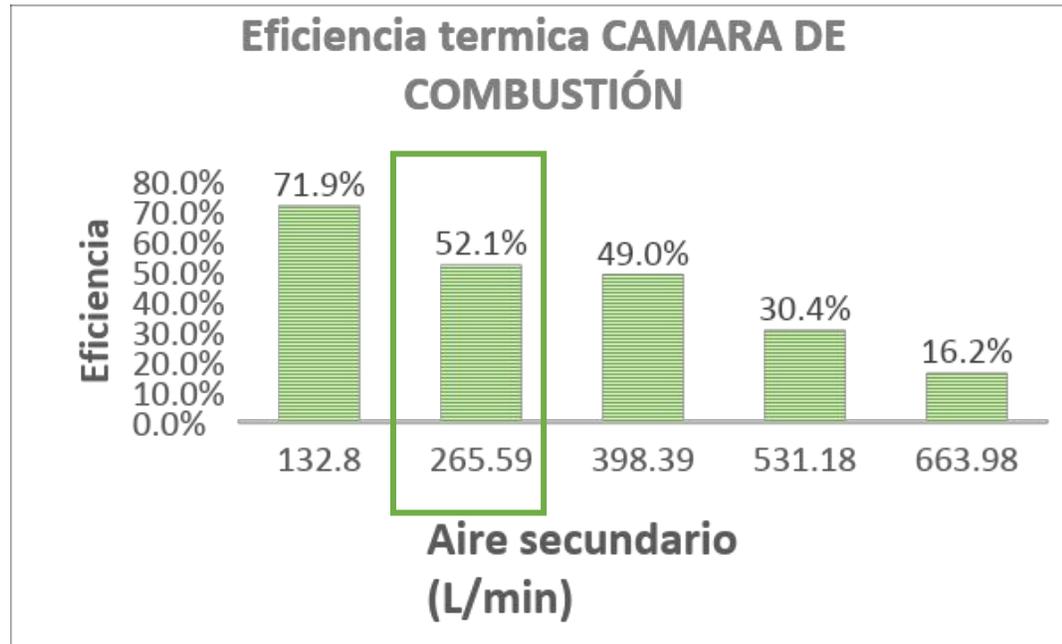
Potencia del Gas Producido (PG) 6470W



T° Experimental en puntos rojos

1128K – 1338K

Variación de flujo de aire



- El menor flujo de aire (132,8 L/min) presenta la mayor eficiencia, pero también el mayor flujo de CO.
- El modelo se realizo con el punto 2, que presenta una alta eficiencia y menores emisiones de CO.
- El punto óptimo elegido es el punto 3, presenta una alta eficiencia y una importante reducción de CO.
- Los puntos 4 y 5 tienen una importante reducción de la eficiencia térmica.



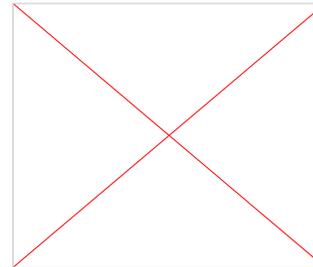
Conclusiones

- El **incremento** de aire **enfría** el sistema y **disminuye** la eficiencia térmica sin embargo, contribuye a la **reducción** de las emisiones de CO.
- El punto **óptimo** es aquel que presenta una disminución importante de las emisiones de **monóxido de carbono**, pero que su **eficiencia** sea **alta** y supere el **umbral mínimo** para estufas eficientes, para el análisis de sensibilidad presentado es el punto número 398.39L/min



Agradecimientos

- ✓ Al “Sistema General de Regalías” por la financiación al Proyecto: “Evaluación de la reducción de emisiones contaminantes y GEI en una estufa de gasificación tipo TLUD Antioquia”
- ✓ A la alianza de los grupos de Investigación catálisis ambiental y el grupo manejo eficiente de la energía GIMEL



- ✓ Al área experimental del proyecto
- ✓ Agradecimiento especial al director y codirectora de mi tesis: Felipe Bustamante y Ana María Valencia por su acompañamiento y dirección

Bibliografía

- [1] “Encuesta nacional de calidad de vida (ECV) 2018.”
<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/salud/calidad-de-vida-ecv/encuesta-nacional-de-calidad-de-vida-ecv-2018#informacion-nacional-regional> (accessed Nov. 17, 2022).
- [2] “Los costos en la salud asociados a la degradación ambiental en Colombia ascienden a \$20,7 billones.” 2017.
[https://2022.dnp.gov.co/Paginas/Los-costos-en-la-salud-asociados-a-la-degradaci%C3%B3n-ambiental-en-Colombia-ascienden-a-\\$20,7-billones-.aspx](https://2022.dnp.gov.co/Paginas/Los-costos-en-la-salud-asociados-a-la-degradaci%C3%B3n-ambiental-en-Colombia-ascienden-a-$20,7-billones-.aspx) (accessed Dic. 17, 2023).
- [3] “Gobierno del Cambio aumenta el techo de subsidios para consumo de gas GLP en cilindro.”
<https://petro.presidencia.gov.co/prensa/Paginas/Gobierno-del-Cambio-aumenta-el-techo-de-subsidios-para-consumo-de-gas-GLP-en-cilindro-231109.aspx> (accessed Ene. 17, 2023).
- [4] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, “Lineamientos para la instalación de estufas eficientes para vivienda rural,” 2018.

MERCI
DANKE
GRAZIE
GRACIAS
OBRIGADO
THANK YOU



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

1803