

Efecto de combinar un T-LUD en una estufa mejorada con plancha Justa 2 × 3

Jorge Mario Valenzuela Moradel

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2012

ZAMORANO
DEPARTAMENTO DE AMBIENTE Y DESARROLLO

Efecto de combinar un T-LUD en una estufa mejorada con plancha Justa 2 × 3

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente en el Grado Académico de Licenciatura

Presentado por:

Jorge Mario Valenzuela Moradel

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2012

Efecto de combinar un T-LUD en una estufa mejorada con plancha Justa 2 × 3

Presentado por:

Jorge Mario Valenzuela Moradel

Aprobado:

Timothy Longwell, M.Sc.
Asesor principal

Arie Sanders, M.Sc.
Director
Departamento de Ambiente y
Desarrollo

Reyna Guzmán, M.Sc.
Asesora

Raúl Zelaya, Ph.D.
Decano Académico

RESUMEN

Valenzuela Moradel, J.M 2012. Efecto de combinar un T-LUD en una estufa mejorada con plancha Justa 2×3. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 15p.

Las tres principales consecuencias del uso de biomasa para la preparación de los alimentos son: los relacionados con la salud respiratoria de los usuarios por la inhalación de CO y PM₁₀, las emisiones de gases de efecto invernadero que aumentan el calentamiento global y la degradación de los bosques por tala y erosión de los suelos. Las categorías más comunes de estufas mejoradas son las de cámaras de combustión Rocket y T-LUD o microgasificación (Top Lit Up Draft). Se diseñó una nueva estufa en la cual se incorporó el Rocket y el T-LUD, a distancias de 2.5 y 7.5 pulgadas el uno del otro en una sola estufa para tratar de reducir las emisiones de CO, CO₂ y PM₁₀. Para la evaluación de emisiones se utilizó el equipo PEMS (Portable Emissions Monitoring System) para medir las emisiones de CO, CO₂ y PM₁₀. Se utilizó el protocolo WBT (Water Boiling Test) modificado, siendo una este aproximación de lo que sucede en el proceso de cocción de los alimentos. El protocolo original propone llevar al punto de ebullición (96.1°C) 5 litros de agua, para efectos del presente estudio se modificó el protocolo haciendo llegar a 80°C 2.5litros de agua. Se identificaron reducciones en la combinación R/T (Rocket y T-LUD) a 2.5 pulgadas comparado a la combinación R/T a 7.5 pulgadas, de 90.6% (485g) en emisiones de CO y 48.4% (1863mg) de PM₁₀. Por otra parte se identifican aumentos en la combinación R/T a 2.5 pulgadas en comparación con la Justa 2×3, de 37.7% (1276g) de CO₂, 41.1% (672g) de combustible utilizado, 46.1% (24 minutos) para lograr 80°C en el agua.

Palabras clave: Emisiones de gases, protocolo WBT Rocket.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido.....	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. METODOLOGÍA.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	8
4. CONCLUSIONES.....	11
5. RECOMENDACIONES.....	12
6. LITERATURA CITADA.....	18
7. ANEXOS.....	14

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

		Página
Cuadros		
1.	Promedios y desviaciones estándar de estufas utilizando leña en el Rocket y Chips en T-LUD.....	8
2.	Promedio y desviaciones estándar de combustibles en T-LUD	8
3.	Comparación de variables evaluadas en las estufas	9
4.	Emisiones y consumo de combustible de las cámaras de combustión y estufas.....	10
Anexos		
1.	Siglas y abreviaciones	14
2.	Diseño del T-LUD	14
3.	Evaluación con el equipo PEMS	15
4.	Cámara de combustión Rocket y T-LUD	15

1. INTRODUCCIÓN

La problemática del uso de biomasa para cocinar los alimentos tiene tres principales impactos negativos. En primera instancia los relacionados a la salud de los usuarios, por otra parte los efectos ambientales y la degradación de los bosques por la tala y erosión de los suelos por arrastrar leña o troncos perdiendo la fertilidad y el recurso suelo. Un estudio en Honduras reveló que el 55% de los hogares ubicados en la zona urbana utilizan leña, por otra parte los hogares ubicados en las zonas rurales el uso es de leña para la cocción de alimentos es de 82.4% (Sanders et al. 2011).

En general hay tres categorías de estufas de biomasa: tres piedras, estufas tradicionales y estufas mejoradas. La primera categoría hace referencia como su nombre lo indica al estar construida sencillamente por tres piedras, que sostienen una lámina o una olla para cocinar los alimentos. Esta categoría se caracteriza por ser dañina para la salud de los usuarios, creando problemas en el sistema respiratorio como ser tos, asma, pulmonía, bronquitis y problemas a la vista debido a los efectos de las altas emisiones de monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂) y micropartículas (PM₁₀). Adicionalmente esta categoría llega a ser ineficiente por utilizar una mayor cantidad de combustible, en comparación a otros modelos de estufas (Anderson 2009).

Las estufas tradicionales están hechas con materiales de fácil acceso como ser barro, tierra, o adobe, en algunos casos se utiliza una lámina de metal en donde se cocinan los alimentos o se colocan ollas para hervir sus alimentos. Este tipo de estufa también perjudica la salud de los usuarios si no es bien equipada con una chimenea, también aumenta las emisiones de CO₂ al ambiente y causa degradación de los bosques por el alto consumo de leña.

Finalmente en la categoría de las estufas mejoradas contamos con dos principales categorías, las de cámara de combustión tipo Rocket y las de cámara de combustión T-LUD. Estas están mejor elaboradas y diseñadas para ser eficientes en el uso de combustibles, tienen bajas emisiones de CO, CO₂ y PM₁₀, con el objetivo de reducir los impactos a la salud de los usuarios y la degradación del ambiente.

Las estufas mejoradas con cámara de combustión tipo Rocket son aquellas que están diseñadas para disminuir el consumo de leña reduciendo el espacio en la cámara de combustión. Normalmente su tamaño de entrada y salida es de 5×5 pulgadas y, están compuestas de materiales refractarios que soportan y dirigen el calor del fuego hacia la olla o plancha.

Dentro de las estufas mejoradas de tipo Rocket se encuentra la estufa Justa 2×3 desarrollada por el Proyecto Mirador en Honduras, la cual cuenta con buena aceptación por los usuarios debido a que el tamaño de la plancha permite cocinar más alimentos en menos tiempo (CCEM 2009).

La microgasificación es otra rama de las estufas mejoradas son las de cámara de combustión T-LUD (Top Lit Up Draft por su descripción en inglés) que utilizan varios tipos de biomasa seca como combustibles y aprovecha los desechos agrícolas como el olote, la casulla de café y residuos de madera o leña picada conocidos como “chips”.

Dentro de la cámara de combustión T-LUD se produce la microgasificación, la cual es la reacción en donde la biomasa expulsa por medio del calor del fuego sus gases combustibles. Estos gases son concentrados en la tapa de la estufa por una salida pequeña que aumenta la velocidad y presión de los gases, luego se queman con el calor del fuego, es así como se logran altas temperaturas y menores emisiones (Anderson 2010).

La cámara de combustión T-LUD tiene varios diseños que permiten el ingreso apropiado de oxígeno necesario para la quema de los gases de la biomasa. Algunas cámaras de combustión T-LUD están compuestas por dos cilindros perforados, los cuales son compartimientos destinados para la circulación de secundario como es el diseño del T-LUD modelo Pipe utilizado en este estudio. El oxígeno primario y el calor del fuego queman la biomasa, el oxígeno secundario y el calor del fuego queman los gases de la biomasa.

El Centro de Certificación de Estufas Mejoradas de Zamorano (CCEM) fue creado en el 2009 con el financiamiento de TPW “Energy Collaborative”. En el CCEM se evalúan estufas de la región centro y suramericana con cuatro protocolos entre ellos el Water Boiling Test (WBT) mediante la utilización de equipos de medición para las emisiones como el PEMS (Portable Emissions Monitoring System), el cual por sensores especializados cuantifica las emisiones de CO, CO₂ y PM₁₀.

En el presente estudio se evaluó la combinación de las cámaras de combustión T-LUD y Rocket en términos de generación de emisiones de CO, CO₂ y PM₁₀, consumo de biomasa y tiempo en que el agua llega 80°C. Se buscó en particular determinar si una cámara de combustión T-LUD logra quemar los gases de una cámara de combustión de Rocket, instalados ambos en una sola estufa con una plancha de una estufa mejorada, Justa 2×3. A la fecha no se tiene ningún precedente de este estudio. Se ha implementado estufas con plancha utilizando un sistema de combustión de tipo Rocket y estufas con planchas utilizando un sistema de combustión de tipo T-LUD, pero no se han combinado ambas cámaras de combustión en una sola estufa con plancha.

Objetivos del estudio.

- Construir una estufa que combine las cámaras de combustión Rocket y T-LUD, utilizando una plancha del modelo Justa 2×3 a distancias de 2.5 y 7.5 pulgadas el uno del otro.
- Evaluar la estufa construida en términos de consumo de biomasa y generación de emisiones de CO, CO₂ y PM₁₀.
- Comparar los combustibles olote y chips en la cámara de combustión T-LUD en términos de emisiones generadas de CO, CO₂ y PM₁₀ y consumo biomasa.
- Determinar el tiempo en que las cámaras de combustión combinadas y en forma independiente logran que el agua llegue a 80°C.

2. METODOLOGÍA

Construcción de la estufa. Se elaboraron los compartimientos en donde se instaló en la parte posterior de la cámara de combustión de tipo Rocket, una cámara de combustión T-LUD en una plancha de Justa 2×3.

Para la construcción de la estufa se usó una pulidora y discos de corte con los que se obtuvieron las piezas de los ángulos soldados con electrodos 60/13, luego con discos abrasivos se pulieron las uniones en el marco. Se utilizó siempre el equipo de seguridad como ser lentes, tapones de oídos, delantal, guantes y careta para soldadura con protector visual.

Para elaborar los compartimientos corredizos a distancias de 2.5 y 7.5 pulgadas del T-LUD del Rocket, se usó lámina lisa, cortándola con la pulidora junto al disco de corte, doblándola con tenazas y martillo para lograr la forma deseada. Con el taladro y brocas para metal, se hicieron agujeros para remachar las partes de la estufa con el marco en donde va colocada la plancha de Justa 2x3 de 16×28 pulgadas. Luego se armó la cámara de combustión tipo Rocket, juntando sus piezas y utilizando barro para sellar los bordes de las piezas del Rocket. Una vez instalado el Rocket se colocó la ceniza como aislante de calor del Rocket.

Evaluación de las estufas. Las estufas fueron evaluadas en términos de generación de emisiones y consumo de biomasa; Las fuentes de biomasa evaluadas incluyeron: leña de pino (*Pinus oocarpa*), olote, chips de pino. Los chips de pino se procesaron mediante una picadora de pasto utilizando restos de pino (estacas).

Las emisiones se midieron utilizando un equipo PEMS (Portable Emissions Monitoring System) y los resultados procesados en una hoja de cálculo y reportados en gramos las emisiones de CO (monóxido de carbono), CO₂ (dióxido de carbono) y en miligramos las emisiones de PM₁₀ (micropartículas de 10micras).

La cuantificación de biomasa es expresada en gramos, se midió en una balanza OHAUS. Se midió la humedad inicial de la biomasa con un medidor de humedad marca EXTECH MO260.

Evaluación de la estufa por medio del Protocolo WBT Water Boiling Test modificado para evaluaciones de Rocket junto al T-LUD. La evaluación del modelo fue una comparación con las estufas mejoradas tomando como línea base la evaluación de la Justa 2×3. Para la evaluación de este modelo se utilizó el protocolo de WBT, este es una aproximación de lo que se da en el proceso de cocción llevándose a cabo en condiciones controladas. Los resultados obtenidos pueden ser diferentes al cocinar alimentos reales pero la eficiencia y las emisiones que se midieron son exactamente los mismos, detectando así fallas debido al diseño de la estufa. (Bailis et al. 2007).

Debido a que no existe actualmente un protocolo específico para la evaluación de estufas combinando ambos sistemas de combustión Rocket y T-LUD, por limitantes en el tamaño del T-LUD, el corto tiempo de combustión y el no poder recargar el T-LUD de combustible se decidió modificar el protocolo WBT.

Para el desarrollo de la evaluación de la estufa con el WBT se modificó el protocolo en los siguientes incisos: El protocolo propone 5 litros de agua y en este estudio se utilizó 2.5 litros de agua para todas las evaluaciones de las cámaras de combustión T-LUD como para la cámara de combustión de tipo Rocket, esto por el tamaño del T-LUD y tiempo en que llega a la temperatura final de 80°C. Se modificó la temperatura de 96.1°C a la que debe de llegar el agua para tomar el tiempo final de la prueba a 80°C, ya que el T-LUD no mantiene una temperatura de 96.1°C al final del consumo del combustible, estas temperaturas se midieron utilizando un termómetro para agua marca Fluke 51 II.

Se ejecutó solo la primera fase del protocolo ya que el T-LUD no puede ser nuevamente recargado para las siguientes fases, porque tendría que apagarse y volverse a encender con una nueva carga de combustible lo que no es posible ya que cuando se evalúan ambas cámaras de combustión las dos se encienden al mismo tiempo.

Para el desarrollo del WBT en el T-LUD como en el Rocket se sigue una serie de pasos que inician en la selección del combustible verificando que este tenga una humedad menor del 12% para que pueda encenderse. Se pesaron los combustibles seleccionados y se llenaron las ollas con 2.5 litros de agua. Para lograr encender la leña en la cámara de combustión Rocket se preparó papel en tiras y astillas de leña para luego ser colocadas debajo de la leña y así ser encendidas con más facilidad, a cambio en el T-LUD se utilizó gas, el mismo que se utiliza para encender carbón.

Se enciende el PEMS durante 15 minutos una vez que los materiales estaban listos para la calibración. Posteriormente se encendieron las cámaras de combustión por separado o al mismo tiempo cuando se evalúan ambas cámaras de combustión a la vez, anotando tanto el tiempo inicial de calibración como el tiempo de encendido de los sistemas. Al llegar el agua a una temperatura de 80°C se apaga el PEMS se anota el tiempo final y pesos finales

del combustible y la ceniza del Rocket, así como los pesos finales de las ollas con agua. Luego se enfrió la estufa con un ventilador para después de 5 a 7 horas iniciar con una nueva prueba. Para la evaluación de la estufa y sus cámaras de combustión se realizaron tres repeticiones.

Procesamiento de datos. Los datos obtenidos se tabularon en una hoja de Excel agrupándolos por tipos de pruebas, repeticiones hechas, variables de CO, CO₂, PM₁₀, consumo de combustible y tiempo en que llegó el agua a 80°C. Los datos fueron analizados para obtener explicación de las diferencias entre los errores de las pruebas, utilizando la prueba de Kruskal Wallis que permite comparar más de dos grupos no paramétricos y así establecer si existen diferencias significativas entre mediciones de los grupos comparados. Luego de conocer cuáles son los grupos con diferencias se procedió a analizar dos grupos no paramétricos utilizando la metodología de Mann Whitney con el programa SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) desarrollando la corrección de Bonferroni ya que se analizan simultáneamente ambas pruebas.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comparación entre estufas desarrolladas. En esta sección se presentan los datos de estadística descriptiva como ser la media, estos relacionados al rendimiento y desempeño en términos de consumo de combustible, generación de emisiones de CO (monóxido de carbono), CO₂ (dióxido de carbono), PM₁₀ (micropartículas de 10micras) y tiempo en que calientan el agua hasta 80°C. La línea base de las estufas mejoradas es la Justa 2×3 y el Rocket la base comparar el modelo entre la combinación de las cámaras de combustión Rocket y T-LUD a distancias de 2.5 y 7.5 pulgadas.

Cuadro 1 Promedios y desviaciones estándar de estufas utilizando leña en el Rocket y Chips en T-LUD

Combustibles	Leña de pino		Leña y chips	
	Justa 2×3 n=3	Rocket n=3	Combinación R/T distancia. 2.5 Plg. n=3	Combinación R/T distancia. 7.5 Plg. n=3
Emisiones de CO (g)	49 (9)	36 (11)	50 (0.5)	535 (170)
Emisiones de CO ₂ (g)	2,105 (187)	2,320 (238)	3,381 (370)	3,221 (667)
PM ₁₀ (Mg)	2,128 (592)	1,619 (329)	1,982 (1,190)	3,845 (1,881)
Combustible Utilizado (g)	962 (56)	1,046 (43)	1,634 (185)	1,605 (9)
Tiempo a 80°C(min)	28 (3)	49 (12)	52 (101)	54 (21)

Nota: Desviación estándar entre paréntesis (), Rocket y T-LUD (R/T). Justa 2×3 línea base para estufas mejoradas y Rocket línea base para el modelo R/T.

Se muestran datos (cuadro 1) del rendimiento de 5 estufas (Justa 2×3, Rocket, Combinación de Rocket y T-LUD a 2.5 Pulgadas y Combinación Rocket y T-LUD a 7.5pulgadas). Se evaluaron las variables CO (monóxido de carbono), CO₂ (dióxido de carbono), PM₁₀ (micropartículas de 10micras), combustible utilizado y tiempo en que llega el agua a 80°C. Con estos datos se determinan la eficiencia de cada una de las estufas; se compararon las distancias 2.5 y 7.5 pulgadas entre el Rocket y T-LUD (R/T) para identificar la combinación mas eficiente en comparación con las demás estufas.

Se identificaron reducciones en la combinación R/T a 2.5 pulgadas comparado a la combinación R/T a 7.5 pulgadas, de 90.6% (485g) en emisiones de CO y 48.4% (1863mg) de PM₁₀. La reducción se le atribuye a que a en una distancia mas cercana el T-LUD del Rocket se logra quemar las emisiones de CO y PM₁₀ aprovechando estas como combustible y reduciendo las emisiones. Anteriormente se menciona que las emisiones de CO y PM₁₀ son dañinas para la salud es por eso que son relevantes las reducciones de este tipo de contaminantes.

Sin embargo se obtienen aumentos en la combinación R/T a 2.5 pulgadas en relación al Rocket, de 28.7% (14.39g) de CO, 31.3% (1061g) de CO₂, 18.3% (363mg) de PM₁₀, 36.5% (597g) de combustible utilizado y 5.7% (3 minutos) para lograr 80°C en el agua. Por otra parte se identifican aumentos en la combinación R/T a 2.5 pulgadas en relación con la Justa 2×3, de 37.7% (1276g) de CO₂, 41.1% (672g) de combustible utilizado, 46.1% (24 minutos) para lograr 80°C en el agua.

El T-LUD tiene la desventaja de no poder ser recargado mientras esta encendido, dado al tamaño del T-LUD modelo Pipe y al corto tiempo en que se consume el olote; no se logró realizar la prueba Rocket y T-LUD utilizando olote como combustible.

Comparación entre combustibles evaluados.

Cuadro 2: Promedio y desviaciones estándar de combustibles en T-LUD

Variables/Combustible	Olote n=3	Chips n=3
Emisiones de CO (g)	64 (22)	11 (9)
Emisiones de CO ₂ (g)	1,838 (514)	2,335 (1,030)
PM ₁₀ (Mg)	406 (254)	1,630 (1,704)
Combustible Utilizado (g)	982 (204)	599 (517)
Tiempo a 80°C(min)	29 (5)	80 (19)

Nota: Desviación estándar entre paréntesis ().

El rendimiento del olote en comparación a los chips en la cámara de combustión T-LUD se identificaron: aumentos de 82.81% (53g) de CO y 39% (338g) de combustible utilizando. Reducciones de 21.2% (497g) de CO₂, 75% (224mg) de PM₁₀ y 63.7% (51minutos) para lograr 80°C en el agua. Sin embargo el olote como combustible puede ser adaptado en fincas en donde este es un residuo de cosechas de maíz y se cocina en tiempos menores a 35min, tiempo promedio que dura un T-LUD con 1500 gramos de olote. Por otra parte, el aumento de emisiones de CO₂ y PM₁₀ en chips es dado por el contenido de resina que naturalmente contiene los chips en relación al olote.

Comparación de variables evaluadas en las estufas. Para obtener datos de las diferencias entre las variables de las estufas evaluadas, se utilizó la metodología de Kruskal Wallis para muestras independientes. Este análisis permite comparar más de dos grupos no paramétricos, partiendo de esta prueba observaremos la significancia en las variables para luego determinar con otra prueba la significancia entre dos estufas.

Cuadro 3. Comparación de variables evaluadas en las estufas

	CO (g)	CO ₂ (g)	PM ₁₀ (mg)	Consumo de combustible (g)	Tiempo a 80°C (min)
n	3	3	3	3	3
Asymp. Sig. (P)	.015	.071	.100	.024	.020

Nota: Variable dependiente tipo de estufa

Para delimitar el error aceptable de la prueba en donde se comparan todos los grupos de estufas se utiliza el valor alfa de menor a 0.05 en donde aceptamos el 5% del error observado y una confiabilidad de nuestros datos de 95%. Se determina que comparando con los valores P de las variables CO (0.015), consumo de combustible (0.024), de tiempo a 80°C(0.020) difieren estadísticamente entre si por ser menores sus valores P al alfa de 0.05. Por otra parte con un alfa menor a 0.10 en comparación al valor P se determina que existen diferencias significativas en todas las variables de las estufas evaluadas como ser: CO, CO₂, PM₁₀, consumo de combustible y tiempo a 80°C.

Comparación entre combinación de cámaras de combustión y estufas. Por medio de la prueba de Mann Whitney se comparo la combinación de cámaras de combustión R/T a distancias de 2.5 y 7.5 pulgadas como con las estufas Rocket y Justa 2x3, así mismo se comparo los combustibles en el T-LUD olote y chips en dos grupos no paramétricos.

Cuadro 4: Emisiones y consumo de combustible de las cámaras de combustión y estufas.

Comparación	CO (g)	CO ₂ (g)	PM ₁₀ (mg)	Consumo de combustible (g)	Tiempo a 80°C (min)
Combinación R/T distancia. 2.5 pulgadas Vs. Combinación R/T distancia. 7.5 pulgadas.	.050 (.000) ^a	.827 (4.000) ^b	.127 (1.000) ^b	.507 (3.000) ^b	.827 (4.000) ^b
Justa 2x3 Vs. Combinación R/T distancia. 2.5 pulgadas	.513 (3.000) ^b	.050 (.000) ^a	.827 (4.000) ^b	.050 (.000) ^a	.050 (.000) ^a
Rocket Vs. Combinación R/T distancia. 2.5 pulgadas.	0.46 (.000) ^b	.050 (.000) ^a	.827 (4.000) ^b	.050 (.000) ^a	.658 (3.500) ^b
T-LUD Olote Vs. T-LUD Chips	.050 (.000) ^a	.513 (3.000) ^b	.275 (2.000) ^b	.275 (2.000) ^b	.050 (.000) ^a

Nota: Rocket y T-LUD (R/T), Valor de Mann Whitney U entre paréntesis. Difiere significativamente^(a), no difiere significativamente^(b).

Dada la corrección de bonferroni para controlar la tasa de error de la prueba y contar con resultados confiables propone que el valor del alfa de 0.050 sea dividido entre el número de comparaciones siendo el nuevo valor de alfa de 0.012 el cual compararemos con el valor Mann Whitney U. Se obtienen diferencias estadísticas con ambos alfas de 0.050 y 0.012 en los índices ^a ya que los valores de Mann Whitney U son de 0.00 siendo menor los valores U que los valores alfas mencionados, y los valores con índices ^b no difieren estadísticamente entre si por tener valores mayores Mann Whitney U de 1.000.

Las diferencias significativas en las comparaciones de las estufas indican que si hay una reducción en las emisiones de CO en R/T a una distancia de 2.5 pulgadas en comparación a 7.5 pulgadas, por lo que se obtiene una quema de los gases del Rocket pero no las necesarias para que estas emisiones sean menores a las de la línea base la Justa 2×3. Sin embargo los chips como combustible en el T-LUD en comparación a el olote logra menos emisiones de CO.

4. CONCLUSIONES

- La combinación de ambas cámaras de combustión puede ser tomada en cuenta de acuerdo a las necesidades y combustibles disponibles en las zonas de los hogares.
- Se determinó que combinación R/T a una distancia de 2.5 pulgadas logra reducir un 90.6% menos emisiones de CO que la combinación 7.5 pulgadas.
- El olote como combustible en el T-LUD produce un 82.81% mas emisiones de CO y el agua tarda un 63.7% menos tiempo en llegar a 80°C que el chips como combustible en el T-LUD,
- El tiempo en que el agua logró 80°C en la combinación R/T a una distancia de 2.5 pulgadas se determinó un aumento de 24 minutos en comparación a la Justa 2×3 y una reducción de 51 minutos utilizando olote en relación al chip como combustible en la cámara de combustión T-LUD.

5. RECOMENDACIONES

- Desarrollar más estudios de la combinación de T-LUD con Rocket con diferentes combustibles como ser briquetas y pellets, elaborados a partir de desechos o residuos agrícolas o forestales.
- Utilizar un T-LUD con una capacidad de 2,500 gramos de combustible para obtener pruebas Rocket y T-LUD utilizando olote como combustible, debido a que en el modelo T-LUD Pipe tiene una capacidad limitada de 1,500 gramos ya que con 1000 gramos mas se puede obtener dicha prueba.
- Se recomienda realizar más de cinco pruebas en las evaluaciones de las estufas y cámaras de combustión para lograr datos estadísticamente más representativos y con un menor margen de error en el muestreo.
- Tomar en cuenta cuando se utiliza olote como combustible, medidas deben ser no menores a $2\text{ cm} \times 1\text{cm}$ ya que se obstruye el ingreso del oxígeno primario y se apagara en el desarrollo de la evaluación.

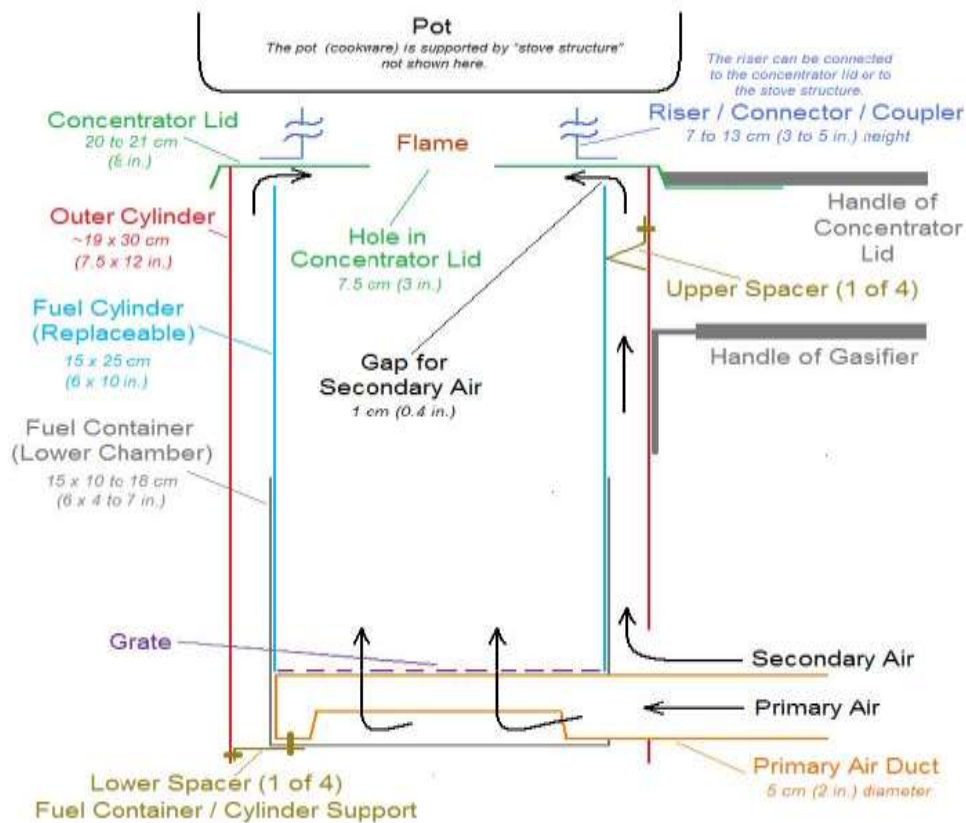
6. LITERATURA CITADA

- AHDESA, 2011. Uso eficiente de biomasa en cocina Justa. Asociación Hondureña para el Desarrollo. Honduras. p 28.
- Anderson, P. 2009. Interpretation of CO and PM Emissions Data from T-LUD Gasifier Cookstoves. Seattle-Kirkland, WA, USA. p 6.
- Anderson, P. 2010. T-LUD Handbook. USA. p 19.
- Anderson, P. 2009. T-LUD Gasifier highlights of 2008 designs, low emissions and applications. Presentation to the ETHOS conference. WA. USA. p 16.
- Aprovecho Research Center. 2008. Validation of the PEMS Portable Emissions Monitoring System. USA. p 4.
- Bailis, R., D. Ogle, N. MacCarty y S. Still. 2007. The Water Boiling test. USA. p 52.
- Centro de Certificación de Estufas Mejoradas. 2009. Evaluación de siete tipos de estufas mejoradas en el campus y en las comunidades alrededor de Zamorano. EAP, Honduras. p 112.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, CR), 1999. Manual para la redacción de referencias bibliográficas. San Jose, CR. P 23.
- Roth C. 2011. Manual de Microgasificación. GIZ. Alemania. P 100.
- Sanders, A; L. Morazán. 2011. Consumo de Leña en Honduras. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano. Honduras. p 55.

7. ANEXOS

Anexo 1. Siglas y abreviaciones

CCEM	Centro de Certificación de Estufas Mejoradas de Zamorano
CO	Monóxido de carbono
CO ₂	Dióxido de carbono
PM ₁₀	Micropartícula de tamaño 10 micras
PEMS	Portable Emissions Monitoring System
R/T	Rocket y T-LUD
T-LUD	Top Lit Up Draft
WBT	Water Boiling Test



Anexo. 2. Diseño del T-LUD

Fuente: Anderson, P. (2009).



Anexo. 3 Evaluación con el equipo PEMS



Anexo. 4 Cámara de combustión Rocket y T-LUD