



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

Instituto de Ciencias Básicas y Aplicadas.

**Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en
Energías Renovables.**

TESIS

**“Desarrollo de un laboratorio y una
metodología para la evaluación de estufas
ecológicas”**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

**Maestro en Materiales y Sistemas
Energéticos Renovables.**

Autor:

Oscar Martínez Aguirre.

Directores:

**Dr. Joel Moreira Acosta.
Dr. Nein Farrera Vázquez.**

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

Mayo de 2016.

Dedicatoria

A mis padres Hilda Aguirre Chávez y Benito Martínez Avilés por haberme forjado como la persona que hoy en día soy, todos mis logros se los debo a ustedes y éste es uno más, gracias por guiarme siempre por el camino del bien, por el camino del trabajo, el camino más difícil pero el más satisfactorio, el camino que me ha llevado a alcanzar muchos logros y metas. Mil Gracias!

A mis hermanos Valeria y Omar, espero ser un buen ejemplo para ustedes, un ejemplo de superación personal, sepan que con mucho esfuerzo se cumplen los sueños por muy grandes que estos sean.

A mi abuelita Agustina, mi tía Belem, mi tía María, a mi tía Silvia y a mis primos que siempre están pendientes de mí.

A mis amigos Kevin, Mondragón, Lupe, Liz, a Shasira por ser siempre una amiga incondicional y muy en especial a Dania por estar hasta altas horas de la noche apoyándome siempre y haciendo de los días difíciles días felices, muchas gracias!

Al Dr. Joel Moreira Acosta por su valiosa amistad, por sus conocimientos y sobre todo por su apoyo en todo momento y hacer que creyera en mí. ¡Hasta la victoria siempre!

Agradecimientos

Agradezco a la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, por el tiempo y el espacio que me otorgaron, al cuerpo académico que gracias a sus conocimientos me hicieron crecer profesionalmente.

Agradezco a los miembros de mi comité tutorial su tiempo y apoyo, a los Doctores Pascual López de Paz, Nein Farrera Vázquez, y muy en especial al Dr. Joel Moreira Acosta por ser un gran ejemplo.

Agradezco a mis compañeros de posgrado, con quienes trabajé en algunos proyectos, gracias por todos los buenos y malos momentos que pasamos juntos, por apoyarme cuando lo necesité y por ser parte de este camino de logros y satisfacciones.

Proyecto 152941 SENER-CONACYT “Estación de pruebas de sistemas energéticos renovables.

Y por último pero no menos importantes a los alumnos de la Licenciatura en Energías renovables sin su apoyo no habría logrado cumplir con esta meta, en especial agradezco a José Alberto Hernández Sánchez, por ser pieza fundamental para la realización de este proyecto, que desde que inició se involucró día y noche conmigo hasta finalizarlo.

Resumen

El siguiente trabajo de investigación presenta el desarrollo de un laboratorio y una metodología para la evaluación de estufas ecológicas.

Se diseñó y construyó un laboratorio con todas las características físicas e instrumentales para colocar diferentes estufas ecológicas, con todo el equipamiento necesario para realizar una evaluación y caracterizaciones bajo condiciones reales y extremas de operación.

Paralelamente se desarrolló una metodología para evaluar y caracterizar a cada uno de los dispositivos implementados en el laboratorio.

Finalmente se aplicó la metodología desarrollada a las estufas ecológicas, identificando ventajas y desventajas de cada una de ellas.

Dentro de los resultados más importantes se encuentran la eficiencia térmica en la cual la estufa Enerchía obtuvo el mejor resultado, el consumo de combustible que en este caso la mejor fue la estufa O´nil, tiempos de cocción de los alimentos una vez más la estufa Enerchía, emisiones generadas por combustión en esta prueba las tres obtuvieron excelentes resultados, nivel de seguridad al igual que la prueba anterior los tres modelos obtuvieron excelentes resultados y por último los impactos sociales que solo se pudieron obtener de la estufa Enerchía por ser el único modelo de estufa al que se le aplicó esta prueba.

Abstrac

The following research paper presents the development of a laboratory and a methodology for assessing ecological stoves.

It was designed and built a laboratory with all the physical and instrumental to place different ecological stoves, with all the equipment necessary to conduct an assessment and characterizations under realistic operating conditions and extreme characteristics.

In parallel, a methodology was developed to assess and characterize that each of the devices used in the laboratory.

Finally the methodology developed to ecological stoves applies, identifying advantages and disadvantages of each.

Among the most important results are the thermal efficiency in which the stove Enerchía had the best result, fuel consumption in this case the best was the O'nil stove, cooking times food again stove Enerchía generated by combustion in this proof emissions three achieved excellent results, security level as the previous test the three models achieved excellent results and finally the social impacts that only could be obtained from the Enerchía stove as the only model stove that was applied this test.

Índice General

Capítulo 1 Introducción

1.1 Introducción.....	1
1.2 Problemática.....	2
1.3 Objetivo General.....	3
1.4 Objetivos específicos.....	3

Capítulo 2.- Antecedentes

2.1 Introducción.....	4
2.2 Uso de la biomasa a través del tiempo.....	4
2.3 El uso de la leña en México.....	5
2.4 Uso del fogón abierto.....	6
2.5 Problemática por el uso del fogón abierto.....	7
2.6 Estufas ecológicas.....	8
2.7 Organizaciones, centros y laboratorios de evaluación de estufas ecológicas en el mundo.....	12
2.7.1 La Alianza Mundial para Estufas Limpias (Alianza).....	12
2.7.2 Aprovecho Research Center, Estados Unidos.....	13
2.7.3 La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA).....	13
2.7.4 Volunteer in Technical Assistance (VITA) Estados Unidos.....	13
2.7.5 Laboratorio de Evaluación y Certificación de Cocinas de la Gerencia de Investigación y Normalización de SENCICO (Perú).....	14
2.7.6 Centro de Pruebas de Cocinas (CPC) Bolivia.....	14

2.7.7 Grupo Interdisciplinario de Tecnología Apropriada [GIRA], México.....	15
2.7.8 Resumen de diversos programas e instituciones a nivel mundial que se enfocan en actividades relacionadas con estufas ecológica.....	16

Capítulo 3.- Marco Teórico

3.1 Introducción.....	18
3.2 Biomasa.....	18
3.3 Bioenergía.....	18
3.4 Procesos de transformación de la biomasa.....	19
3.4.1 Procesos bioquímicos.....	19
3.4.1.1 Procesos anaeróbicos.....	19
3.4.1.2 Procesos aeróbicos.....	20
3.4.2 Procesos termoquímicos.....	20
3.5 Combustión.....	21
3.5.1 Combustión completa.....	22
3.5.2 Combustión incompleta.....	23
3.5.3 Energía de activación.....	23
3.5.4 Combustible.....	24
3.5.5 Poder calorífico de un combustible.....	25
3.5.6 Comburente.....	26
3.6 Formas de transmisión del calor.....	26
3.7 Aplicaciones de la combustión.....	27
3.8 Fogón abierto.....	27

3.9 Leña.....	28
3.10 Estufas ecológicas.....	29
3.10.1 Ventajas y desventajas.....	29
3.10.2 Tipos de estufas ecológicas.....	30
3.10.1 Estufa O´nil de plancha.....	31
3.10.2 Estufa Patsari.....	31
3.10.3 Estufa Enerchia.....	32
3.11 Impactos y beneficios del uso de estufas ecológicas.....	33
3.12 Eficiencia de las estufas ecológicas.....	34
3.13 Protocolos para evaluación de estufas ahorradoras de leña.....	36
3.13.1 Prueba de ebullición de agua (PEA).....	37
3.13.2 Prueba de cocinado controlado (PCC).....	39
3.13.3 Prueba de funcionamiento en cocina (PFC).....	41

Capítulo 4.- Metodología

4.1 Diseño e implementación del laboratorio de evaluación de estufas ecológicas.....	43
4.1.1 Cimientos.....	43
4.1.1.2 Estructura de soporte.....	44
4.1.1.3 Paredes.....	45
4.1.1.4 Techo.....	46
4.1.1.5 Puerta corrediza.....	46
4.1.1.6 Electrificación del laboratorio.....	47
4.2.2 Adquisición y construcción de estufas ecológicas.....	47

4.2.3 Adquisición de los dispositivos necesarios para medición de los diversos variables que se evaluarán.....	47
4.3 Pasos para el desarrollo de una metodología para la evaluación de estufas ecológicas.....	48
4.4 Aplicación de la metodología desarrollada.....	48

Capítulo 5.- Resultados y discusión.

5.1 Introducción	49
5.2 Diseño y construcción de laboratorio.....	49
5.2.1 Instalación de los diferentes modelos de estufas ecológicas que se evaluaron.....	52
5.2.2 Dispositivos para evaluación de estufas ecológicas.....	54
5.3 Metodología desarrollada.....	58
5.3.1. Identificación de la estufa ecológica que se va a evaluar.....	58
5.3.2. Caracterización Física.....	59
5.3.3 Pruebas de Eficiencia Térmica.....	59
5.3.3.1 Pruebas internacionales.....	59
5.3.3.1.1 Prueba de Ebullición de Agua (WBT).....	59
5.3.3.1.2 Prueba Controlada de Cocinado.....	60
5.3.3.2 Pruebas propias desarrolladas.....	60
5.3.3.2.1 Prueba de Comportamiento Térmico del Comal.....	60
5.3.3.2.1 Prueba de Capacidad Máxima de Cocción de Alimentos Típicos.....	61
5.3.4 Prueba de Emisiones de Gases.....	61
5.3.5 Prueba de seguridad.....	61

5.3.6 Evaluación de Impacto Social.....	61
5.3.7 Informe final.....	62
5.4 Validación d la pruebas aplicadas a los modelos de estufas ecológicas implementadas en el laboratorio.....	63
5.4.1 Hoja de identificación de modelos de estufas evaluados.....	64
5.4.2 Hoja de caracterización física de modelos de estufas evaluados.....	68
5.4.3 Validación de las pruebas de eficiencia térmica.....	72
5.4.3.1 Validación de la Prueba de Ebullición de Agua (WBT).....	72
5.4.3.2 Validación de la Prueba de Cocción Controlada (CCT).....	75
5.4.3.3 Validación de la Prueba de Comportamiento Térmico del Comal (PCTC).....	77
5.4.3.4 Validación de la Prueba de Capacidad Máxima de Cocción de Alimentos Típicos.....	79
5.4.4 Validación de la Prueba de Emisiones de Gases.....	82
5.4.5 Validación de la Prueba de Seguridad.....	87
5.4.6 Validación de la prueba de impacto social.....	89
5.4.7 Validación de informe final de los modelos de estufas evaluadas.....	91
Conclusiones.....	95
Recomendaciones.....	96
Bibliografía.....	97
Anexos.....	100

Índice de tablas

Nombre	Descripción	Página
Tabla 1	Organizaciones, centros y laboratorios de evaluación de estufas ecológicas en el mundo.	17
Tabla 2	Tipos de estufas ecológicas	30
Tabla 3	. Resultados de la prueba de ebullición d agua (WBT).	72
Tabla 4	Resultados obtenidos durante la Prueba de Cocción Controlada utilizando frijol.	75
Tabla 5	Se presentan los resultados obtenidos durante Prueba de Cocción Controlada utilizando maíz.	77
Tabla 6	Resultados de la prueba de cocción máxima de alimentos.	82
Tabla 7	Resultados sobre reducción de combustible y tiempo de cocinado de las estufas ecológicas respecto al fogón tradicional.	84
Tabla 8	Prueba de emisiones de la cocción de frijol, maíz y ebullición de 5 litros de agua.	85
Tabla 9	Resultados generales de las evaluaciones de seguridad aplicadas a cada una de las estufas ecológicas	87
Tabla 10	Resultados individuales de las evaluaciones de seguridad aplicadas a cada una de las estufas ecológicas.	87
Tabla 11	Resultados de encuesta utilizando el fogón	89
Tabla 12	Resultados generales de las evaluaciones de seguridad aplicadas a cada una de las estufas ecológicas.	90

Índice de figuras

Nombre	Descripción	Página
Figura 1	Procesos termoquímicos de conversión de biomasa en energía.	21
Figura 2	Triángulo de fuego.	22
Figura 3	Formas de transmisión del calor.	26
Figura 4	Fogón tradicional.	27
Figura 5	Caldera.	27
Figura 6	Estufa O'nil.	31
Figura 7	Estufa Patsari Modificada.	32
Figura 8	Estufa Enerchia.	33
Figura 9	Vista frontal del laboratorio con sus medidas.	50
Figura 10	Vista lateral.	50
Figura 11	Inicio de excavación.	50
Figura 12	Inicio de construcción de cimientos.	51
Figura 13	Cimientos.	51
Figura 14	Estructura de soporte.	51
Figura 15	Instalación de paredes de tabla roca.	51
Figura 16	Techo del laboratorio.	52
Figura 17	Laboratorio iluminado.	52
Figura 18	Divisiones del laboratorio	52

Figura 19	Estufa O'nil	53
Figura 20	Estufa Enerchía	53
Figura 21	Estufa patsai modificada	53
Figura 22	Fogón tradicional	53
Figura 23	Esquema general de la metodología desarrollada.	62
Figura 24	Gráfica comparativa de tiempo en llevar al punto de ebullición 5l de agua de 4 tecnologías de cocción de alimentos.	73
Figura 25	Gráfica comparativa de la eficiencia de las 4 tecnologías de cocción evaluadas.	73
Figura 26	Gráfica comparativa de consumo de combustible de 4 tecnologías de cocción de alimentos durante el WBT.	74
Figura 27	Gráfica comparativa de tiempos de cocción entre fogón y estufas ecológicas evaluadas	76
Figura 28	Gráfica comparativa de consumo de combustible durante la cocción de 1kg frijol con 4 diferentes tipos de tecnologías de cocción de alimentos.	76
Figura 29	Gráfica comparativa de tiempo de cocción de maíz entre el fogón y las estufas ecológicas.	77
Figura 30	Gráfica comparativa de combustible consumido entre el fogón y los modelos de estufas ecológicas.	78
Figura 31	Comportamiento térmico de la Estufa Enerchía en función del tiempo.	79
Figura 32	Comportamiento térmico de la estufa Enerchía en función del tiempo en la fase de calentamiento.	80

Figura 33	Comportamiento térmico del comal de la estufa Enerchia en la fase de enfriamiento.	80
Figura 34	Gráfico comparativo de comportamiento térmico del comal entre Estufa Enerchía, Estufa Patsari y Estufa O'nil.	81
Figura 35	Gráfico comparativo de CO generado por la estufa Enerchia en comparación con el fogón y los límites permisibles establecidos por la Organización Mundial de la Salud durante la Prueba de Máxima Cocción de Alimentos.	86
Figura 36	Gráfico comparativo de CO ₂ generado por las estufas ecológicas en comparación con el fogón tradicional y los límites permisibles establecidos por la Organización Mundial de la Salud durante la Prueba de Máxima Cocción de Alimentos.	86
Figura 37	Gráfica comparativa de nivel de seguridad entre fogón tradicional y estufas ecológicas evaluadas.	88

Capítulo 1. Introducción

1.1 Introducción.

Según la Ley para el Aprovechamiento de la Energía Renovable y el Financiamiento para la Transición Energética (LAERFTE), México debe generar, para el 2024 por lo menos, el 35% de su energía eléctrica con fuentes renovables.

Una de las variantes más adecuadas es el uso y aprovechamiento de los recursos bioenergéticos mediante diversos procesos para obtener una energía útil. En México el bioenergético más utilizado es la leña la cual se ocupa para la cocción de alimentos y calefacción. El proceso y tecnología usados para esta actividad provoca grandes problemas al medio ambiente y sobre todo a la salud de las personas que lo utilizan.

En Chiapas existen unas 545 261 viviendas que siguen utilizando combustibles derivados del petróleo para las necesidades anteriormente descritas.

En el capítulo 1 se describen algunos aspectos fundamentales sobre las estufas ecológicas, la problemática que estas provocan y a la vez la problemática de no contar con un centro de evaluación en el Estado de Chiapas, también el objetivo general y los objetivos específicos sobre este trabajo de investigación. El capítulo II “Antecedentes” habla sobre la utilización de la biomasa a través de la historia, las aplicaciones de la combustión, la problemática por el uso de los fogones tradicionales, los protocolos internacionales para evaluación de estufas ecológicas que existen actualmente así como los centros de investigación donde se evalúan. En el capítulo III se muestran los diferentes conceptos que implican el tema de la evaluación de las estufas ecológicas para que el lector tenga una idea clara y concisa de lo que se está hablando. En el capítulo IV “Metodología se muestran los pasos que se llevaron a cabo para la construcción del laboratorio, los pasos para la realización de una metodología de evaluación de estufas y finalmente el procedimiento para aplicar ésta metodología a cada estufa ecológica. Por último el capítulo V “Resultados y discusión” donde se muestran los resultados de todas las

evaluaciones hechas a cada una de las estufas ecológicas así como al fogón de 3 piedras, también la identificación de sus ventajas y desventajas y para posteriormente dar una opinión en base a los resultados de las tecnologías que son adecuadas para la implementación.

1.2 Problemática

Diferentes dependencias del gobierno así como instituciones privadas están llevando a cabo programas de implementación de estufas ecológicas. Sin embargo, no existe información sobre el desempeño de éstas que permita hacer una selección de la mejor tecnología en términos de eficiencia energética, reducción de exposición a contaminantes y aceptación social, lo que ha provocado el fracaso en muchos los de programas de implementación.

En Chiapas no existe un laboratorio que permita evaluar y caracterizar el desempeño de los diversos modelos de estufas ya desarrolladas e implementadas y sobre todo que cuente con una metodología de evaluación que atienda de forma integral el desempeño técnico así como los impactos sociales y ambientales de estos dispositivos

1.3 Objetivo General

Desarrollar un laboratorio de estufas ecológicas y una metodología para la evaluación y caracterización de dispositivos y que permita identificar ventajas y desventajas para su posible aplicación.

1.4 Objetivos específicos

1.- Desarrollar la infraestructura física para la evaluación de estufas ecológicas.

Acciones:

1.1- Construir infraestructura.

1.2- Construir, adquirir e implementar dispositivos a evaluar.

1.3- Definir y adquirir equipos para la evaluación de los dispositivos.

2.- Desarrollar una metodología para la evaluación de estufas ecológicas basada en la eficiencia térmica, emisiones de gases, seguridad e impactos sociales.

Acciones:

2.1- Establecer parámetros y variables de evaluación.

2.2- Establecer modelo.

2.3- Validar modelo desarrollado mediante pruebas experimentales.

3.- Evaluar y caracterizar los dispositivos (estufas ecológicas) implementados en el laboratorio.

Acciones:

3.1- Identificación del dispositivo a evaluar.

3.2- Evaluación de caracterización física.

3.3- Evaluación térmica.

3.4- Evaluación de generación de gases producidos por la combustión.

3.5- Evaluación de seguridad

3.6- Evaluación de impacto social

3.7.- Informe Final

Capítulo 2. Antecedentes

2.1 Introducción.

En este capítulo se hablará de como se ha utilizado la biomasa como combustible a través del tiempo, sobre los usos de la leña, algunos programas de implementación de estufas ecológicas y de los diversos centros de evaluación que hay en el mundo

2.2 Uso de la biomasa a través del tiempo.

La biomasa ha sido el primer combustible empleado por el hombre, desde el inicio de nuestra existencia se utilizó para producir fuego para cocinar, para calentar el hogar, para hacer cerámica, posteriormente, para producir metales y para alimentar las máquinas de vapor. Fueron precisamente estos nuevos usos, que progresivamente requerían mayor cantidad de energía en un espacio cada vez más reducido, los que promocionaron el uso del carbón como combustible sustitutivo, a mediados del siglo XVIII cuando se dio la llamada Revolución Industrial.

Desde ese momento se empezaron a utilizar otras fuentes energéticas más intensivas (con un mayor poder calorífico), y el uso de la biomasa fue bajando hasta mínimos históricos que coincidieron con el uso masivo de los derivados del petróleo y con unos precios bajos de estos productos.

A pesar de ello, la biomasa aún continúa jugando un papel destacado como fuente energética en diferentes aplicaciones industriales y domésticas. Por otro lado, el carácter renovable y no contaminante que tiene y el papel que puede jugar en el momento de generar empleo y activar la economía de algunas zonas rurales, hacen que la biomasa sea considerada una clara opción de futuro. [1]

2.3 El uso de la leña en México.

La leña, por su importancia económica, social y ambiental, constituye la principal fuente de energía del sector doméstico rural (Masera,1997). Se estima que en México la leña aporta entre el 36% y el 45% del sector residencial (SENER, 2002; Díaz-Jiménez, 2000) [2].

El uso de otras formas de biomasa como el estiércol y los residuos de cosechas no es significativo en nuestro país. Se estima así mismo que la población que usa leña en México es de alrededor de 28 millones de personas. Esta población está concentrada principalmente en el medio rural, en donde el 89% de la gente utiliza leña como fuente principal de energía para la preparación de alimentos, mientras que en el medio urbano sólo el 11% de la población usa este energético para el mismo uso final de acuerdo con datos de 1990. Si bien la proporción de la población del país que usa leña ha disminuido en las últimas décadas, en números absolutos los usuarios de leña han aumentado (en 3.3 millones entre 1960 y 1990).

La mayoría de los usuarios de leña la utilizan como combustible único para cocinar, pero existe una proporción cada vez mayor de usuarios mixtos que utilizan tanto leña como gas LP. Se estima que en el año 1990 el 30% de los usuarios de leña eran mixtos, tanto en el medio rural como en el urbano, y es muy probable que este porcentaje haya aumentado desde entonces. Los usuarios mixtos por lo general utilizan la leña como combustible principal, y el gas como combustible complementario; usan leña para las tareas con mayor demanda energética (tortillas, nixtamal, frijoles), y el gas para tareas menores, por lo que la estufa de gas adquiere un papel parecido al que tiene el horno de microondas en las ciudades. De hecho, se estima que en promedio sólo el 16% de las necesidades caloríficas de los usuarios mixtos se cubren por medio del gas. [3] [4].

La mayor parte de los usuarios de leña se concentra en los estados de Chiapas, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán.

A nivel local, en un estudio realizado en Chiapas en la región Zoque, se encontró que los consumos más elevados se encontraron entre propietarios en el acahual y cafetal con 18.2 kg/habitante al día, si lo comparamos con el promedio a nivel nacional por habitante que es de 2.1 kg/día (9.9 kw/h), el consumo es demasiado alto y comparado con otras fuentes de energía mucho más. Otro dato interesante es que la leña proviene de 101 especies (en la región Zoque) aunque las más usadas son la de quebracho espino (*Acacia Pennatula*) y roble encino (*Quercus oleoides*). Quienes no tienen tierras, utilizan especies que no son adecuadas para la leña, olotes y a veces bolsas y botellas de plástico [5]

2.4 Uso del fogón abierto.

La combustión de la biomasa en fogones abiertos se da de manera incompleta e incontrolada y genera, por ello, una gran cantidad de partículas y gases contaminantes. De acuerdo con Cooper (1982, citado por Smith, 1987) la quema de biomasa en fogones abiertos genera diecisiete sustancias consideradas "contaminantes prioritarios" por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés), para las cuales existe evidencia de toxicidad, más de catorce compuestos carcinógenos, seis tóxicos para los cilios y agentes muco-coagulantes y cuatro precursores del cáncer.

En el interior de las viviendas, particularmente en las cocinas, ocurre la mayor exposición a estos contaminantes, siendo las mujeres y los niños las poblaciones mayormente expuestas por pasar la mayor parte del tiempo en la cocina. La población que utiliza combustibles tradicionales de biomasa para cocinar está expuesta durante periodos de tres a siete horas diarios a niveles muy altos de contaminantes durante muchos años [6]

Según un estudio llevado a cabo en el estado de México (Brauer et al., 1996), las mujeres pasan más del 60% de su tiempo durante el día (12 horas) en el interior de la cocina. Incorporando el tiempo nocturno, estos resultados se traducen a aproximadamente 31% del día (24 horas) en la cocina. Esto es muy similar a resultados de estudios realizados en la India y Kenya, en donde se encontró que las mujeres pasan el 28 y 32%, respectivamente, de su día (24 horas) en la cocina.[7]

En las cocinas tradicionales de los países en desarrollo las concentraciones de partículas superan ampliamente las concentraciones consideradas como permisibles de acuerdo con normas internacionales establecidas para la calidad del aire en ambientes exteriores. Por ejemplo, concentraciones típicas de partículas suspendidas inhalables, conocidas como PM10 (por tener un diámetro aerodinámico menor a 10 μm), en cocinas que usan bio-combustibles van de 300 a 3,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 24 horas; estos niveles son aún superiores en casas que utilizan fogones abiertos, ya que las concentraciones pueden llegar a niveles por arriba de 20,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (OMS, 2002). Para este contaminante, tanto en México como en Estados Unidos, la norma federal establece un valor máximo permisible en ambientes exteriores de 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 24 horas una vez al año.

En un estudio en Kenya se encontró que entre 30 y 60% de la exposición personal integrada proviene de episodios cortos de muy altas concentraciones de contaminantes.

2.5 Problemática por el uso del fogón abierto.

En el mundo unos 3 000 millones de personas cocinan y calientan sus hogares con fuegos abiertos y cocinas en los que queman biomasa (madera, excrementos de animales o residuos agrícolas) y carbón.

Cada año en el mundo, más de 4 millones de personas mueren prematuramente por enfermedades atribuibles a la contaminación del aire de los hogares como consecuencia del uso de combustibles sólidos para cocinar.

Más del 50% de las muertes por neumonía en menores de 5 años son causadas por partículas inhaladas en interiores con aire contaminado.

Cada año, 3,8 millones de defunciones prematuras debidas a enfermedades no transmisibles, en particular accidente cerebrovascular, cardiopatía isquémica, neumopatía obstructiva crónica y cáncer de pulmón, son atribuibles a la exposición al aire de interiores contaminado [8].

2.6 Estufas ecológicas.

Los primeros proyectos de estufas mejoradas se realizaron en la India e Indonesia en los años cincuenta. En África, particularmente en el Sahel, se iniciaron después de la sequía ocurrida a finales de la década de los setenta y en América Central, tras el terremoto de Guatemala en 1976. La primera generación de estufas, introducidas en su mayoría por iniciativa de los países industrializados occidentales, incluía dispositivos con chimenea, y eran para dos o tres ollas o cacerolas. En general resultaron modelos complicados, costosos o difíciles construir [9].

Los modelos de la segunda generación (1980-1990) estaban mejor estudiados y adaptados a los problemas de la escasez de leña, a las necesidades de las usuarias, de los productores y de los mercados. Este enfoque, mejor adaptado a las condiciones locales (materiales, técnicas de construcción, procesos de difusión), se caracterizó por una clara participación tanto de especialistas en diseño, como de expertos conocedores de las condiciones locales y de las organizaciones de base. Los principales modelos difundidos entonces eran las estufas de barro para una olla, con chimenea, fabricados por las usuarias (autoconstrucción) y las estufas de cerámica o metal fabricadas por artesanos y

difundidas a través de los mecanismos tradicionales y de proyectos enfocados a la apertura de nuevos mercados (comercialización).

A principios del siglo veinte, la Fundación Shell impulsó una iniciativa para desarrollar programas exitosos de estufas de leña. Dentro de esta iniciativa se financiaron cuatro proyectos en el mundo para desarrollar métodos estandarizados de evaluación y monitoreo tanto de los cambios en la calidad del aire como de los ahorros en consumo de leña de las estufas. Uno de estos proyectos fue ejecutado en México por el Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada, A. C. (GIRA) y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); otro en Guatemala fue realizado por HELPS International y dos en India estuvieron a cargo del Appropriate Rural Technology Institute (ARTI) y el Development Alternatives Group (DA). En este esfuerzo participaron activamente varias instituciones de investigación: la UNAM, el Instituto Nacional de Ecología (INE), el Instituto Nacional de Salud Pública (INSP), la University of California (Irvine y Berkeley) y la University of Liverpool.

En esta tercera ola de las estufas de leña, también han participado intensamente organismos nacionales e internacionales tales como la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), el Programa Mundial de Alimentos (PMA), el Banco Mundial (BM) y el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), entre otros. Esta nueva etapa ha permitido sustentar con información técnica y científica los problemas asociados a los fogones tradicionales, y los beneficios generados por las estufas de leña, principalmente en los aspectos de salud, ambiente y economía, así como su importancia social y cultural. La experiencia lograda en la última década puede agruparse en cuatro temas: 1) tecnología, 2) modelos de disseminación, 3) seguimiento y evaluación y 4) medición de impactos.

Estos avances han permitido que en la actualidad se produzcan más de un millón de estufas por año, que son implementadas en más de 160 programas de estufas

en el mundo. Los países donde se ejecutan los proyectos más grandes son: China, India, Kenia y, en América Latina, Perú y México [10].

Según el estudio “Estufas Ahorradoras de Leña para el Hogar Rural (CATIE 1994), se han desarrollado varios tipos de estufa ahorradora de leña en la región centroamericana como la Josefina, Santa Ana, Mejorada y Ceta. Al evaluarse éstas, además de reducir el consumo de leña, reducen el tiempo de cocción de los alimentos, el humo de la cocina, el tiempo que la familia invierte en la recolección de leña y, consecuentemente, contribuyen a reducir la deforestación [11].

Los programas realizados y de los que se tiene información han mostrado los beneficios al ambiente local y global, pero sobre todo, los beneficios a la salud, el ahorro de tiempo y dinero, y en general el mejoramiento de la calidad de vida de las familias. Se estima que en el mundo actualmente 820 millones de familias disfrutan los beneficios que producen las estufas ecológicas [12].

Recientemente se lanzó la Alianza Global para las Estufas Limpias (Global Alliance for Clean Cookstoves) con apoyo del gobierno de Estados Unidos de Norteamérica, la Fundación de las Naciones Unidas, la Fundación Shell y otras instituciones y organizaciones. Esta gran alianza pretende impulsar la difusión de 100 millones de estufas limpias para el año 2020. Con esta acción, se hace un reconocimiento público de la problemática asociada al uso tecnologías tradicionales, pero sobre todo, nuevamente se impulsan medidas para resolver este complejo problema con metas en el corto, mediano y largo plazos.

La experiencia documentada, muestra que una de las principales barreras que ha limitado el éxito de los programas de estufas es la falta de seguimiento constante para asegurar el uso de las estufas e incrementar la adopción. Esto se podría superar si los proyectos tomaran como indicador el número de las que son utilizadas de manera cotidiana en el mediano y largo plazos, y no sólo se contabilizara la cantidad de estufas construidas o instaladas [13].

En el ámbito internacional, en el año 2010 se lanzó la Iniciativa Nacional de Estufas en la India, que pretende desarrollar una nueva generación de estufas eficientes y limpias para llevarlas a todas viviendas que usan fogones tradicionales.

En las dos iniciativas internacionales mencionadas se reunieron expertos en las diferentes áreas vinculadas al tema: científicos, fabricantes, implementadores, donantes e instituciones de gobierno, quienes de manera conjunta trabajaron en el diseño de una estrategia global para implementar proyectos de gran escala, buscando la sostenibilidad y soluciones de mercado ante los retos que plantean las prácticas tradicionales de cocinado.

Otras iniciativas nacionales recientes son las de Perú y México. En Perú se le denomina: “Campaña: medio millón de cocinas mejoradas por un Perú sin humo”; este programa inició en junio de 2009 y terminó en diciembre de 2011. Uno de los principales logros de esta iniciativa es la coordinación establecida, ya que se involucró a siete ministerios de gobierno, se firmaron varios decretos gubernamentales que contemplan temas económicos, políticos y por supuesto, una norma para la construcción de las estufas y un reglamento de certificación de las tecnologías [14].

En nuestro país no existen normas técnicas para evaluar el desempeño de estufas ecológicas por lo que únicamente se cuenta con la información que proporcionan los proveedores o algunos reportes sobre experiencias de implementación. Tampoco existen laboratorios que puedan evaluar el desempeño de estas tecnologías. Sin embargo existen normas de calidad del aire ambiente que inicialmente pueden servir de base para cuantificar contaminantes atmosféricos en espacios interiores.

Actualmente existe una amplia variedad de modelos de estufas ecológicas disponibles, con variaciones significativas respecto al aspecto físico, materiales de

construcción, costo y cantidades ofertadas. Sin embargo, sólo para algunas de ellas, se cuenta con algún tipo de información sobre su eficiencia energética, grado de aceptación de la población, aspectos socioeconómicos, aceptación y de emisiones generadas, aspectos que son cruciales para lograr los objetivos de programas de implementación relacionados con protección a la salud y al ambiente.

Durante 2008 el INE llevó a cabo un estudio para analizar diferentes criterios que pueden ser considerados para la evaluación de estufas mejoradas, así como los principales elementos de juicio que deben ser considerados en la selección de éstas, que se presentan en una matriz de evaluación de estufas mejoradas. El objetivo del estudio es coadyuvar a la selección de estufas mejoradas para que sean implementadas a través de un programa masivo de intervención en zonas de alta y muy alta marginación en nuestro país a partir de la evaluación de la eficiencia energética, de reducción de contaminantes en interiores, de la reducción de gases efecto invernadero y los aspectos socioeconómicos que impactan en su adopción y aceptación [15].

2.7 Organizaciones, centros y laboratorios de evaluación de estufas ecológicas en el mundo.

A continuación se presentan las principales instituciones en el mundo donde se evalúa la eficiencia de las estufas ecológicas y su impacto a la salud y el medio ambiente.

2.7.1 La Alianza Mundial para Estufas Limpias (Alianza).

Organizada por la Fundación de las Naciones Unidas, está a la vanguardia de los esfuerzos para promover la adopción de soluciones de estufas ecológicas y estimular la adopción universal de éstas y los combustibles limpios. En septiembre de 2010, Hillary Rodham Clinton, lanzó la Iniciativa Global Clinton, la cual tiene una ambiciosa meta de 10 años para fomentar la adopción de cocinas y combustibles limpios en 100 millones de hogares en 2020. La Alianza y sus socios

trabajan para establecer un mercado mundial floreciente para soluciones de estufas ecológicas abordando las barreras del mercado que impiden la producción, el despliegue y el uso de estufas y combustibles eficientes en los países en vías de desarrollo [16].

2.7.2 Aprovecho Research Center, Estados Unidos.

Centro de Investigación Aprovecho (ARC), es una corporación sin fines de lucro establecida en 1976, se dedica a la investigación, desarrollo y difusión de soluciones tecnológicas adecuadas para satisfacer las necesidades humanas básicas de los refugiados y las personas empobrecidas.

ARC en este momento está muy involucrada en el diseño y ensayo de estufas super limpias y desarrollan libros educativos, videos y otros medios de comunicación que utilizan sencillo lenguaje fácil de entender, para enseñar métodos y principios para el diseño y difusión de estufas ecológicas y calefacción. Proveen asistencia técnica y capacitación a las organizaciones no gubernamentales y grupos locales de desarrollo y difusión de estufas. Tienen un laboratorio de pruebas y evaluación de estufas [17].

2.7.3 The United States Environmental Protection Agency (EPA) Estados Unidos.

Establecida el 2 de diciembre de 1970 se ha consolidado como una agencia federal de investigación y seguimiento, estableciendo normas y actividades de aplicación para garantizar la protección del medio ambiente [18].

2.7.4 Volunteer in Technical Assistance (VITA) Estados Unidos.

Es una organización privada sin fines de lucro de voluntarios que ha proporcionado información técnica a los solicitantes en los países en desarrollo durante 40 años a través de su servicio de investigación basada en el voluntariado. Más de un cuarto de millón de solicitudes de información han sido

contestadas en ese momento en una amplia variedad de temas para mejorar los ingresos, la salud, la productividad, la educación y la calidad general de la vida de los solicitantes. El servicio se está transformando en un sistema basado en internet a través del cual un consorcio de organizaciones no gubernamentales que actúan como intermediarios, no tardará en obtener y difundir más información a los solicitantes, en cuestión de estufas ecológicas proporciona la información técnica para utilizar dispositivos de medición para realizar pruebas [19].

2.7.5 Laboratorio de Evaluación y Certificación de Cocinas de la Gerencia de Investigación y Normalización de SENCICO (Perú).

Realiza evaluaciones de diferentes modelos de cocinas a leña (fija o portátil) de acuerdo al decreto supremo N°015-2009-VIVIENDA. Las evaluaciones se realizan según un reglamento de cocinas respecto a aspectos de eficiencia, polución y seguridad. Además, el laboratorio realiza investigación sobre diferentes tipos de biomasa para evaluar el desempeño de una cocina mejorada, además de los diferentes tipos de materiales para el diseño de una estufa ecológica.

Colaboran realizando pruebas de campo con instituciones gubernamentales y no gubernamentales a través de convenios, evalúan el rendimiento de las cocinas y disminución de polución intradomiciliaria. El Laboratorio proyecta realizar otros ensayos que incluyan la cocción y gasto de leña y adopción de estufas [20].

2.7.6 Centro de Pruebas de Cocinas (CPC) Bolivia.

Creado en el 2007 por la necesidad de contar con un ente neutral que regule y certifique el diseño de cocinas mejoradas para su implementación en campo. El centro realiza investigación aplicada, apoya al desarrollo de tecnología e implementación de protocolos internacionales de testeo (en laboratorio y en campo), a fin de evaluar el funcionamiento de cocinas mejoradas y certificar su rendimiento. Adicionalmente, brinda asesoramiento técnico a proyectos e instituciones a nivel nacional e internacional que se dedican a la construcción y/o diseminación de cocinas mejoradas. El CPC es parte activa de la Global Alliance

for Clean Cookstoves (GACC) y ha recibido fondos para el fortalecimiento a través de la compra de equipos de medición específicos para el tema de estufas mejoradas, es así que cuenta con un nuevo ambiente para el testeo de cocinas portátiles y fijas.

Desde 2012, Bolivia cuenta con una oficial para la evaluación de cocinas mejoradas, la norma NB 83001. Actualmente se está gestionando la aprobación del Decreto Supremo que eleve esta norma a su cumplimiento obligatorio.

En Bolivia y a través del proyecto EnDev-GIZ se ha realizado una prueba de Kitchen Performance Test (KPT) en la región de Cintis en el departamento de Chuquisaca con la finalidad de determinar el impacto en la reducción del consumo de leña en el área de intervención [21].

2.7.7 Grupo Interdisciplinario de Tecnología Apropriada [GIRA], México.

Es una Organización No Gubernamental (Asociación Civil) creada el 18 de marzo de 1987 en la Ciudad de México, por profesionistas de diversas áreas y disciplinas. Desde entonces ha trabajado en diferentes proyectos, además de los que actualmente ejecuta cada programa, como los que a continuación se mencionan:

*Desarrollo de modelos sustentables de manejo de la agro-diversidad campesina en el altiplano del estado de México y Michoacán

*Eco producción artesanal, manejo y uso sustentable del bosque en dos comunidades de la región Purhepecha en Michoacán.

*Evaluación del impacto a la salud por humo de leña y plomo en la elaboración de cerámica.

*Análisis de recursos naturales y adaptación de tecnologías apropiadas [22].

2.7.8 Resumen de diversos programas e instituciones a nivel mundial que se enfocan en actividades relacionadas con estufas ecológicas.

Nombre	País	Localización
Programa Cookstove Regional de Asia (ARECOP)	Indonesia	Yogyakarta
Instituto Asiático de Tecnología	Tailandia	Khlong Nueng
Consejo de Bangladesh para la Investigación Científica e Industrial	Bangladesh	Dacca
Bangladesh Universidad de Ingeniería y Tecnología	Bangladesh	Dacca
Universidad de Beijing de Tecnología Química (BUCT)	China	Beijing
Berkeley Aire Grupo de Vigilancia	Estados Unidos	Berkeley
Programa de Tecnología de Mejora de cocina Oficina de Minas y Energía	Haití	Puerto Príncipe
Burn Design Lab	Estados Unidos	Vashon Island, Washington
Centro de Investigación de Desarrollo Integrado y Uganda Comunidad (CIRCODU)	Uganda	Kampala
Centro de Investigación en Energía y Conservación de Energía (CREEC)	Uganda	Kampala
Centro de Tecnología Rural, Nepal (CRT / N)	Nepal	Katmandú
Centro de Estudios e Investigación en Energías Renovables Kisisa Khonde (CERERK)	Congo, República Democrática	Kinshasa
Universidad Agrícola de China (CAU)	China	Beijing
Universidad Clarkson	Estados Unidos	Potsdam, Nueva York
Estufas Limpias Desarrollo y Testing Center	Nigeria	Afikpo
Universidad Estatal de Colorado	Estados Unidos	Fort Collins, Colorado
Consejo de Investigación Científica e Industrial (CSIR)	Ghana	Accra
Dili Institute of Technology (DIT)	Timor-Leste	Dili
GERES Biomass Energy Lab (G-BEL)	Camboya	Phnom Penh
GIZ / EnDev Mozambique	Mozambique	
GIZ Etiopía	Etiopía	
Instituto Indio de Tecnología de Delhi (IIT-Delhi)	India	nueva Delhi
Instituto de Calefacción Tecnología y Ecología Industrial	Mongolia	Ulaanbaatar
Universidad del Estado de Iowa	Estados Unidos	Ames, Iowa
Kenya Investigación Industrial y el Instituto para el Desarrollo (KIRDI) Estufa Testing Centre	Kenia	Nairobi
Laboratorio de Certificación de Cocinas Mejoradas (SENCICO)	Perú	Lima

Laboratorios Ministerio de Energía y Minas de Guatemala	Guatemala	Ciudad de Guatemala
Laboratorio Nacional Lawrence Berkeley	Estados Unidos	Berkeley, California
Nelson Mandela Instituto Africano de Ciencia y Tecnología	Tanzania	Arusha
Renovables Estación de Ensayos de Energía	Nepal	Katmandú
Organización Holandesa para el Desarrollo SNV	Congo, República Democrática	Kinshasa
Estufa Testing Center	Bolivia	La Paz
Tecnología de la energía sostenible y el Centro de Investigación (SETAR)	Sudáfrica	Johannesburgo
Tecnología Consultoría Centre, Universidad Kwame Nkrumah de Ciencia y Tecnología (KNUST)	Ghana	Kumasi
El Centro de Estudios e Investigaciones sobre Energía Renovable (CERER)	Senegal	Dakar
El Instituto de Energía y Recursos (TERI)	India	nueva Delhi
Universidad Nacional Autónoma de México, (UNAM), Laboratorio de Estufas Mejoradas (LEM-cieco)	México	Morelia, Michoacán
Universidad de Illinois, Urbana Champaign	Estados Unidos	Urbana Champaign, Illinois
Universidad de Nairobi	Kenia	Nairobi
Universidad de Nigeria	Nigeria	Nsukka
Universidad de las Filipinas Diliman	Filipinas	Quezon City
Universidad Zamorano Mejora Estufa Centro de Certificación	Honduras	Tegucigalpa

Tabla 1. Organizaciones, centros y laboratorios de evaluación de estufas ecológicas en el mundo. [23].

Capítulo 3.- Marco Teórico

3.1 Introducción

En este capítulo se presentan los conceptos básicos y definiciones teóricas relacionadas con las estufas ecológicas, protocolos para la evaluación, eficiencia energética, que permitirán al lector tener una idea más clara y concisa con respecto a este tema.

3.2 Biomasa

La biomasa, definida como la materia orgánica renovable de origen vegetal, animal o procedente de la transformación natural o artificial de la misma, es una fuente muy variada de energía. Entre los métodos de aprovechamiento existentes destacan la combustión directa de la biomasa y la utilización de residuos orgánicos y cultivos para la producción de biogás y biocombustibles a través de procesos bioquímicos, que son usados como sustitutos de compuestos petroquímicos [24].

3.3 Bioenergía

La bioenergía se define como la energía obtenida a partir de la transformación de la biomasa y sus derivados a través de un proceso determinado.

La energía que se puede obtener de la biomasa proviene de la luz solar a través del proceso de fotosíntesis, es aprovechada por las plantas verdes mediante reacciones químicas en las células, las que toman CO_2 del aire y lo transforman en sustancias orgánicas, según una reacción del tipo: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow (\text{H-COH}) + \text{O}_2$.

En estos procesos de conversión la energía solar se transforma en energía química que se acumula en diferentes compuestos orgánicos (polisacáridos, grasas) y que es incorporada y transformada por el reino animal, incluyendo al ser humano, el cual invierte la transformación para obtener bienes de consumo [25].

3.4 Procesos de transformación de la biomasa.

La conversión energética de la materia prima se puede realizar mediante procesos termoquímicos, donde se produce la descomposición de la biomasa por medio de calor, o procesos bioquímicos que ocurren en presencia de microorganismos o medios de reacción para actuar como catalizadores. La forma más tradicional de aprovechamiento energético, la combustión, es un proceso considerado carbono neutral, puesto que las emisiones del proceso son equilibradas con el CO₂ absorbido previamente por las plantas y árboles durante su crecimiento.

3.4.1 Procesos bioquímicos

Los procesos bioquímicos, consisten en la degradación de la biomasa por la acción de microorganismos, y pueden dividirse en dos grandes grupos: los que se producen en ausencia de aire (anaeróbicos) y los que se producen en presencia de aire (aeróbicos).

3.4.1.1 Procesos anaeróbicos

La fermentación anaeróbica, para la que se utiliza generalmente residuos animales o vegetales de baja relación carbono / nitrógeno, se realiza en un recipiente cerrado llamado “digestor” que en ausencia de oxígeno y en presencia de agua produce una mezcla de gases combustibles llamado comúnmente como biogás.

Adicionalmente, la biomasa degradada que queda como residuo del proceso de producción del biogás, constituye un excelente fertilizante para los suelos que son utilizados para cultivos agrícolas. Las tecnologías disponibles para su producción son muy variadas pero todas ellas tienen como común denominador la simplicidad del diseño y el bajo costo de los materiales necesarios para su construcción.

El biogás, constituido básicamente por metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂), es un combustible que puede ser empleado de la misma forma que el gas natural.

También puede comprimirse para su uso en vehículos de transporte, debiéndose eliminar primero su contenido de CO₂.

3.4.1.2 Procesos aeróbicos

Es el mecanismo mediante el cual los microorganismos degradan la materia orgánica en presencia de oxígeno, la fermentación aeróbica de biomasa de alto contenido de azúcares o almidones, da origen a la formación de alcohol (etanol), que, además de los usos ampliamente conocidos en medicina y licorería, es un combustible líquido de características similares a los que se obtienen por medio de la refinación del petróleo.

Las materias primas más comunes utilizadas para la producción de alcohol son la caña de azúcar, mandioca, sorgo dulce y maíz. El proceso incluye una etapa de trituración y molienda para obtener una pasta homogénea, una etapa de fermentación y una etapa de destilación y rectificación.

3.3.2 Procesos termoquímicos

Los procesos de conversión termoquímica utilizan calor como fuente de transformación de la biomasa para obtener subproductos con alto valor energético, como vapor y gases combustibles. Estos pueden ser utilizados posteriormente en turbinas o motores que permiten la generación de energía eléctrica o pueden ser utilizados como fuente de calor directa para satisfacer diversos requerimientos de energía térmica. Comprenden básicamente la combustión, gasificación y pirolisis, encontrándose aún en etapa de desarrollo la licuefacción [26]

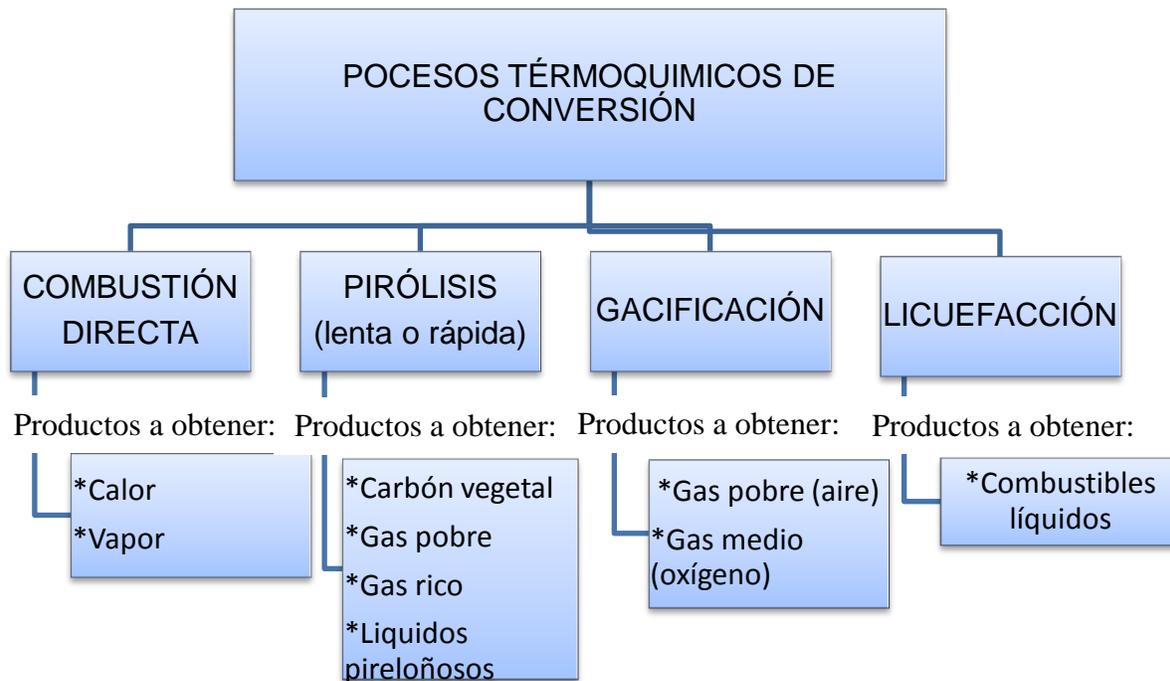


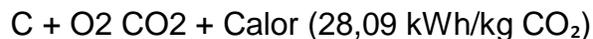
Figura. 1: Procesos termoquímicos de conversión de biomasa en energía.

3.5 Combustión.

La combustión es una reacción química fuertemente exotérmica en la cual se desprende una gran cantidad de calor y luz.

La combustión es tanto más perfecta cuanto más fácilmente se mezclan el combustible y el comburente. Para que la combustión tenga lugar y sea estable, necesita una temperatura elevada.

Las reacciones de combustión son:



Para que el fuego se produzca se requieren tres elementos, el combustible, el calor y oxígeno, sin la presencia de alguno de estos no es factible la combustión, a estos los conoce el triángulo de fuego [27].



Figura 2: Triángulo de fuego.

3.5.1 Combustión completa.

La combustión completa, es aquella en la cual todo el carbono del combustible reacciona con el oxígeno del comburente para dar dióxido de carbono. La reacción es similar a la de la combustión perfecta, con la diferencia que, para que ocurra, es necesario agregar una mayor cantidad de oxígeno (con el comburente) que la requerida de acuerdo al cálculo estequiométrico. Dicha cantidad en exceso (cuando se utiliza aire como comburente), se denomina “exceso de aire”, éste; conduce a la oxidación total de todos los elementos que constituyen el combustible. En el caso de hidrocarburos:

Carbono CO₂

Hidrogeno H₂O

Azufre SO₂

Nitrógeno N₂

Oxigeno (participa como oxidante)

El Nitrógeno se considera como masa inerte, si bien a las altas temperaturas de los humos pueden formarse óxidos de nitrógeno en pequeñas proporciones (del orden de 0,01%).

3.5.2 Combustión incompleta.

Se llama así a la reacción en la cual no se quema todo el carbono del combustible dando dióxido de carbono, sino que reacciona para dar monóxido de carbono y en algunos casos queda C libre incandescente. Esta última situación se puede visualizar en la llama de color amarillo de un mechero Bunsen cuando el gas se quema con poco aire.

Un ejemplo de combustión incompleta, se da en la reacción siguiente:



También esta reacción es exotérmica, pero la cantidad de calor desprendido es menor que en el caso de la combustión perfecta.

El monóxido de carbono resultante podría entrar nuevamente en combustión y desprender más calor, según la siguiente reacción:



3.5.3 Combustible.

Llamamos combustible a cualquier sustancia que tiene la capacidad de arder en presencia de un comburente (oxígeno en la mayoría de los casos) mediante la aplicación de una energía de activación, que puede ser una chispa.

El combustible libera parte de su energía en forma de calor cuando arde, al mismo tiempo que cambia su estructura química, debido al proceso de combustión. Los

combustibles se clasifican dependiendo de su estado en sólidos, líquidos y gaseosos.

Como combustibles sólidos más utilizados podemos distinguir el carbón o la madera. El carbón es uno de los materiales más utilizados en centrales térmicas para calentar el agua de las calderas y con esta generar electricidad. La madera se utiliza igualmente para calentar el agua aunque en su caso se dedica más al consumo doméstico. Anteriormente estos materiales se utilizaban de forma generalizada para máquinas a vapor y generación de electricidad y calor aunque actualmente su uso se ha visto reducido gracias a la aparición de nuevos combustibles con mayor poder calorífico [29].

3.5.4 Poder calorífico de un combustible.

El poder calorífico de un combustible es una característica física del mismo y permite prever el calor que podemos esperar que nos ceda en un proceso térmico. Se define como: “La cantidad de calorías que produce un combustible durante la combustión completa de un kilogramo del mismo”. Se mide en calorías / kg.

Se pueden distinguir dos tipos de poderes caloríficos para cada combustible, el poder calorífico superior y el inferior. Se diferencian entre sí en que el primero comprende todo el calor producido, incluyendo el requerido para vaporizar la humedad que contiene el mismo, el inferior no considera las calorías consumidas para vaporizar la humedad que contiene el combustible, por consiguiente éste nos da las calorías que realmente son aprovechables en un proceso térmico.

Conocida la composición química de un combustible resulta posible el cálculo de su poder calorífico, empleando la expresión determinada por Dulong:

$\text{PODER CALORÍFICO} = 81 \times \%C + 288 (\%H - \%O / 8) + 22,3 \times \%S$ donde:

%C: es el porcentaje en peso de Carbono

%H: es el porcentaje en peso de Hidrógeno

%O: es el porcentaje en peso de Oxígeno

%S: es el porcentaje en peso de Azufre

Los valores que se obtienen mediante el uso de la expresión de Dulong son aproximados.

3.5.5 Comburente.

El comburente es el encargado de oxidar el combustible favoreciendo la combustión. El comburente más habitual en la tierra es el oxígeno, que se encuentra en la atmósfera en una proporción de un 21%. Esta proporción es más que suficiente para que se produzca la combustión de los combustibles. Dependiendo de otros factores con concentraciones de entre un 10-15% de oxígeno puede producirse la combustión.

En ocasiones deseamos producir una combustión en lugares en los que el oxígeno escasea como puede ser el espacio, en el que el oxígeno es totalmente inexistente. Las combustiones que necesitamos realizar en el espacio son las de los cohetes que maniobran los satélites o los transbordadores espaciales. Para este tipo de combustiones los cohetes van equipados con oxígeno en estado líquido.

3.5.6 Energía de activación.

La energía de activación es la energía necesaria para que se inicie la reacción de la combustión. En el proceso de combustión el combustible y el comburente por si solos no producen una reacción de combustión. Se necesita un aporte extra de energía para superar el nivel de activación. Imaginemos el ejemplo de una cerilla o un fósforo. La cabeza de la cerilla sería el combustible, el aire que lo rodea el comburente y el gesto de raspar la cerilla contra la lija aportaría la energía de activación necesaria en forma de calor para que se active la reacción de combustión [30].

3.6 Formas de transmisión del calor.

El calor del fuego provoca la combustión y puede transmitirse en tres formas por conducción, convección, radiación.

La conducción es la transferencia de calor por contacto a través de las moléculas de un cuerpo sólido.

Convección: en la transferencia de calor se da por una columna de partículas de aire calentado, que se mueve hacia arriba en una dirección determinada por el aire.

Radiación: en la radiación el calor se transfiere en ondas electromagnéticas. [31].

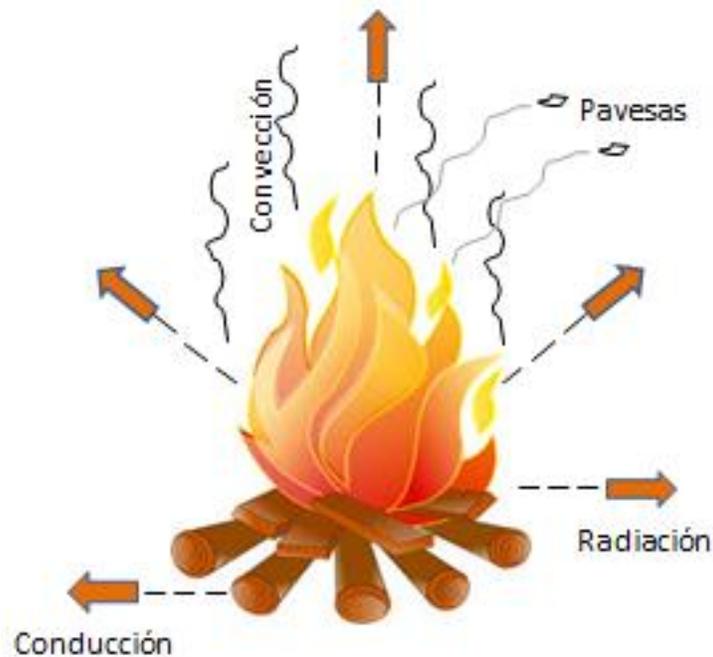


Figura. 3: Formas de trasmisión del calor.

3.7 Aplicaciones de la combustión.

La combustión es la aplicación más sencilla y más ampliamente utilizada, tanto en el pasado como en el presente.

Permite obtener energía térmica, ya sea para usos domésticos (cocción, calefacción) o industriales (calor de proceso, vapor mediante una caldera, energía mecánica utilizando el vapor de una máquina).

Las tecnologías utilizadas para la combustión directa de la biomasa abarcan un amplio espectro que va desde el sencillo fogón a fuego abierto (aún utilizado en vastas zonas para la cocción de alimentos) hasta calderas de alto rendimiento utilizadas en la industria [32].



Figura 4.- Fogón Tradicional.

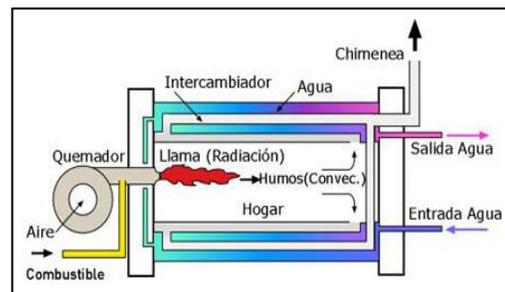


Figura 5.- Caldera

3.8 Fogón abierto.

El fogón abierto no es más que el sitio del hogar donde se cocina en las comunidades rurales, consta de 3 piedras donde encima se coloca la olla con los alimentos a cocinar [33].

Es una tecnología antigua ampliamente difundida en las culturas prehispánicas. En el altiplano mexicano se denominaba tlecuilli y en la región maya k'óoben. Está compuesto de tres piedras duras redondeadas o rectangulares, puestas en forma de círculo, que se colocan a nivel del suelo o sobre una plataforma de piedra, aunque puede haber modificaciones de carácter local de acuerdo a las necesidades y posibilidades de los usuarios [34].

3.9 Leña.

La leña es uno de los materiales más preciosos ofrecidos por la naturaleza. Es la única fuente de energía presente en la naturaleza realmente renovable; si se quema correctamente, emite la misma cantidad de anhídrido carbónico que fue absorbida por la planta para vivir y crecer, incorporándose perfectamente al ciclo de la naturaleza.

La combustión de la leña está en perfecto equilibrio con el medio ambiente. En efecto, cuando se quema la madera, se emite en el ambiente el anhídrido carbónico, que resulta absorbido por las otras plantas a través de sus hojas, mediante el proceso de fotosíntesis de la clorofila para producir nuevas sustancias nutritivas para la planta, y oxígeno para el ambiente.

La leña está formada esencialmente por celulosa y lignina. Contiene además otras sustancias como agua y resina, muy abundante en abetos y pinos. Es la fuente más antigua de calor utilizada por el hombre, lo que quizás se debe al hecho de que es mucho más accesible que otros combustibles y a que prende fácilmente. A esa accesibilidad se debe el que aún hoy día se siga quemando en hogares rurales de acuerdo con métodos tradicionales. El resultado no puede ser otro que un intenso consumo equivalente a un verdadero “despilfarro”.

El consumo de leña está determinado por variables técnicas, económicas, ecosistémicas, sociales y culturales, la leña es considerada un servicio de suministro con implicaciones a nivel de bienes de materiales para una buena vida y para la salud, por ser un recurso que sirve para cocción y calefacción. También tiene incidencia en las relaciones sociales, evidente en las casas campesinas, donde la visita se realiza muchas veces en la cocina, lo que depende de la confianza que logra, por ser el sitio más acogedor.

La leña se divide en dos tipos, leña blanda y dura, sobre la base del peso en Kg de un metro cúbico. La leña blanda que pesa alrededor de 300/ 350 kg/m³ es la

de abeto, pino, castaño, eucalipto, acacia común, mientras que la leña dura que pesa alrededor de 350/400 kg/m³ es la de arce, encina, fresno, haya, olivo, éstas últimas son comúnmente usadas para la cocción de alimentos, y las que mejores rendimientos tienen para esta actividad [35].

3.10 Estufas ecológicas.

Una estufa ahorradora de leña es aquella que por sus características de diseño y materiales de construcción, consume menor cantidad de leña que los fogones tradicionales, debido a que la leña se quema mucho mejor “combustión eficiente”, además expulsa los gases tóxicos producidos por la combustión fuera de la vivienda, lo que es un gran beneficio a la salud de los usuarios [36].

La promoción y difusión de estufas ahorradoras de leña tiene un alto impacto socioeconómico y ambiental, dado que se tiene el potencial de disminuir significativamente la deforestación y la degradación de los bosques, contribuyendo a mitigar el cambio climático, la degradación de suelos y aumentando la captación de aguas en las áreas de extracción de leña. Las ventajas socioeconómicas residen en que, gracias a las cocinas mejoradas, se consigue mejorar la salud de las poblaciones beneficiarias, su calidad de vida, y en determinadas situaciones, mejorar las condiciones económicas de las poblaciones tanto rurales como urbanas del país [37].

3.10.1 Ventajas y desventajas.

Las Estufas ahorradoras de leña ofrecen múltiples beneficios y ventajas, los principales son:

*Disminuyen hasta la mitad el consumo de leña, ayudando así a la conservación de los bosques.

*Ahorran tiempo y dinero, como se reduce el consumo de leña se destina menos tiempo a la recolección o dinero para comprarla.

*Reducen la irritación de los ojos y las enfermedades respiratorias, porque elimina el humo de la cocina.

*Construcción sencilla y rápida, teniendo reunidos y horneados los materiales, una hora y media es suficiente. Gran duración, dándole un buen uso y mantenimiento puede durar hasta 10 años. La estufa es fácil de usar. Una vez que prende, un leño es suficiente para que funcione bien [38].

3.10.2 Tipos de estufas de ecológicas.

Tecnologías (modelos)	Especificaciones
Modelos anteriores a 1976.	Tres piedras como prototipo popular y metálicas importadas. No se considera la aplicación de algún material para su armado.
Tecnología de barro y arena. "Lorena".	El barro crudo mezclado con arena, reproduce algún tipo de mezcla (lodo), que se utiliza para la fabricación de ladrillos.
Tecnología de concreto liviano.	La característica principal es el uso de cemento, como material aglutinante en la fabricación. Armadura de hierro de construcción
Tecnología de componentes prefabricados de barro.	La estufa se complementa en la construcción con barro y arena para dar cuerpo y forma.
Tecnología de una hornilla de barro.	El sistema permitió fabricar unidades pequeñas que respondieron mejor, a los problemas de construcción en grandes masas.
Tecnología de placa metálica entera combinada con barro.	Utiliza una placa metálica corriente sin agujeros montada sobre ladrillos, bloques de construcción de cemento o una pared de barro crudo.
Tecnología de componentes metálicos y cerámicos.	Plancha fundida, montada sobre ladrillos de barro crudo.
Tecnología de plancha armada con barro.	Plancha armada de hierro al carbono, montada sobre ladrillos de barro crudo.

Tecnología de plancha armada portátil.	Exclusivamente de metal, portátil con revestimiento interno de ladrillos de barro cocido.
Tecnología mixta comercial.	Barro, metal, concreto liviano. Diferentes formas y técnicas de fabricación.

Tabla 2. Topos de estufas de leña a través del tiempo [39].

3.10.2.1 Estufa Onil de plancha.

La estufa ONIL de plancha fue diseñada tomando en cuenta las necesidades de cocinado de las familias rurales. Es una estufa de leña con cuerpo de concreto, cámara de combustión tipo Rocket de barro cocido, comal de metal y accesorios metálicos [40].



Figura 6. Estufa O´nil.

3.10.2.2 Estufa Patsari modificada.

El Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada, A.C. (GIRA) en colaboración con el Centro de Investigaciones en Ecosistemas (CIECO) y el Instituto de Ingeniería (II) de la UNAM, han trabajado en el diseño de un concepto de estufa eficiente de leña llamado estufa PATSARI, que en la lengua local (Purhépecha) significa: “la que guarda”, haciendo referencia a que guarda el calor, así como a que conserva la salud y cuida los bosques. La estufa Patsari tiene su antecedente en la estufa Lorena, la cual ha sido difundida desde hace más de 30 años en Guatemala y México. La Patsari mantiene el principio de construcción in

situ pero utiliza un molde metálico para su construcción, originalmente se hacía con una mezcla de barro, arena y cemento.

Actualmente el exterior de la estufa y la cámara de combustión se construyen con ladrillo (tabique) y el diseño interior ha sido optimizado, este es el modelo que se está difundiendo gracias a que tiene una mayor eficiencia, su construcción es más sencilla y rápida, su larga duración y sobre todo por la aceptación que ha tenido en las comunidades rurales [41].



Figura 7. Estufa Patsari Modificada.

3.10.2.3 Estufa Enerchia.

Estufa para uso rural, desarrollada por el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Energías Renovables de la UNICACH, se basa en materiales de gran durabilidad en sus partes fundamentales, fácil ensamblaje y bajo costo, es compacto, estético, móvil que permite su ubicación en cualquier parte de la cocina. A diferencia de las demás estufas utilizadas en Chiapas esta presenta el concepto de retardador de llama lo cual permite que las llamas inflijan su calor directamente al comal y así se pueda reducir hasta un 20% de tiempo de cocción y un sistema aislante que en su última fase incluye madera para impedir la salida lateral del calor [42].



Figura 8. Estufa Enechia.

3.11 Impactos y beneficios del uso de estufas ecológicas.

1.- Con la adopción generalizada en una comunidad se reduce la presión sobre los recursos endoenergéticos y disminuye la tasa de deforestación local.

2.- Disminuye el consumo de leña familiar hasta de un 60% en relación con un fogón tradicional de tres puntos, debido a que su construcción se basa en galerías que conducen el calor y el humo a sitios de aprovechamiento y expulsión. Además se conserva el calor durante más tiempo.

3.- Da mayor comodidad para cocinar y disminuye las horas de trabajo de las mujeres que cocinan, permitiendo así disponer de más tiempo para otras actividades.

4.- Disminuye considerablemente o en su totalidad la emisión de humo al interior de la cocina, debido a que el humo se canaliza por un tubo hacia el exterior de la casa.

5.- Se mejora la atmósfera del hogar y los niños y adultos no inhalan humo por las noches cuando duermen, además de la reducción en el ahumado de la casa y las pertenencias de la familia.

6.- Disminuye el riesgo de contraer enfermedades de vías respiratorias, irritación de los ojos, dolores de cabeza crónicos o tos, que se presentan principalmente en mujeres y niños menores de 5 años por inhalar humo, con una exposición de hasta 50 veces superior a lo recomendado.

7.- Disminución de costos al ahorrar tiempo y dinero por concepto del acarreo de la leña.

8.- Se puede manejar el cocimiento de dos o más comidas al mismo tiempo.

9.- Las hornillas o comales están protegidas, por lo cual disminuye considerablemente la disipación del calor y el riesgo de quemaduras por brasas o agua caliente [43].

10.- Apoya la equidad de género al disminuir el trabajo de acarreo de leña del campo y que regularmente es realizado por las mujeres y niñas.

3.12 Eficiencia de las estufas ahorradoras ecológicas.

A continuación se presentan diferentes conceptos de eficiencias parciales que pueden ser consideradas para este tipo de dispositivos (VITA 1985):

Eficiencia de combustión

$nc = \text{Calor generado por la combustión} / \text{Energía Potencial de la leña}$

Eficiencia de transferencia de calor

$nt = \text{Calor total en el recipiente} / \text{Calor total generado}$

Eficiencia del recipiente

$nr = \text{Calor neto que entró al recipiente} / \text{Calor total generado}$

Eficiencia de control

$n_{cc} = \text{Calor absorbido por el alimento} / \text{Calor neto que entró en el recipiente}$

Eficiencia de cocinado

$n_c = \text{Calor absorbido por el alimento} / \text{Energía potencial de la leña}$

Eficiencia total

$n_T = (n_c) (n_t) (n_r)$

Eficiencia final

$n = (n_{cc}) (n_c) (n_t) (n_r)$

En el caso de la cámara de combustión, el hecho de poner materiales con alta masa térmica, como ladrillos, barro, cemento, etc., cerca del fuego puede tener un efecto negativo en la receptividad, la eficiencia del carburante y las emisiones de la estufa, ya que son materiales que absorben calor del fuego. En general, la eficiencia en estufas que utilizan estos materiales, en la cámara de combustión, es menor que los fogones de tres piedras, en estudios de laboratorio el material de mayor durabilidad demostró ser el hierro colado, aunque es más caro (Bryden et al 2006).

Los materiales de alta masa térmica, tienen la ventaja de ser baratos y conseguirse fácilmente, inclusive son materiales que se encuentran en muchos de los lugares donde se construyen las estufas. Por lo mismo, los diseñadores los utilizan modificando los diseños o dándoles algún tratamiento o combinación que los hagan durables y no permitan la absorción de calor, como es el caso de las piezas de cerámica que se han desarrollado en Kenia para la estufa Jiko o las estufas Justa y Eco Stoves (Eco Estufas) utilizadas en Centroamérica, en las últimas se utilizan piezas de cerámica refractaria hechas con una mezcla de arcilla, arena, estiércol de caballo y goma de árbol.

En Centroamérica Don O'Neal y el Dr, Winiarski localizaron un material alternativo conocido como baldosa, estas son de 2.5 cm de espesor y pueden cortarse conforme se requiera en la cámara de combustión, para aislar la cámara y aumentar el ahorro y eficiencia de la estufa, se coloca un material aislante suelto entre ésta y la parte exterior de la estufa.

Se pueden usar cerámicas aislantes compuestas por diferentes materiales como aserrín, estiércol, carbón, vermiculita, perlita y piedra pómez, todas aglomeradas por arcilla (barro), mezcladas con agua y hechas en moldes del tamaño y espesor deseados, los ladrillos se secan y posteriormente se hornean. [44].

3.13 Protocolos para evaluación de estufas ecológicas.

Existen algunos protocolos para evaluar la eficiencia de las estufas de leña, según la literatura, las pruebas se deben complementar con pruebas que simulen la cocción de alimentos de las personas y lugares donde será implementado y por un tiempo razonable para verificar su robustez y aceptación social.

Las evaluaciones hechas a las estufas ecológicas se han basado fundamentalmente en las desarrolladas por Volunteers in Technical Assistance (VITA 1985) (Baldwin 1986) y que ha sido actualizada por la Universidad de California y Aprovecho Research Center (Shell 2004) Esta metodología permite comparar estufas desarrolladas en diferentes lugares.

La metodología se divide en tres pruebas denominadas técnicamente:

1. Prueba de ebullición de agua (Water Boiling Test, WBT)
2. Prueba de cocinado controlado (Controlled Cooking Test, CCT)
3. Prueba de funcionamiento en cocina (Kitchen Performance Test, KPT) [45].

3.13.1 Prueba de ebullición de agua (PEA).

Es una prueba de simulación de cocinado donde el agua toma el lugar de los alimentos. A partir de esta prueba se calcula el índice de eficiencia térmica (nt) también llamado porcentaje de calor utilizado (PHU), el cual se utiliza como indicador de eficiencia de la estufa. La prueba tiene tres etapas:

a) Alto poder – inicio en frío: se inicia con la estufa y, utilizando una cantidad conocida de leña, se pone a hervir agua en una olla de tamaño determinado verificando el tiempo y la cantidad de leña consumida para esta tarea.

b) Alto poder – inicio en caliente: se coloca la olla con la misma cantidad de agua a temperatura ambiente y, con la estufa caliente, se pone a hervir el agua contabilizando el tiempo y el combustible utilizado. Estas dos fases son para identificar diferencias en funcionamiento entre una estufa cuando está fría y cuando está caliente.

c) Bajo poder – fuego lento: consiste en mantener (con la estufa caliente) una misma cantidad de agua durante 45 minutos a una temperatura 3 grados por debajo del punto de ebullición, simulando una tarea de cocinado a fuego lento.

Los resultados principales del WBT son:

El tiempo para llevar a ebullición 5 L o en su variante 3.5 L de agua (t_{eb}): se calcula restando la hora de inicio y de fin de las fases IFAP e ICAP.

$$t_{eb} = t_{ff} - t_{if}$$

t_{ff} = Hora final (min).

t_{if} = Hora inicial (min).

Masa de agua evaporada (m_{ev}): Es la diferencia de peso del agua al inicio y al final de cada fase.

$$m_{ev} = m_{fo+a} - m_{ia+o}$$

m_{fa+o} = Masa final de la olla con agua (g).

m_{ia+o} = Masa inicial de la olla con agua (g).

Masa de agua llevada al punto de ebullición (m_{eb}): Es la diferencia de peso de la masa de agua evaporada y el peso inicial de agua antes de iniciar cada fase.

$$m_{eb} = m_{ai} - m_{aev}$$

m_{ai} = Masa de agua inicial (g).

m_{aev} = Masa de agua evaporada (g)

Diferencia de temperatura del agua, la inicial y la de ebullición (ΔT):

$$\Delta T = T_f - T_i$$

T_f = Temperatura final (ebullición) (°C)

T_i = Temperatura inicial (°C).

Energía útil otorga (E_0): Energía útil transferida al agua.

$$E_0 = \left(4.18 \times 10^{-3} \frac{MJ}{Kg^{\circ}C}\right) (\Delta T)(m_{eb}) + \left(2.257 \frac{MJ}{Kg}\right) (m_{ev})$$

Constante: 4.18×10^{-3} = Energía necesaria para subir 1°C la temperatura del agua.

ΔT = Diferencial de temperatura del agua (°C).

m_{eb} = Masa de agua llevada al punto de ebullición (g).

Costante de calor latente: 2.257 = Energía necesaria para llevar al agua de un estado líquido a un estado gaseoso.

m_{ev} = Masa de agua evaporada (g)

Energía útil de entrada (E_e): Energía útil total que se introdujo en la estufa.

$$E_e = (m_L)(PCI_L)$$

m_L = Masa de la leña (kg).

PCI_L = Poder Calorífico Interno de la leña

La eficiencia térmica de la estufa (E_{ft}): es el cociente de la energía útil otorgada a la olla con agua entre la energía total de entrada. Se calcula para las tres fases.

$$E_{ft} = \left(\frac{E_0}{E_e} \right) * 100$$

E_0 = Energía útil otorgada (MJ).

E_e = Energía total de entrada (MJ).

100= Constante

El combustible consumido (m_{comb}): es la diferencia de peso del combustible al inicio y al final de cada fase.

$$m_{comb} = m_f - m_i$$

m_f = Masa de combustible al final de la prueba (Kg).

m_i = Masa de combustible al iniciar la prueba (Kg).

La tasa de combustión (τ): es el consumo promedio de combustible durante cada fase de la prueba.

$$\tau = \frac{m_{comb}}{t_{eb}}$$

m_{comb} = Masa de combustible consumido (Kg).

t_{eb} = Tiempo en llegar al punto de ebullición (Kg).

La potencia de la estufa (Pt): es la energía de entrada por unidad de tiempo (Kw). Se calcula dividiendo la energía total de entrada entre el tiempo total de cada fase en segundos:

$$Pt = \frac{E_e}{(60)(t_{eb})}$$

E_e = Energía total de entrada (MJ).

60= Constante

t_{eb} = Tiempo en que tarde en hervir el agua (min).

3.13.2 Prueba de cocinado controlado (PCC)

Es una prueba para medir el consumo de combustible en una tarea de cocinado específica, se utiliza para comparar el funcionamiento en la preparación de una comida estandarizada en diferentes dispositivos.

Los resultados principales en el PCC son:

El tiempo para realizar la cocción (t_c): se calcula restando la hora de inicio y fin del cocinado.

$$t_c = t_{fc} - t_{ic}$$

t_{fc} = Hora de final de la prueba de cocción.

t_{ic} = Hora inicial de la prueba de cocción.

El combustible consumido (m_{fcomb}): es la diferencia de peso del combustible al inicio y al final de la prueba de cocinado.

$$m_{comb} = m_{fcomb} - m_{icomb}$$

m_{fcomb} = Masa final de combustible (Kg).

m_{icomb} = Masa inicial de combustible (Kg).

Tasa de combustión (τ): es el consumo promedio de combustible en la cocción.

$$\tau = \frac{m_{comb}}{t_c}$$

m_{comb} = Masa del combustible consumido (g).

t_c = Tiempo para realizar la cocción (min).

La potencia de la estufa (Pt): es la energía de entrada por unidad de tiempo. Se calcula dividiendo la energía total de entrada (E_e) entre el tiempo total (t_c) de la prueba en segundos.

$$Pt = \frac{E_e}{(60)(t_c)}$$

E_e = Energía de entrada (MJ).

60 = Constante

t_c = Tiempo de cocción (min).

Esta prueba está diseñada para evaluar el funcionamiento de la estufa mejorada en relación a estufas comunes tradicionales en la ejecución de una tarea simple.

3.13.3 Prueba de funcionamiento en cocina (PFC).

Esta prueba evalúa el comportamiento de la estufa simulando la realidad de su uso. Se analiza el consumo de energía durante un ciclo y se evalúan aspectos relacionados con su funcionamiento como salud, alimentación, aceptación de la tecnología. Se obtiene un índice denominado “consumo específico diario que se refiere a la cantidad de leña consumida por adulto por día (kg leña/porcápita/ día).

Esta evaluación sirve para comparar estufas eficientes ahorradoras de leña entre sí y con respecto a las tradicionales “fogones rústicos o de tres piedras”. También se puede comparar el uso de diferentes combustibles. Se pueden hacer mediciones diarias de consumo de combustible de la estufa tradicional y la mejorada y compararlas [46].

También se compara la cantidad de leña (u otro combustible) usada en dos viviendas (con dos familias) durante una semana. La primer familia puede usar la estufa tradicional “fogón rustico” y la otra familia la estufa eficiente. Este estudio es de tipo transversal. Las dos familias deben ser similares en cuanto a número de personas y nivel socioeconómico para poder comparar su consumo energético.

El índice que se obtiene es el consumo específico diario y se refiere a la cantidad de leña consumida por adulto estándar por día. Un adulto estándar es el consumo promedio que requiere un hombre adulto (se considera que los niños, mujeres y ancianos requieren menos combustible).

Además de las pruebas de esta metodología, es recomendable que las estufas eficientes y ahorradoras de leña se evalúen en función de condiciones normales de operación, deben cocinar de manera similar a un fogón tradicional o uno de tres piedras, deben poder freír, hornear, hervir, calentar, hacer tortillas, etc., y permitir el uso de recipientes de diferentes formas, tamaños y materiales. Pero dos son los aspectos técnicos más importantes de su operación:

- **Combustión:** para la combustión se requieren tres elementos, la leña, el oxígeno y una flama inicial. La leña está compuesta por celulosa (40-50%), hemicelulosa (15-25%) y lignina (20-30%) y su composición bioquímica es, carbono (49-50%), oxígeno (43-43%), otros (0.5-1%) (Baldwin, 1986)
- **Transferencia de calor:** consiste en emitir calor de los cuerpos calientes a los fríos. Esto se puede ver en los días fríos, cuando tenemos que usar mas ropa para reducir la transferencia de calor de nuestro cuerpo tibio al ambiente frío (el material térmico evita esa transferencia). Existen tres formas de transferencia de calor “radiación, conducción y convección.

Específicamente en el aspecto de la convección, en el proceso de construcción de prototipos a tomar en cuenta, es que medir la temperatura del aire que sale de la chimenea, si esta alcanza una temperatura mayor a 200 °C, aumente la superficie dentro de la estufa para poder utilizar más calor.

El Dr. Samuel Baldwin y el Dr. Larry Winiarski propusieron tres maneras de aumentar el intercambio térmico por convección:

- Los gases de combustión que rozan la superficie por calentar deben ser lo más calientes posibles.
- La superficie del intercambiado de calor debe ser lo más grande posible.

- La velocidad de los gases de combustión calientes debe incrementarse lo más rápido posible.

En el diseño de los componentes de las estufas ahorradoras de leña, es fundamental tomar en cuenta estos conceptos, con lo que se puede mejorar sustancialmente la eficiencia.

Capítulo 4.- Metodología.

4.1 Introducción.

En este capítulo se mostrará el procedimiento, el diseño, construcción del laboratorio y el desarrollo de una metodología para la evaluación de estufas ecológicas, también la manera de llevar a cabo la evaluación que permita identificar las ventajas y desventajas de cada uno de los dispositivos.

4.2 Diseño del laboratorio de evaluación de estufas ecológicas.

El laboratorio está pensado como un lugar dotado de los medios necesarios para realizar investigaciones, experimentos, prácticas, capacitación y trabajos de carácter científico, tecnológico o técnico; deberá estar equipado con instrumentos de medida o equipos con que se realizarán las actividades antes mencionadas.

El programa Sketchup 2008, permitirá realizar el diseño del laboratorio el cual tendrá una longitud de 24 m de largo, dividido en 8 cuartos de 3 m de largo cada uno, una altura en la parte frontal de 2.20 m y en la parte posterior de 2.40 m. Este tamaño simula el promedio de las viviendas en comunidades rurales. Será construido en línea horizontal pensando en las visitas tanto de alumnos y docentes de otras universidades como personas de las comunidades que tengan la intención de probar el funcionamiento de las estufas ecológicas y puedan recibir capacitación. Contará con energía solar fotovoltaica para la iluminación ya que también se harán evaluaciones por las noches simulando las actividades realizadas en las comunidades.

4.2.1 Construcción del laboratorio

Una vez terminado el diseño en el programa Skepchup se dará paso a la construcción del laboratorio la cual se llevará a cabo de la siguiente manera:

4.2.1.1- Cimientos.

Para la construcción de los cimientos se necesitará:

Pala, pico, graba, grava, arena, cemento, piedras de laja, mortero para cemento.

1- Se cavará una zanja para el cimiento alrededor del perímetro del lugar de construcción el cual será de 24 m de largo por 3 m de ancho. Se excavará al menos 1 m de profundidad hasta llegar al subsuelo sólido o rocoso. La zanja tendrá 50 cm de ancho ancha para poder maniobrar libremente ya que los cimientos tendrán 30 cm de ancho.

2- Se pondrá cemento en el fondo de la zanja y se colocan las piedras. Las piedras más grandes y más pesadas se colocan en la parte inferior, dejando las piedras más ligeras y más pequeñas para las capas superiores.

3- Se combinará una parte de mortero de cemento para concreto con tres o cuatro partes de arena y agua. Se debe usar guantes y gafas de seguridad al mezclar. Se mezcla el concreto en una carretilla con una paleta y sólo mezcla tanto como sea necesario en el momento de argamasar cada capa del cimiento.

4- Se continuará la construcción del cimiento en capas sucesivas de piedras y mortero. Construiremos los cimientos al menos 8 pulgadas (20 cm) por encima del suelo

4.2.1.2 Estructura de soporte.

Teniendo en cuenta que el sistema o construcción no tendrá que aguantar ningún peso, se propone una estructura de soporte de monten ya que es resistente y muy fácil de instalar.

Según las dimensiones ya establecidas se necesitan: 20 montenes cuadrados de 6 pulgadas, 8 montenes cuadrados de 3 pulgadas, 10 bolsas de tornillos autotaladrables, taladro, planta de soldar, 1 Kg de soldadura.

El corte de los montenes se realizará con una medida de 2.70 m de altura los que se plantarán en la parte frontal y de 2.90 m los que se plantarán en la parte trasera, posteriormente se perforarán los montenes para insertar una varilla que permita mejorar la sujeción al cemento. Los montenes se instalarán cada 4 m donde se dejó los huecos en la zanja. Una vez instalados se hace un corte con esmeril en la parte superior donde se soldarán los tramos de 24 m del PTR.

4.2.1.3- Paredes: Las paredes se harán de tabla roca porque es un material económico y fácil de trabajar, tendrán una longitud de 3 m, una altura de 2.20 m en un lado y 2.40 m en el otro.

Se necesitan: 40 tabla rocas, 5 bolsas de pijas negras de ½ pulgada para tabla roca, taladro, espátula, radiamix cinta para tabla roca, 30 postes.

Paso 1- Corte

- 1) Se mide la longitud deseada y se marca la tabla roca
- 2) Se corta la tabla roca en la línea marcada con una regla T

Paso 2- Instalación

- 1) Se fijan los postes a los montenes cuadrados de 6 pulgadas
- 2) Se coloca la tabla roca en los postes
- 3) Se atornillan utilizando las pijas especiales para tabla roca

Paso 3- Acabado

La unión de la tabla roca se debe sellar con readimix para posteriormente colocar la perfacinta, se cubre la perfacinta con otra capa de readimix una vez terminado

este proceso se lija el readimix hasta que las uniones sean imperceptibles, por último se pintan las paredes de blanco.

4.2.1.4 Techo: El techo será de láminas galvanizadas parecidas a las utilizadas en las comunidades, haciendo el lugar donde se colocarán las estufas lo más apegado a la realidad a una cocina de una comunidad.

Se necesitan: 34 láminas galvanizadas, 5 bolsas de tabla roca de 1/8, taladro, lentes y guantes.

Las láminas se colocan una sobre otra de tal manera que empalmen los canales de las esquinas de éstas para evitar filtraciones, se atornillarán con pijas autotaladrables al inicio de la lámina en medio y al final para dar mayor resistencia y que el viento no las arranque.

4.2.1.5 Puerta corrediza: La puerta corrediza es uno de los elementos más importantes del laboratorio, ya que simula el espacio real para la cocción de alimentos en comunidades, impide que el viento afecte a nuestras evaluaciones, correrá de un extremo a otro del laboratorio dependiendo del dispositivo a evaluar, será de lámina galvanizada y de color blanca para que refleje la radiación.

Se necesita: 2 PTR, 4 láminas galvanizadas y soldadura.

Pasos para la construcción:

- 1- Se cortan los tramos de PTR a las medidas requeridas.
- 2- Se sueldan los tramos para formar un marco que tendrá forma rectangular de 4m de largo por 2 m de alturas.
- 3- Se colocan láminas sobre el marco y se sueldan.
- 4- Se suelda una guía en la parte superior a lo largo de toda la estructura para que la puerta corra a lo largo de cada una de las divisiones del laboratorio

4.2.1.6 Electrificación: La energía eléctrica necesaria para la iluminación y la conexión de algunos dispositivos será suministrada por un sistema fotovoltaico autónomo, para que en la noche también se puedan realizar evaluaciones.

El sistema fotovoltaico deberá tener un módulo, inversor, regulador de carga y baterías y cables.

4.2.2 Adquisición y construcción de modelos de estufas ecológicas.

Se identificarán los modelos de estufas ecológicas más implementados en el estado de Chiapas para posteriormente implementarlos en el laboratorio, algunos serán adquiridos y otros construidos en el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Energías Renovables que se ubica en la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, para posteriormente hacer las evaluaciones pertinentes a cada uno de los modelos.

4.2.3 Adquisición de los dispositivos necesarios para la medición de las diversas magnitudes que se evaluarán.

Identificar los dispositivos adecuados para la medición de cada una de las variables y magnitudes físicas: Humedad de la leña, peso de la leña, poder calorífico de la leña, para saber el poder calorífico de la leña, temperatura ambiente, temperatura del agua, temperatura del comal y las paredes, monóxido de carbono, bióxido de carbono, tiempo.

Con esto termina la primera parte de la metodología que consiste en los pasos para desarrollar la infraestructura física, una vez terminado el laboratorio se contará con un lugar con las condiciones mínimas requeridas para llevar a cabo las evaluaciones de los diferentes dispositivos.

4.3 Pasos para el desarrollado de una metodología de evaluación de estufas ecológicas.

1.- Para desarrollar la metodología de evaluación de estufas ecológicas, en primer lugar se hará una exhaustiva revisión bibliográfica de:

*Laboratorios de evaluación de estufas ecológicas que existen en el mundo.

*Pruebas internacionales de evaluación de estufas ecológicas.

*Normas o leyes para la evaluación de estufas ecológicas.

2.- Se identificarán procedimientos tradicionales de cocción de alimentos en comunidades rurales del estado de Chiapas, esto para desarrollar pruebas propias de evaluación de estufas ecológicas, ya que es de suma importancia para obtener resultados que se apeguen a la realidad que viven las personas que las habitan.

3.- Se desarrollará una metodología integral que abarca no solo aspectos de eficiencia térmica y ahorro de leña, si no también cuestiones como emisiones de gases, seguridad y aceptación social, aspectos indispensables para la adopción de las estufas ecológicas.

4.4 Aplicación de la metodología desarrollada.

Una vez desarrollada la metodología, ésta se aplicará a los modelos de estufas ecológicas instalados en el laboratorio, basada en los siguientes aspectos:

1.- Las evaluaciones siempre las realizará la misma persona, puesto que si las hacen dos personas diferentes los resultados pueden variar mucho.

2.- El tipo de leña siempre tiene que ser el mismo para todas las pruebas, la cantidad de humedad en la leña tiene que estar en el rango de 10% a 15%, para

simular la leña que utilizan en comunidades, para ello utilizamos un sensor de humedad de leña.

3.-Las ollas que se utilizarán tienen que ser de la misma capacidad y el mismo material.

4.- Los alimentos que se van a utilizar, siempre serán de la misma marca.

5.- Cada una de las evaluaciones de la metodología desarrollada se aplicará 3 veces a cada uno de los modelos de estufas ecológicas implementados en el laboratorio.

Capítulo 5.- Resultados y discusión.

5.1 Introducción.

En este capítulo se muestran los resultados más importantes obtenidos de las 3 etapas en las que se desarrolló el proyecto, en primer lugar el diseño y construcción del laboratorio de estufas ecológicas, en segundo lugar la metodología integral de evaluación que se desarrolló y por último los resultados que arrojaron cada una de las pruebas de esta metodología aplicada en cada uno de los diferentes modelos de estufas ecológicas y el fogón tradicional.

5.2 Diseño y construcción del laboratorio.

El laboratorio se diseñó en el programa SketchUp 2008. Tiene un largo de 24 m de largo por 3 m de ancho y una altura de 2.20 m de altura en la parte frontal y 2.40 m de altura en la parte trasera, se le colocó una puerta corrediza para que se mantenga el control de flujo de aire en los cuartos y no afecte a las evaluaciones, contará con un sistema fotovoltaico autónomo para la iluminación.



Figura 9. Vista frontal del laboratorio con sus medidas.



Figura 10. Vista lateral

Construcción.



Figura 11. Inicio de excavación

La construcción se realizó en función del diseño realizado para lo cual se cavó una zanja perimetral para los cimientos del laboratorio la cual tiene 24 m de largo por 3 m de ancho, 1 m de profundidad y 0.5 m de ancho ancha para poder maniobrar libremente ya que los cimientos tendrán 0.3 m de ancho.



Figura 12. Inicio de construcción de los cimientos.

Durante este anduo primero se contó con la participación de estudiantes e investigadores. Los cimientos del laboratorio se hicieron con piedra de laja porque es muy resistente y fácil de trabajar la cual se pegó con una mezcla de cemento y arena.



Figura 13. Cimientos.

El perímetro de piedra tiene una profundidad de 1 m y sobre sale de la tierra 0.15 m, esto para evitar que la lluvia penetre al suelo donde están las estufas ecológicas y afecte las evaluaciones.



Figura 14. Estructura de soporte.

La estructura de soporte se hizo de metal con montenes cuadrados de 3 pulgadas para las paredes y montenes de 2 pulgadas para la estructura del techo



Figura 15. Instalación de paredes de tabla roca.

Las paredes se hicieron de tabla roca porque es un material económico y fácil de trabajar, tienen una longitud de 3 m, una altura, de 2.20 m en un lado y 2.40 m en el otro.



Figura 16. Construcción del techo.

El techo se hizo con láminas metálicas de 3.60 m de largo por .80 m de ancho y con un desnivel para evitar estancamiento del agua cuan hay lluvia.



Figura 17. Iluminación del laboratorio.

Un sistema solar fotovoltaico garantiza la iluminación. Está compuesto por un panel fotovoltaico de 130 watts, un inversor de 300 watts y 12 volts, un controlador de carga de 12 volts y una batería de 120 Amp.



Figura 18. Divisiones del laboratorio

Como se observa en la figura cada una de las divisiones del laboratorio cuenta con un foco LED de 6 watts

5.2.1 Instalación de los diferentes modelos de estufas ecológicas que se evaluaron.

Algunos de los diferentes modelos de estufas ecológicas implementados en el laboratorio fueron obtenidos mediante organizaciones gubernamentales y empresa privada la estufa O'nil se consiguió con la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) y la Estufa Patsari Modificada con Grupo Mesófilo de Oaxaca, el

fogón tradicional se construyó en el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Energías Renovables al igual que la estufa Enerchía que fue desarrollada por esta misma institución.



Figura 19. Estufa O'nil



Figura 20. Estufa Enerchía



Figura 21. Estufa Patsari modificada



Figura. 22. Fogón tradicional

5.2.2. Dispositivos que se utilizaron para la evaluación de las estufas ecológicas.

Se prosiguió a adquirir los equipos necesarios para cada una de las magnitudes y variables a medir, a continuación se presentan cada uno de los dispositivos y sus Características:

Dispositivo	Características
 <p>Calorímetro Parr 6400</p>	<p>Número de Modelo 6400 Pruebas por hora 6 – 8 Tiempo requerido por el operador por prueba 1 minuto Clasificación de Precisión Clase 0.1% Tipo de Chaqueta Chaqueta de agua isoperbólica Llenado de Oxígeno Automático Llenado de cubeta Automático Lavado de Bomba Automático OpcioModelo de Bomba 1138, 250 mL Alloy 20 1138CL, 250 mL Alloy G30 Comunicación con Balanza Puerto RS232C Comunicación con Impresora Puerto RS232C Comunicación con Red TCP/IP vía Ethernet Dimensiones (cm)42 ancho x 46 profundidad x 51 altura.</p>
 <p>Sensor de Monóxido de Carbono</p>	<p>Dígito 3 1/2 Super Largo (contador 1999) multifunción vídeo inverso LCD Tamaño de bolsillo y fácil de usar Prueba Rápida Max Asimiento y Asimiento de Datos Corte de energía automático Arriba de 200 PPM, el beeper suena continuamente con la concentración de CO Completo con batería de 9V Dimensiones: 160 x 56 x 40 mm Peso: 180 g Temperatura de operaciones desde 0 °C hasta +50 °C Temperatura de almacenaje desde -30 °C hasta +60 °C Humedad de operaciones Humedad relativa del 0-99 % (no condensada) Variedad de medida de 0 hasta 1000 PPM</p>



Sensor de Dióxido de Carbono

Rango de CO2 = 0 ~ 6,000 ppm Pantalla LCD dividida en 3 partes (para CO2, %RH Humedad y Temperatura de Aire).

Mantenimiento longitud de onda dual libre NDIR sensor infrarrojo de CO2 (infrarrojo no dispersivo).

Registro de datos manual o Continuo.

Los datos capturados Máximo / Mínimo con el sello de Tiempo.

Memoria de Datos y función de lectura.

Configuración de Alarma y de tiempo

Función de RS-232 y Software Función de demostración de fondo luminoso

Simple y seguro de usar



Sensor de humedad de leña.

Ajustables 4 especies de árboles, la lectura de bloqueo, los datos de sostener y valor máximo Temperatura de auto compensación para el ambiente variable.

El apagado automático después de 120s sin operación.

Luz de fondo de encendido / apagado, interruptor de encendido y ajuste / entrar botones.

br / > sensibles sondas 2 pines para probar rápidamente. Humedad Medida y temperatura.

< gama br /> humedad: Especies 1/2/3/4: 2-40% / 2-50% / 2-60% / 2-70%

error Humedad / resolución: ± 1% + 0,5 / 0,5%

Rango de temperatura / error / resolución: -10 ~ 60 ° C / ± 1 ° C / 0.1 ° C Rango />

Medio Ambiente de temperatura / humedad: 0-40 °C / 20-95% RH Tamaño : 135 x 55 x 27mm

 <p>Pistola de infra-rojos</p>	<p>Forma: Forma de pistola</p> <p>Rango de temperatura: -32 hasta +535 °C</p> <p>Resolución óptica: 2:1</p> <p>Tiempo de estabilización: ≤0,5 segundos</p> <p>Resolución: 0,2 °C</p> <p>Reproducibilidad: ± 0,5 % del valor visualizado o ± 1 °C</p> <p>Precisión (a una temperatura de funcionamiento de 23 °C): -32 hasta -26 °C: ± 3 °C -26 hasta -18 °C: ± 2,5 °C -18 hasta +23 °C: ± 2 °C +23 hasta +510 °C: ± 1 % de lectura o ± 1 °C +510 °C: ± 1,5 % de lectura</p> <p>Distancia típica del objetivo: De hasta 2 m</p> <p>Factor de emisión</p> <p>Fijo en 0,95</p>
 <p>Báscula digital</p>	<p>Capacidad: 10kgs/20lbs</p> <p>División mínima: 1g/0.0025 lbs</p> <p>Display: cuarzo liquido</p> <p>Backlight (pantalla iluminada): incluida</p> <p>Corriente eléctrica: 110v/60hz</p> <p>Adaptador a corriente eléctrica: incluido</p> <p>Adaptador al encendedor del auto: opcional</p> <p>Conector serial: rs-232</p> <p>Batería recargable: incluida con duracion 100h</p> <p>Tara máxima: 10kgs/20lbs</p> <p>Plato: 20cmsx24cms (7.8x9.4")</p> <p>Peso neto: 3.5kgs/7.8lbs</p>

 <p>Cronómetro</p>	<p>Sin especificaciones</p>
 <p>Cámara Termográfica Flir E-60</p>	<p>Resolución IR [píxels] 320 x240 (76.800)</p> <p>MSX - Realce de la imagen térmica sí</p> <p>Sensibilidad térmica / NETD [°C] <0.05°C</p> <p>Campo de visión 25° x 19°, Lentes opcionales: [teleobjetivo 6° x 4,5°]; [teleobjetivo 15° x 11,25°]; [gran angular 45° x 33,8°]</p> <p>Distancia focal mínima [m] 0.4 m, Lentes opcionales: [teleobjetivo 6°: 4]; [teleobjetivo 15°: 1,2]; [gran angular 45°: 0,2]</p> <p>Resolución espacial (IFOV) [mrad] 1,36 mrad, Lentes opcionales: [teleobjetivo 6°: 0,33]; [teleobjetivo 15°: 0,82]; [gran angular 45°: 2,59]</p> <p>Frecuencia de imagen [Hz] 60 Hz</p> <p>Enfoque Enfoque manual</p> <p>Zoom digital 2x y 4x</p> <p>Pantalla Pantalla táctil 3,5" LCD color</p> <p>Ajuste de imagen Ajuste automático / Ajuste manual</p> <p>Modos de presentación de imagen Imagen visual, imagen térmica, MSX, imagen en imagen escalable, imágenes en miniatura</p> <p>Rango de temperaturas [°C] -20°C a 650°C (2 rangos)</p> <p>Precisión ±2°C o ±2% de la lectura</p> <p>Herramientas de medida 3 puntos móviles / 3 áreas con máximo, mínimo y media / Detección automática de punto caliente y frío / Diferencia de temperatura entre herramientas de medida o respecto temperatura de referencia</p> <p>Colores (paletas) Ártico, gris, hierro, lava, arcoiris y arcoiris HC</p>

	<p>Isotermas y alarmas de color Isotermas superior, inferior e intervalo</p> <p>Almacenamiento de imágenes JPEG estandar (imágenes térmicas radiométricas/visuales) en tarjeta de memoria</p> <p>Anotaciones en imágenes Voz vía Bluetooth / Texto predefinido o personalizado mediante teclado en pantalla táctil / Datos de equipos externos mediante MeterLink</p> <p>Grabación de vídeo en cámara Vídeo IR no radiométrico en tarjeta SD (formato MPEG-4)</p> <p>Streaming de vídeo IR radiométrico completo a PC mediante USB / Colorizado no radiométrico descomprimido a PC mediante USB</p> <p>Cámara digital integrada [píxels] 2048 x 1536 con un iluminador LED</p> <p>Puntero laser Con localización en pantalla sobre imágenes IR</p> <p>Interfaces de comunicación de datos Wi-Fi / Tarjeta SD / Bluetooth / USB-A: conexión de dispositivos externos / USB Mini-B: Transferencia de datos con PC</p> <p>Tiempo operación baterías [horas] ≈ 4 hrs</p> <p>Peso (incluyendo batería) [kg] 0.880 kg</p> <p>Componentes entregados con el equipo Cámara termográfica FLIR E60, caja de transporte rígida, 2 baterías, cargador de baterías de 2 puertos, fuente de alimentación, correa de mano, tarjeta de memoria, cable USB, cable de vídeo, certificado de calibración, tarjeta descarga software FLIR Tools, CD-ROM documentación de usuario, documentación impresa</p>
--	---

5.3 Metodología desarrollada

La metodología desarrollada para la evaluación de estufas ecológicas incluye pruebas existentes y propias.

5.3.1. Identificación de la estufa ecológica que se va a evaluar.

En este apartado se identificará el modelo de estufa, el fabricante, el distribuidor, en pocas palabras los datos generales y se escribirán en un formato específico desarrollado.

5.3.2. Caracterización Física.

Se determinarán los materiales de los cuales está conformado el dispositivo tanto internos como externos, dimensiones y sus dimensiones. Todo esto se anotará en un formato específico desarrollado.

5.3.3 Pruebas de Eficiencia Térmica.

Para la pruebas de eficiencia térmica se utilizarán 2 protocolos internacionales y 2 pruebas desarrolladas en base a la experiencia adquirida en los proyectos en comunidades.

5.3.3.1 Pruebas internacionales.

Prueba de Ebullición de Agua y Prueba de Cocción Controlada, estos protocolos fueron presentados inicialmente por voluntarios de **VITA (Volunteers in Technical Assistance)** y actualizados por **ETHOS (Engineers in Technical and Humanitarian Opportunities of Service)** y **PCIA (Partnership for a Clean Indoor Air Network)**, y se pueden encontrar descritos detalladamente, junto con las plantillas de cálculo en formato Excel, en la página web de Aprovecho Research Center: <http://www.aprovecho.org/lab/pubs/testing>.

5.3.3.1.1 Prueba de Ebullición de Agua (WBT).

Esta prueba está diseñada para calcular el rendimiento energético de la cocina en términos de transferencia de calor y eficiencia de la combustión. Permite determinar la eficiencia del proceso mediante el cual una cocina emplea la energía contenida en el combustible en calentar el agua en una olla. Para la realización de este test se hizo uso de la plantilla Excel: **Water Boiling Test (WBT) data calculation sheet v.3.2.3**. La prueba de hervido de agua consiste en calentar 5 litros de agua durante tres fases secuenciales en las que se anotará: tiempo que ha tardado en empezar a hervir, cuánta leña ha consumido para ello y cuánto carbón ha producido. Las fases en las que se divide una prueba de WBT son las siguientes:

1. Fase de alta potencia de inicio frío.
2. Fase de alta potencia de inicio caliente.
3. Fase de hervir a fuego lento.

5.3.3.1.2 Prueba Controlada de Cocinado

Las pruebas de cocinado controlado miden el rendimiento de la cocina mejorada en la preparación de un determinado alimento y lo compara con el rendimiento del método de cocción tradicional. En esta prueba se seleccionaron como alimentos el maíz y los frijoles ya que son los alimentos consumidos por la mayor parte de la población. Para la realización de estas pruebas se hizo uso de la plantilla Excel: **Controlled Cooking Test (CCT) data calculation sheet v.2.0**. En este test se cocina 1kg neto de maíz o frijol iniciando con el cuerpo de la cocina frío, de la misma forma que se haría tradicionalmente. Las cantidades utilizadas de cada ingrediente y el método de cocinado se repite en cada una de las pruebas y cocinas evaluadas. Los datos a obtener son: duración del tiempo de cocinado, la cantidad de combustible utilizado, y el peso final de los alimentos cocinados. De esa manera se podrá obtener el consumo específico de combustible (g/kg) que indica cuántos gramos de combustible han sido necesarios para cocinar cada kilogramo de alimento final.

5.3.3.2 Pruebas propias desarrollas.

Las pruebas propias fueron desarrollas en base a la experiencia adquirida en la instalación de cientos de estufas ecológicas y también en base a las costumbres de cocinado de las regiones de Chiapas es decir la ergonomía.

5.3.3.2.1 Prueba de Comportamiento Térmico del Comal.

Esta prueba nos permite identificar las tres fases del calentamiento del comal:

- 1.- Fase de calentamiento
- 2.- Fase de estabilización

3.- Fase de enfriamiento

También nos permite determinar el tiempo de temperatura útil para la cocción (100°C) lo cual es muy importante, ya que se puede establecer qué tarea es más óptima para cada una de las fases.

5.3.3.2.1 Prueba de Capacidad Máxima de Cocción de Alimentos

Típicos.

Con esta prueba determinaremos el tiempo de cocción de alimentos típicos de la región (alimentos en porciones reales) así como la leña consumida y el porcentaje de reducción de tiempo de cocción de los alimentos, compararemos el fogón tradicional con cada una de las estufas ecológicas que se van a evaluar .

5.3.4 Prueba de Emisiones de Gases.

Se realizará una prueba de emisiones de gases en la cual se medirán las emisiones generadas por cada uno de los modelos de estufas ecológicas, emisiones de monóxido de carbono, dióxido de carbono y material particulado de 2.5 ppm y posteriormente se compararán con el fogón tradicional para determinar el porcentaje de reducción de los gases

5.3.5 Prueba de seguridad.

Esta prueba consiste en una serie de directrices que fue propuesta en la tesis de un joven de la Universidad de Iowa y que ha sido adoptada por los principales centros de evaluación de estufas ecológicas

5.3.6 Evaluación de Impacto Social.

En la evaluación de impacto social se llevarán a cabo entrevistas a las personas de la comunidad, las cuales contendrán preguntas clave para identificar y cuantificar los beneficios de tener una estufa ecológica comparada con su fogón

tradicional. Se identificarán aspectos económicos, ambientales (reducción de consumo de leña), ahorro de tiempo de cocción y recolección de leña

5.3.7 Informe final.

El informe final es una hoja en la cual se anotaron los resultados más importantes de las evaluaciones hechas al fogón tradicional y a los tres modelos de estufas ecológicas.

Así quedará el esquema general de la metodología integral desarrollada para la evaluación de estufas ecológicas:

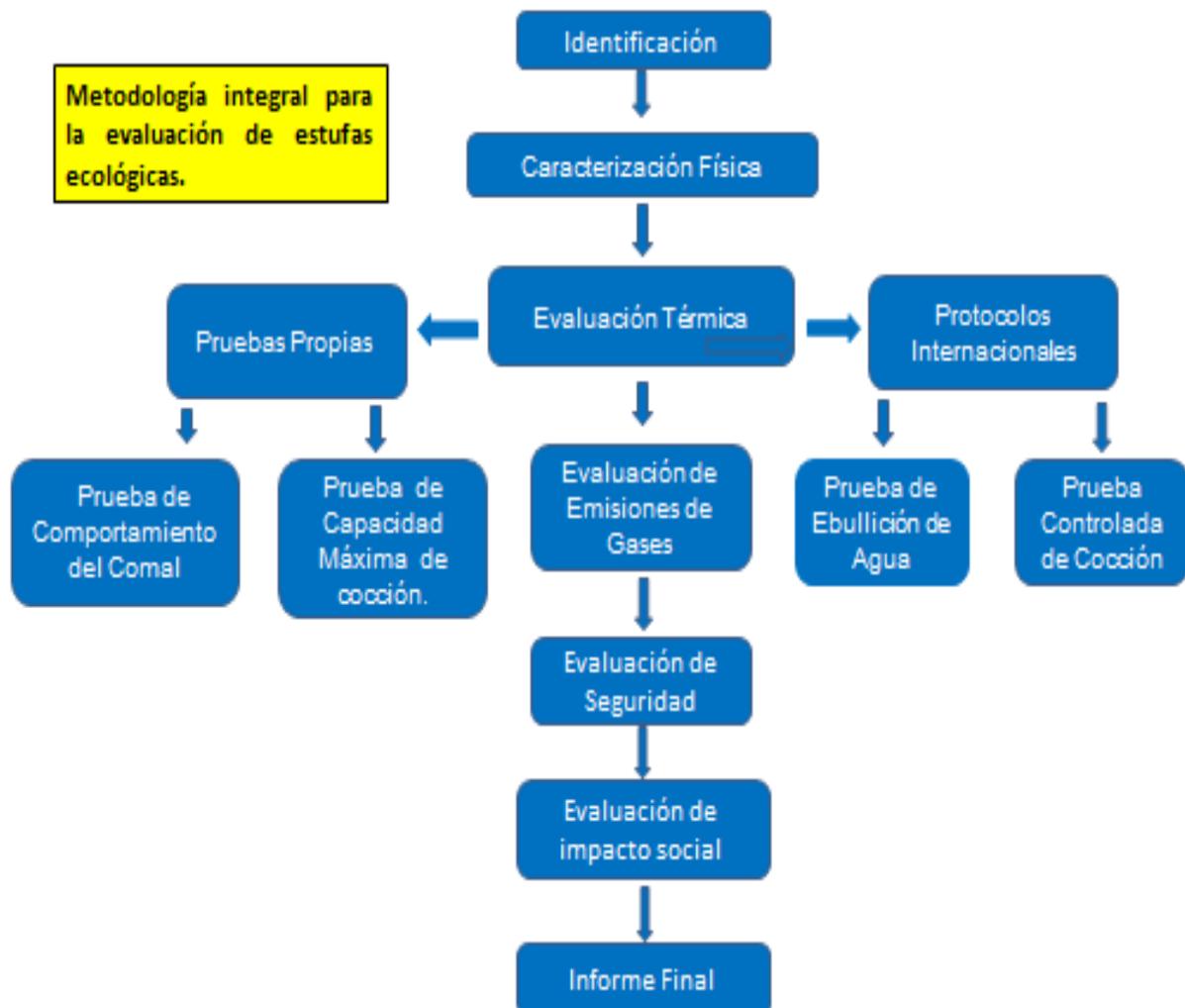


Figura 23. Esquema general de la metodología desarrollada.

5.4 Validación d la pruebas aplicadas a los modelos de estufas ecológicas implementadas en el laboratorio.

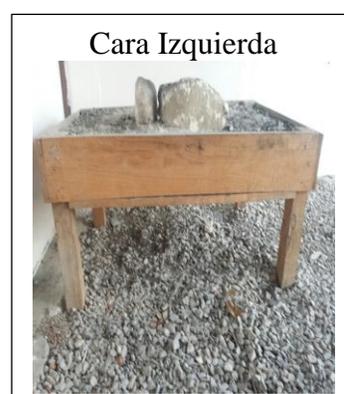
A continuación se presentan los resultados de la evaluación de cada uno de los modelos de estufas ecológicas implementadas en el laboratorio a la cuales se le realizaron varias pruebas de eficiencia térmica, de gases de efecto invernadero, de seguridad, de impacto social, de caracterización física e identificación

5.4.1 Hoja de identificación de los modelos de estufas evaluados.

Hoja de identificación del Fogón de tres piedras.

Nombre:	<input type="text" value="Fogón"/>	Con/sin chimenea:	<input type="text" value="Sin chimenea"/>
Tipo/modelo:	<input type="text" value="Tres piedras"/>		
Fabricante:	<input type="text" value="Comunitarios"/>	Fija/móvil:	<input type="text" value="Móvil"/>
Tipo de combustible:	<input type="text" value="Leña"/>		

Fotografías



Comentarios generales: El fogón de tres piedras es un dispositivo rudimentario que es peligroso ya que las llamas no se contienen de forma controlada, expulsa muchos gases nocivos para la salud de las personas y es muy ineficiente

Hoja de identificación de Estufa Enerchia.

Nombre:	Estufa Enerchia	Con/sin chimenea:	Con chimenea
Tipo/modelo:	Plancha / 01		
Fabricante:	UNICACH	Fija/móvil:	Móvil
Tipo de combustible:	Leña		

Fotografías

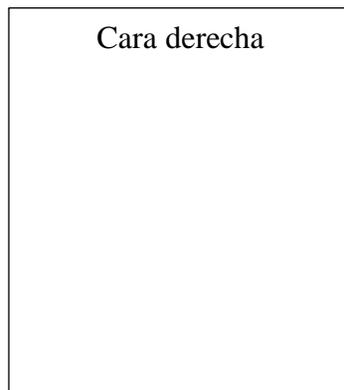


Comentarios generales: La estufa Enerchia es un dispositivo el cual a primer vista es muy llamativo porque está cubierta en la parte exterior de madera, tiene una cámara de combustión adecuada ya que no es ni muy grande ni muy pequeña, el comal es grande.

Hoja de identificación de Estufa Patsari modificada

Nombre:	Estufa Patsari	Con/sin chimenea:	Con chimenea
Tipo/modelo:	Plancha / Modifiicada		
Fabricante:	Unam	Fija/móvil:	Fija
Tipo de combustible:	Leña		

Fotografías



Comentarios generales: La estufa Patsari modificada es muy agradable a la vista, tiene un buen diseño y los materiales de construcción son fáciles de adquirir, tiene una cámara de combustión demasiado grande lo cual no es bueno para el ahorro de leña.

Hoja de identificación de Estufa O´nil.

Nombre:	Estufa O´nil	Con/sin chimenea:	Con chimenea
Tipo/modelo:	Plancha / 2123		
Fabricante:	O´nil	Fija/móvil:	Móvil
Tipo de combustible:	Leña		

Fotografías



Comentarios generales: La estufa O´nil es muy agradable a la vista, sus materiales son difíciles de conseguir, es muy fácil de armar, la cámara de combustión es muy pequeña lo que es bueno ya que el porcentaje de ahorro de leña será bueno pero por otra parte tardará más tiempo en realizar una tarea de cocción.

Hoja de caracterización física del fogón.

Cámara de combustión

Forma:

Capacidad interna:

Materiales aislantes

internos:

Materiales aislantes

externos:

Comal

Material:

Forma:

Cantidad:

Dimensiones:

Circulación de gases

Tipo y forma de entrada:

Tipo y forma de salida:

Material:

Tamaño de la chimenea:

Diámetro de la chimenea:

Retardador de llama:

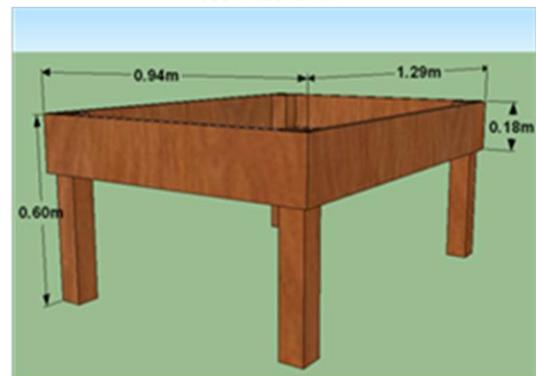
Estructura de soporte

Material:

Dimensiones:

Forma:

Medidas



Hoja de caracterización Estufa Enerchía.

Cámara de combustión

Forma:

Capacidad interna:

Materiales aislantes
internos:

Materiales aislantes
externos:

Comal

Material:

Forma:

Cantidad:

Dimensiones:

Circulación de gases

Tipo y forma de
entrada:

Tipo y forma de
salida:

Material:

Tamaño de la chimenea:

Diámetro de la chimenea:

Retardador de llama:

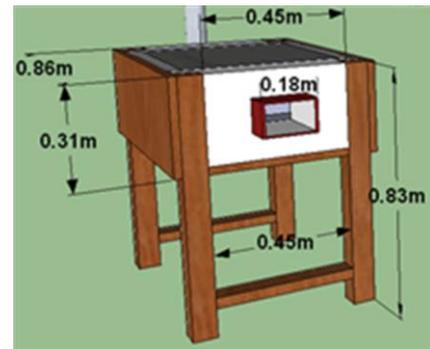
Estructura de soporte

Material:

Dimensiones:

Forma:

Medidas



Hoja de caracterización física Estufa Patsari.

Cámara de combustión

Forma:

Capacidad interna:

Materiales aislantes
internos:

Materiales aislantes
externos:

Comal

Material:

Forma:

Cantidad:

Dimensiones:

Circulación de gases

Tipo y forma de
entrada:

Tipo y forma de
salida:

Material:

Tamaño de la chimenea:

Diámetro de la chimenea:

Retardador de llama:

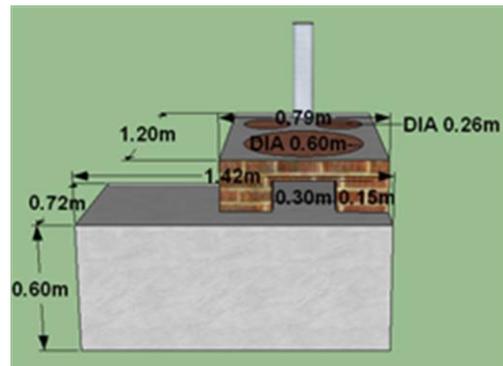
Estructura de soporte

Material:

Dimensiones:

Forma:

Medidas



Hoja de caracterización física Estufa O'nil.

Cámara de combustión

Forma:

Capacidad interna:

Materiales aislantes

internos:

Materiales aislantes

externos:

Comal

Material:

Forma:

Cantidad:

Dimensiones:

Circulación de gases

Tipo y forma de entrada:

Tipo y forma de salida:

Material:

Tamaño de la chimenea:

Diámetro de la chimenea:

Retardador de llama:

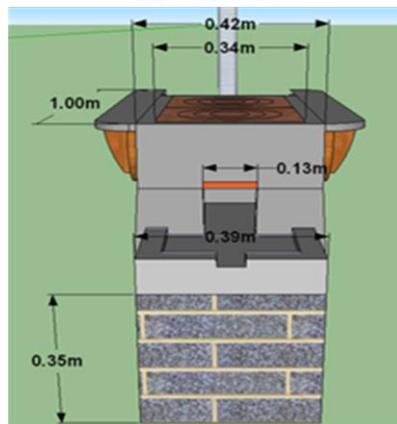
Estructura de soporte

Material:

Dimensiones:

Fo:

Medidas



5.4.3 Validación de las pruebas de eficiencia térmica.

5.4.3.1 Validación de la Prueba de Ebullición de Agua (WBT)

El resultado más importante del WBT es la eficiencia térmica que se define como el cociente útil otorgada a la olla con agua entre la energía total de entrada. Por tratarse de una medida adimensional generalmente se expresa en valores de porcentaje.

En la tabla 2 se registraron los resultados obtenidos de la prueba aplicada al fogón tradicional y tres modelos diferentes de estufas ecológicas.

WBT	Tiempo de ebullición (min)	Combustible consumido (Kg)	Eficiencia Térmica (%)	Rango de combustible consumido (g / min)	Consumo específico de combustible (g / liter)	Potencia de fuego (w)
Fogón	26	1.367	13	36	171	9, 384
Enerchia	42	1.979	14	34	298	10, 350
Patsari	47	1.996	12	35	196	9, 828
O'nil	65	1.845	12	38	350	9, 476

Tabla 3. Resultados del WBT.

Los resultados del WBT muestran que el fogón tradicional de tres piedras es más eficiente térmicamente hablando que la estufa Patsari modificada y la estufa O'nil, el único dispositivo que lo superó fue la estufa Enerchía. El fogón fue el dispositivo que menos tiempo tardó en realizar la tarea y el que menos leña utilizó, resultado que contradice mucha de la bibliografía encontrada, la explicación a estos resultados reveladores es que mucha de la energía liberada por la combustión de la leña al inicio va directamente a la masa de las paredes y base de las estufas entre más gruesas sean éstas más tarda el comal en llegar a altas temperaturas, esto es una desventaja y

una desventaja a la vez ya que entre más masa en la cámara de combustión se retiene por más tiempo el calor.

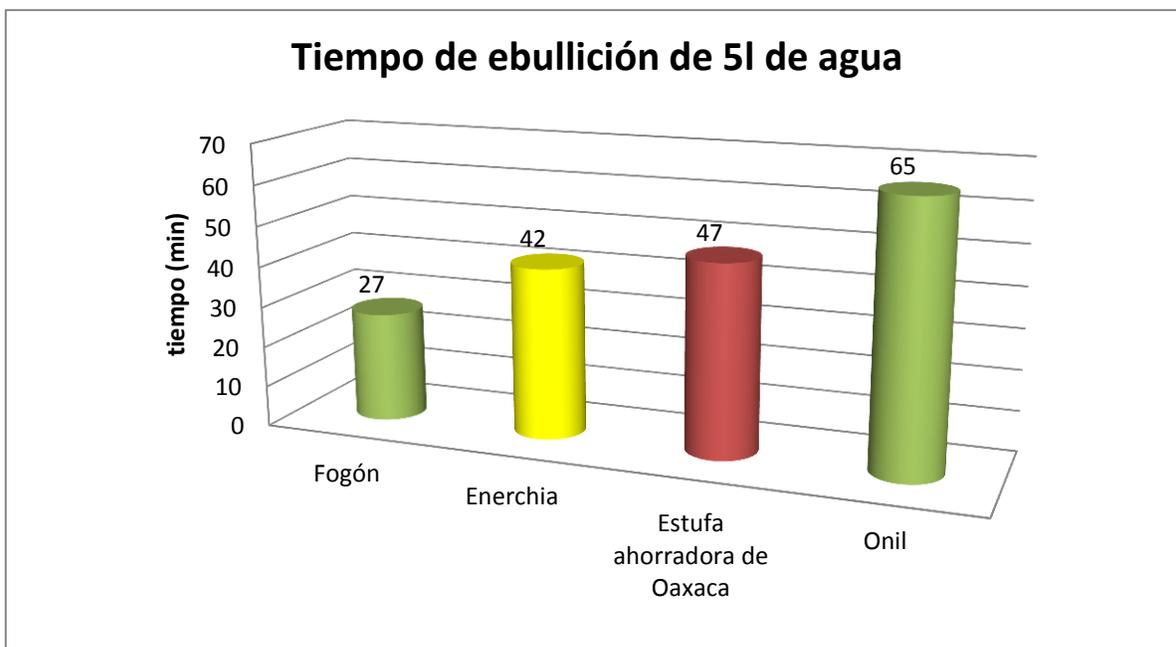


Figura 24. Gráfica comparativa de tiempo en llevar al punto de ebullición 5l de agua de 4 tecnologías de cocción de alimentos.

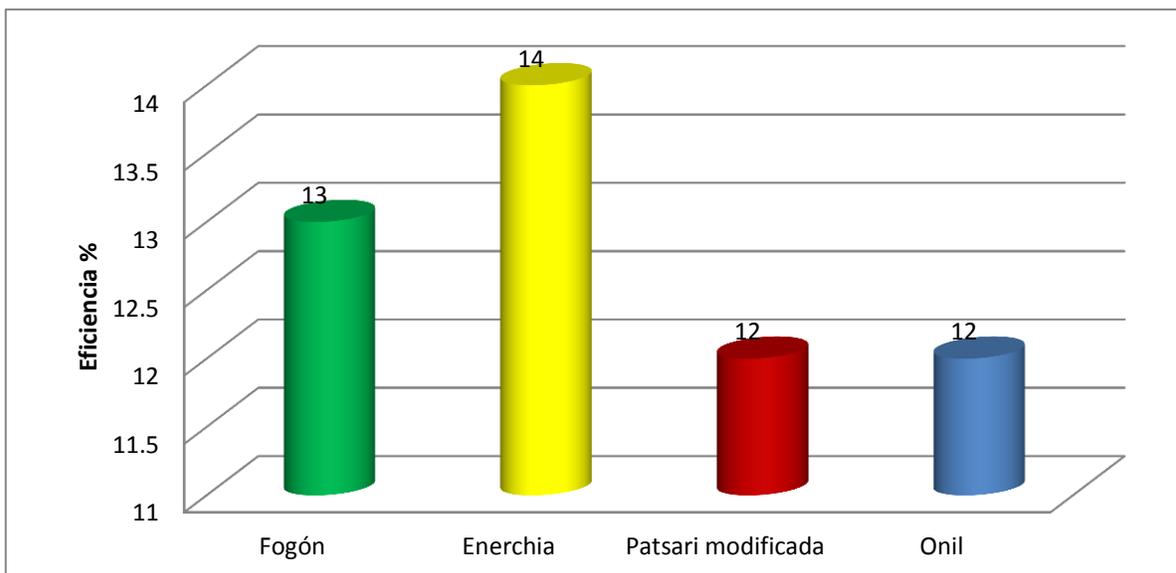


Figura 25. Gráfica comparativa de la eficiencia de las 4 tecnologías de cocción evaluadas.

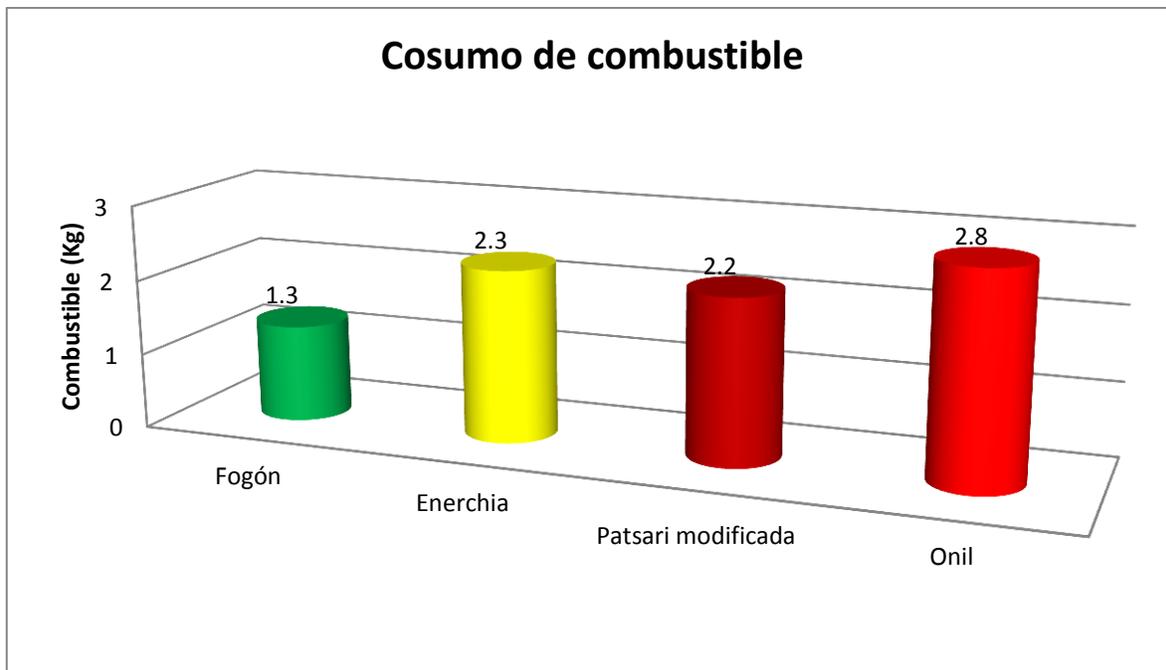


Figura 26. Gráfica comparativa de consumo de combustible de 4 tecnologías de cocción de alimentos durante el WBT.

5.4.3.2 Validación de la Prueba de Cocción Controlada (CCT).

Durante esta prueba se tomó en cuenta como principales resultados el tiempo en que tarde en cocerse el alimento así como el consumo de leña.

CCT (Frijol)	Tiempo de cocción (min)	Combustible consumido (Kg)	Rango de combustión (g / min)	Potencia de fuego (w)
Fogón	104	2.9	50	
Enerchia	112	5.2	51	14 940
Patsari	112	5.6	52	14 653
O´nil	155	4.9	32	9 264

Tabla 4. Resultados obtenidos durante la CCT utilizando frijol.

En la prueba de cocción de alimentos la historia se repite, el fogón fue el dispositivo que menos leña utilizó y el que menos tiempo tardó en realizar la tarea de cocinado, hablando de las estufas ecológicas la que menos tiempo hizo en realizar la tarea de cocción fue la estufa Enerchía, seguida de la Estufa Patsari modificada y finalmente la Estufa O´nil, por otra parte el dispositivo que menos leña utilizó fue la Estufa O´nil, seguida de la Estufa Enerchía y finalmente la Estufa Patsari modificada.

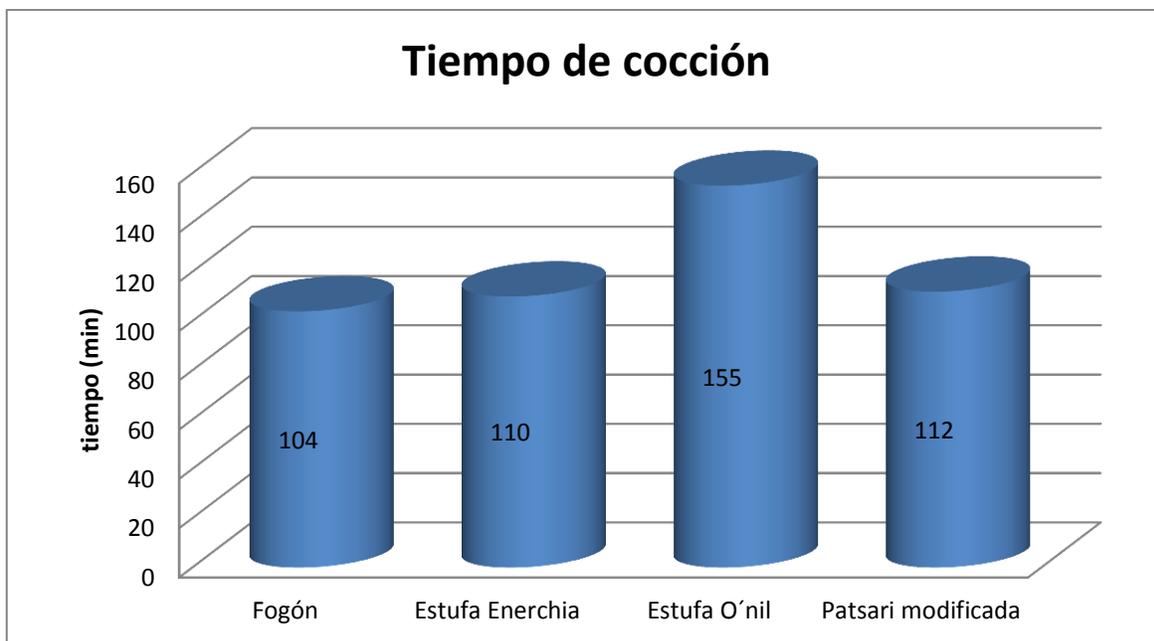


Figura 27 Comparativa de tiempos de cocción entre fogón y estufas ecológicas evaluadas

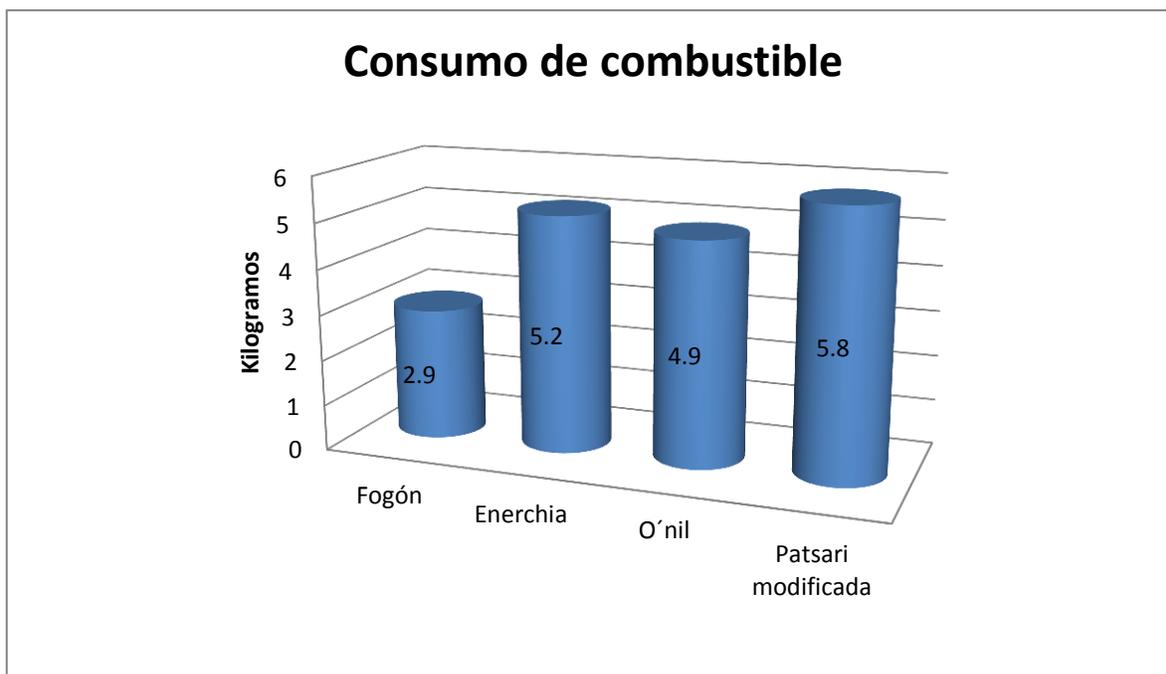


Figura. 28 Gráfica comparativa de consumo de combustible durante la cocción de 1kg frijol con 4 diferentes tipos de tecnologías de cocción de alimentos.

Prueba de Cocción Controlada (maíz).

CCT (Maíz)	Tiempo de cocción (min)	Combustible consumido (Kg)	Rango de combustión (g / min)	Potencia de fuego (w)
Fogón	70	2.4	34	
Enerchia	90	4.8	53.3	15 630
Patsari	96	5.1	54.1	15 569
O'nil	125	3.9	31.2	9 143

Tabla 5. Resultados obtenidos durante la CCT utilizando maíz.



Figura 29. Gráfica comparativa de tiempo de cocción de maíz entre el fogón y las estufas ecológicas.

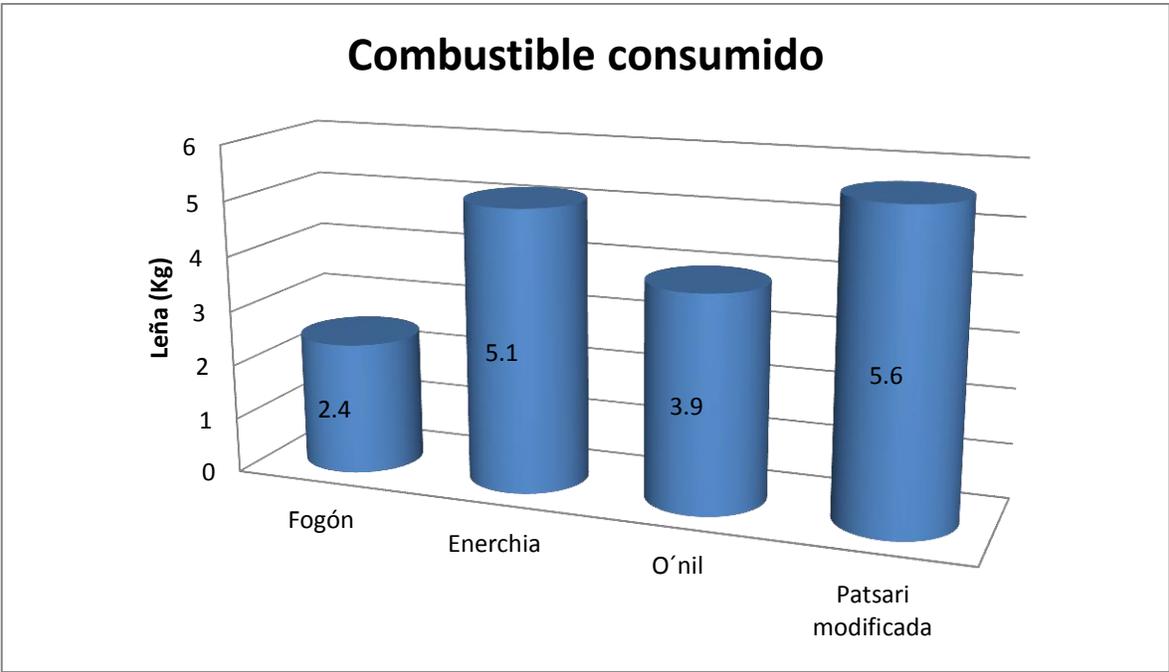


Figura 30. Gráfica comparativa de combustible consumido entre el fogón y los modelos de estufas ecológicas.

5.4.3.3 Validación de la Prueba de comportamiento térmico del comal.

Durante esta prueba se mide la temperatura del comal en función del tiempo para identificar las 3 fases del comportamiento del comal:

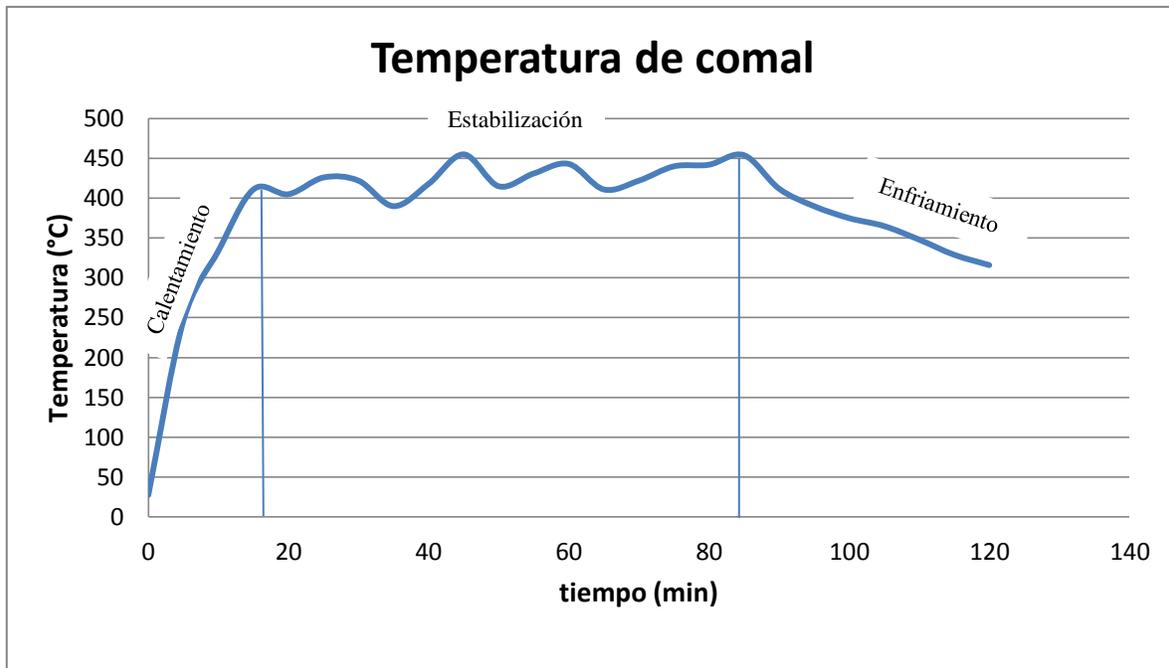


Fig. 31.- Comportamiento térmico de la Estufa Enerchía en función del tiempo.

Como se puede observar en el gráfico existen tres fases bien definidas del comportamiento de una estufa ecológica en función del tiempo, estas fases son:

- 1.- Fase de calentamiento
- 2.- Fase de estabilización
- 3.- Fase enfriamiento

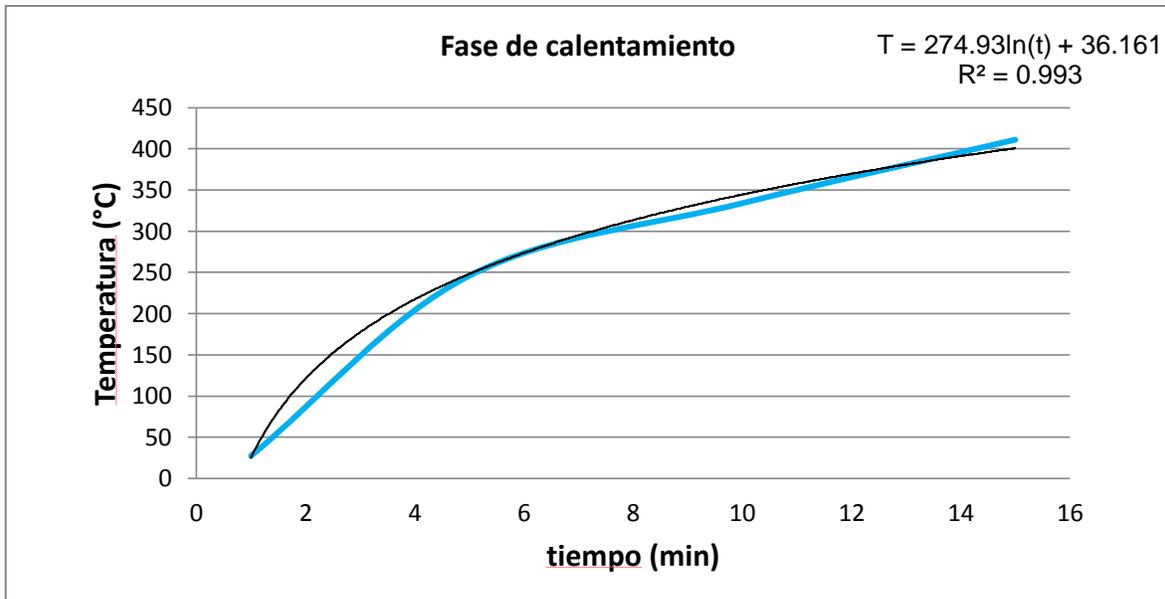


Figura 32. Comportamiento térmico de la estufa Enerchia en función del tiempo en la fase de calentamiento.

En la primera fase la temperatura se incrementa de forma logarítmica con respecto al tiempo.

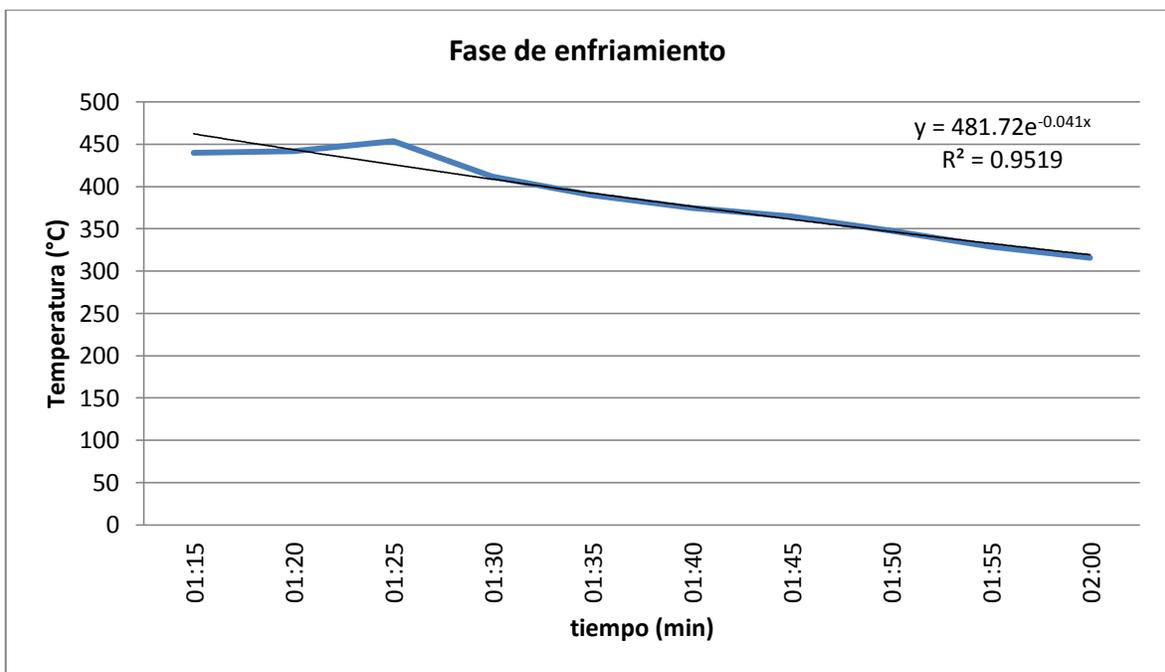


Figura 33. Comportamiento térmico del comal de la estufa Enerchia en la fase de enfriamiento.

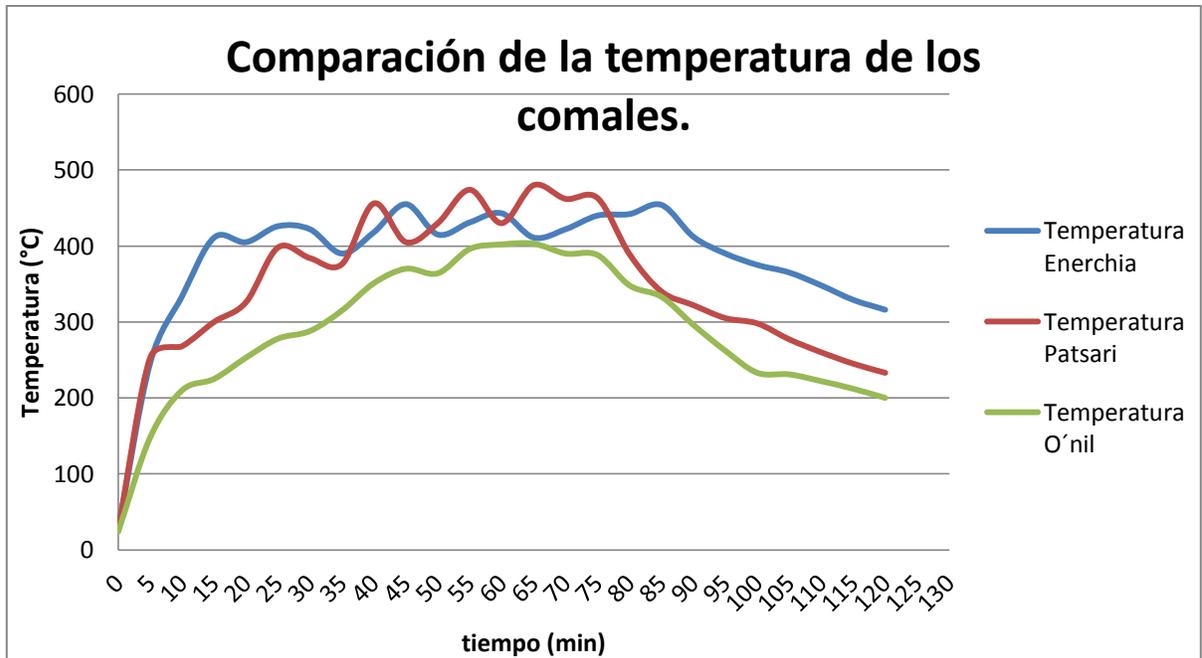


Figura 34. Gráfico comparativo de comportamiento térmico del comal entre Estufa Enerchia, Estufa Patsari y Estufa Onil.

Los resultados obtenidos en las pruebas propias nos arrojaron datos más precisos a nuestro parecer ya que por nuestra experiencia a la hora de elaborar nuestras pruebas tomamos en cuenta el punto más importante para la adopción de las estufas ecológicas, la ergonomía es decir; la interacción de las personas con las estufas ecológicas (forma de cocinado, forma de introducir la leña, la manera en la que encienden la leña etc, etc). En la prueba de comportamiento térmico del comal identificamos que la estufa ecológica que más temperatura tiene a los 15 minutos de ser encendida es la estufa Enerchia con 411°C seguida de la Patsari modificada con 300°C y por último la estufa O'nil con 289°C, al fogón no se realiza esta prueba por que no se utiliza comal. En la segunda parte de la prueba que consiste en determinar el tiempo en que el comal tarda en llegar a 100 °C después de dejar de introducir leña, el dispositivo que obtuvo el mejor resultado fue la estufa Enerchia con 6 h y 15 min, en segundo lugar la estufa Patsari modificada con 5 h 11 min y por último la estufa O'nil con 4 h 52 min.

5.4.3.4 Validación de la Prueba de Cocción Máxima de Alimentos Típicos.

En el siguiente cuadro se muestran los resultados obtenidos de la Prueba de Cocción Máxima de Alimentos la cual consiste en simular una tarea de cocinado real ya que hemos constatado en diversas visitas a comunidades que al momento de realizar sus tareas de cocinado utilizan el total de la superficie del comal es decir utilizan de 2 a 3 ollas.

5l agua + 2Kg maíz + 2Kr frijol	Tiempo de cocción (min)	Combustible consumido (Kg)	Rango de combustión (g / min)	Energía consumida (Mj)	Potencia de fuego (w)
Fogón	185	8.340	38.7	146.65	13 212
Enerchia	133	6.304	47.39	110.85	13 891
Patsari	145	7.178	49.50	126.22	14 508
O'nil	180	4.946	27.47	86.97	8 053

5l agua + 2Kg maíz + 2Kr frijol	Combustible Consumido Kg/h	Potencia de fuego (w/cm ²)	Consumo de combustible (g/cm ²)
Fogón	2.322	----	----
Enerchia	2.843	4.95	2.15
Patsari	2.970	3.73	2.11
O'nil	1.648	2.24	0.61

Tabla 6. Resultados de la prueba de cocción máxima de alimentos.

En esta prueba los resultados más favorables en los tiempos de cocción los obtuvo la estufa Enerchia ya que fue el dispositivo que menos tiempo hizo en realizar la tarea con 133 minutos, seguida de la estufa Patsari modificada con 145 minutos, después la estufa O´nil con 180 min y por último el fogón tradicional con 185 min, estos resultados obtenidos son contrarios a las pruebas internacionales debido a que como en un principio se dijo se tomó como punto fundamental para evaluar los diferentes modelos de estufas la forma en que se realiza la tarea de cocinado en la región, la cual consiste en utilizar el área máxima del comal es decir cocinar varios alimentos a la vez (poner en el comal 2 o 3 ollas al mismo tiempo). En la estufa Enerchía caben 3 ollas al igual que la Patsari modificada, en la Estufa O´nil 2 ollas y en el fogón solo una olla a la vez lo que explica que a pesar de realizar las tareas de cocinado más rápido que las demás tecnologías en las pruebas internacionales, en las pruebas propias fue lo contrario por que los alimentos se cocinaban uno a la vez. En cuestión de ahorro de leña la estufa O´nil obtuvo el mejor resultado 4.9 kg, seguida de la estufa Enerchía 6.3 kg, después la estufa Patsari moificada 7.1 kg y por último el fogón de tres piedras con 8.3 Kg. Una vez más los resultados fueron contrarios a los obtenidos en las pruebas internacionales, esto debido a que una vez que se calienta la cámara de combustión de las estufas ecológicas conforme pasa el tiempo se introduce menos leña para mantener una temperatura alta lo que en el fogón no ocurre puesto que no contiene el calor producido por la combustión y escapa al ambiente y al alimentar el fuego tiene que ser con una cantidad constante de leña en toda la prueba.

De esta prueba también se obtienen resultados sobre la reducción de consumo de leña y de tiempo de las estufas ecológicas respecto al fogón tradicional.

Estufas	Reducción de consumo de leña (%)	Reducción de tiempo de cocinado (%)
Enerchia	24.41	28.1
Patsari modificada	13.9	21
Onil	40.7	2.7

Tabla 7. Resultados de reducción de combustible y tiempo de cocinado de las estufas ecológicas respecto al fogón tradicional.

Como podemos observar en la tabla anterior la estufa con mayor ahorro de leña durante esta prueba es la Estufa Onil ya que ahorra un 40.7% de combustible respecto al fogón tradicional, pero en cuestión de reducción de tiempo es la que tiene la eficiencia más baja con un 2.7%. La estufa Enerchia es el dispositivo con mayor reducción de tiempo de cocinado con un 28.1% y su reducción en consumo de leña es del 24.41% resultado que es muy favorable. La estufa Patsari al igual que las otras estufa redujo el tiempo de cocinado con un 21% y la reducción de consumo de leña fue solo del 13.9%.

5.4.4 Validación de la prueba de Emisiones

P E	CO ppm (promedio)	CO₂ ppm (promedio)	Reducción de CO (%)	Reducción de CO₂ (%)
Fogón	101.2	865.7	----	----
Enerchia	0.16	446.65	99.84	89.98
Patsari modificada	0.069	490.34	99.93	80.6
O'nil	0.027	526.29	99.97	72.88

Tabla 8. Resultados obtenidos de la prueba de emisiones la cual se llevó a cabo con la cocción de 2 kg de frijol, 2 kg de maíz y llevar al punto de ebullición 5l de agua.

Los resultados obtenidos muestran que el fogón sobrepasó en varias ocasiones los límites permisibles de monóxido de carbono establecidos por la Organización Mundial de la Salud. Los tres modelos de estufas ecológicas obtuvieron un excelente resultado reduciendo en los tres casos más del 99% de monóxido de carbono en comparación con el fogón, donde sí se notó la diferencia entre un modelo y otro fue en las mediciones de dióxido de carbono donde la estufa Enerchia obtuvo el mejor resultado con una reducción del 80.98%. seguida de la estufa Patsari modificada con un 80.6% y por último la estufa O'nil con un 72.88%.

A continuación se presentan los gráficos obtenidos de las mediciones del fogón tradicional comparados con los 3 modelos de estufas ecológicas.

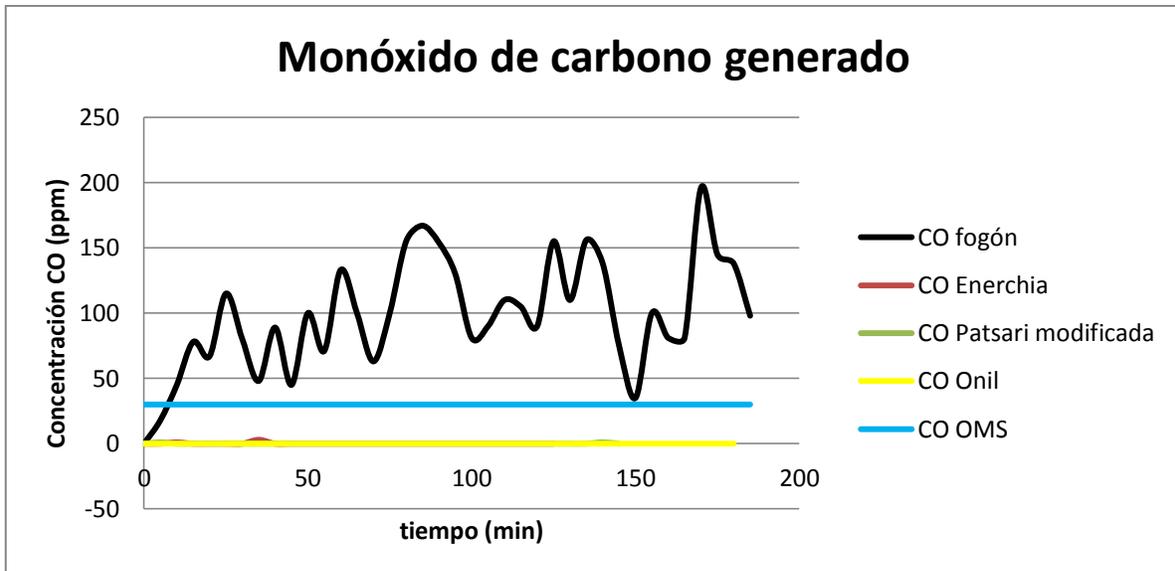


Figura 35. Gráfico comparativo de CO generado por la estufa Enerchia en comparación con el fogón y los límites permisibles establecidos por la Organización Mundial de la Salud durante la Prueba de Máxima Cocción de Alimentos.

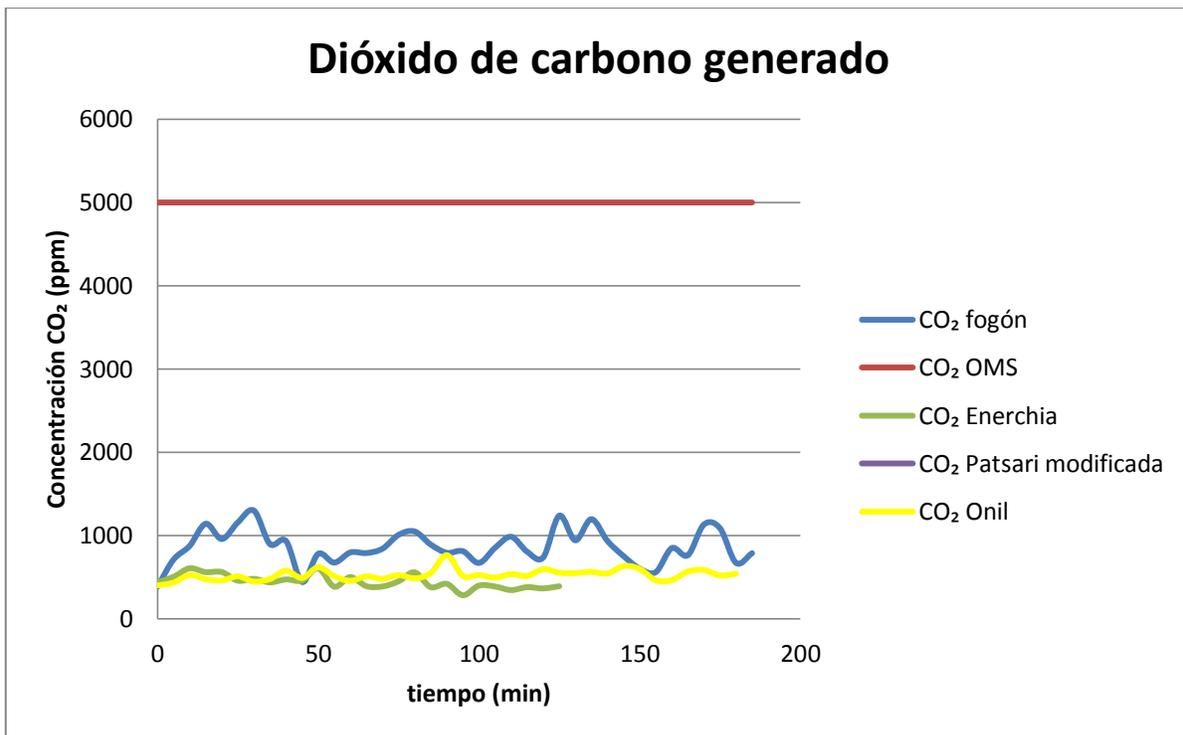


Figura 36. Gráfico comparativo de CO₂ generado por las estufas ecológicas en comparación con el fogón tradicional y los límites permisibles establecidos por la Organización Mundial de la Salud durante la Prueba de Máxima Cocción de Alimentos

5.4.5 Validación de la Prueba de seguridad.

Prueba	Valor obtenido	Factor	Total Fogón	Total Enerchia	Total Patsari	Total O'nil
1	4	X 1.5	3	6	4.5	4.5
2	4	X 3	12	12	12	12
3	4	X 2.5	2.5	10	10	10
4	4	X 2	8	8	8	8
5	4	X 2	2	8	6	8
6	4	X 2.5	2.5	10	10	7.5
7	3	X 2	2	6	4	8
8	2	X 2.5	5	5	7.5	10
9	4	X 3	3	12	12	12
10	4	X 4	4	16	16	16
Suma total			44	93	90	96

Tabla 9. Resultados individuales de las evaluaciones de seguridad aplicadas a cada una de las estufas ecológicas

Rango global	Total de puntos marcados
Excelente	$93 \leq S \leq 100$
Bueno	$84 \leq S \leq 92$
Regular	$76 \leq S \leq 83$
Malo	$25 \leq S \leq 75$

Tabla 10. Resultados generales de las evaluaciones de seguridad aplicadas a cada una de las estufas ecológicas

De los resultados finales hay 2 tecnologías que sobresalen, en primer lugar la estufa O'nil que obtuvo 96 puntos de 100 lo que la coloca en un rango de seguridad excelente, en segundo lugar la estufa Enerchia con 93 puntos de 100 colocándola también en un rango de seguridad excelente, en tercer lugar la Estufa Patsari modificada con 90 puntos de 100 lo que la coloca en un rango de

seguridad bueno y por último el fogón con 44 puntos de 100 disponibles lo que significa tiene un nivel de seguridad malo.

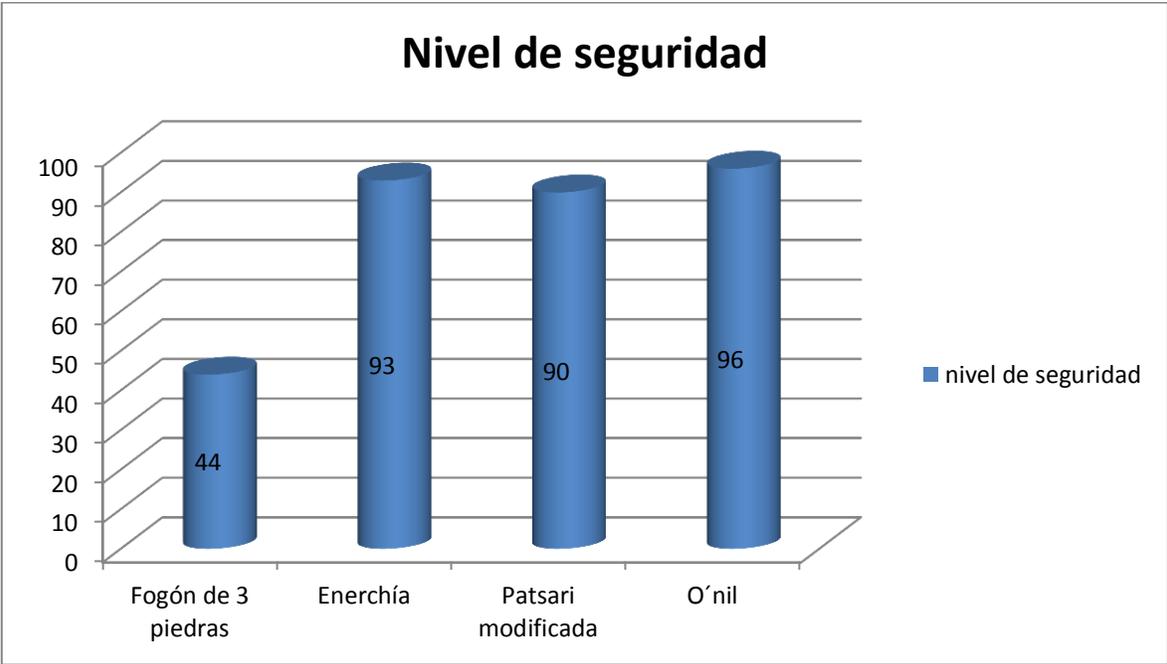


Figura 37. Gráfica comparativa de nivel de seguridad entre fogón tradicional y estufas ecológicas evaluadas.

5.4.6 Validación de la prueba de Impacto Social

Aspectos cualitativos

- 1.- ¿Le gusta la estufa? Mucho, es muy bonita y cuse rápido los alimentos
- 2.- ¿Qué le cambiaría? La entrada es pequeña
- 3.- ¿Qué diferencia significativa encuentra entre su fogón y su estufa ecológica?
Que ya no hay humo dentro de la cocina
- 4.- ¿Ha mejorado su salud? Si, mucho ya no arden los ojos y ya no tosemos
- 5.- ¿Ha observado algún ahorro de leña? Si, utilizábamos aproximadamente de 28 a 30 leños, ahora solo 10

Aspectos cuantitativos

- 1.- ¿Qué distancia recorre para recolectar leña? 1.8 km
- 2.- ¿Cuántas veces a la semana? 2
- 2.- ¿Tiempo que pasa en la cocina utilizando el fogón? 12h
- 3.- ¿Cantidad de leña que utiliza por día? 30 a 38 kg
- 4.- ¿Cantidad de leña que utiliza por mes? 2 tareas x 1.12m³
- 5.- ¿Cuál es el costo de la leña que consume? \$150

De los datos obtenidos del text obtuvimos los siguientes resultados:

Utilizando fogón	Distancia para recolectar leña (km)	Tiempo de uso del fogón (hr)	Cantidad de leña por día (Kg)	Cantidad de leña por mes (m ³)	Costo de la leña (\$)
Día	0.51	12	30	0.074	10
Mes	15.3	360	900	2.24	300
Año	186	4380	10950	26.88	3665

Tabla 11. Resultados de encuesta utilizando el fogón.

En las pruebas realizadas en trabajo de campo la estufa Enerchía redujo el tiempo de cocción de los alimentos un 28 %, mientras que el consumo de leña hasta un 38.8% respecto al fogón, por lo que podemos identificar los siguientes impactos sociales de una forma cuantitativa.

Utilizando Estufa Enerchía	Distancia para recolectar leña (km)	Tiempo de uso de la estufa (hr)	Cantidad de leña por (Kg)	Volumen de leña (m ³)	Costo de la leña (\$)
Día	0.31	8.64	18.36	0.045	6.12
Mes	9.36	259.2	550.8	1.37	183.6
Año	113.8	3153.6	6701	16.45	2243

Tabla 12. Resultados de encuesta utilizando la Estufa Enerchía.

La aplicación de la prueba arrojó como resultados que utilizando la estufa Enechía durante un año caminaremos para la recolección de leña 72.2 km menos que con el fogón, ahorraremos un tiempo de 3.86 hr para la cocción de alimentos, tiempo que podemos utilizar para realizar otras actividades, ahorraremos 4249 kg de leña y por último el ahorro de dinero será de \$1422.

5.4.7 Validación de informe final de los modelos de estufas evaluadas.

Informe final del fogón de 3 piedras.

Eficiencia Térmica		<input type="text" value="1.36 kg"/>	Tiempo de ebullición	<input type="text" value="2.4 kg"/>
Consumo de leña	WBT	<input type="text" value="13 %"/>	CCTF	<input type="text" value="2.9 kg"/>
			CCTM	<input type="text" value="26 min"/>
Tiempo	CCTF	<input type="text" value="112 min"/>		CCTM
				<input type="text" value="70 min"/>
Tiempo de cocción	CMCA	<input type="text" value="185 min"/>	Consumo de leña	CMCA
				<input type="text" value="8.3 Kg"/>
Tiempo de en llegar a 100°C		<input type="text"/>		
Reducción de tiempo de cocinado (CMCA)			<input type="text"/>	
Reducción de consumo de leña (CMCA)			<input type="text"/>	
Reducción de Emisiones	CO	<input type="text"/>	CO ₂	<input type="text"/>
Nivel de Seguridad		<input type="text" value="Malo"/>		
Ahorro de distancia por año (TIS)		<input type="text"/>		
Ahorro de tiempo por día (TIS)		<input type="text"/>		
Ahorro de dinero por año (TIS)		<input type="text"/>		
Ahorro de leña por año (TIS)		<input type="text"/>		

Comentarios: La única ventaja es que cuece los alimentos más rápido que otros modelos de estufas, pero solo en algunas pruebas, es muy malo para la salud debido a los gases que quedan dentro de la habitación y muy peligroso ya que hay varios reportes de lesiones a causa de la llamas, en general malo.

Informe final de la Estufa Enerchía.

Eficiencia Térmica		14 %	Tiempo de ebullición		42 min	
Consumo de leña	WBT	1.97 kg	CCTF	5.2 kg	CCTM	4.8 kg
Tiempo	CCTF	110 min		CCTM	90 min	
Tiempo de cocción	CMCA	133 min	Consumo de leña	CMCA	6.3 Kg	
Tiempo de en llegar a 100°C		6hr 15min				
Reducción de tiempo de cocinado (CMCA)					28.81 %	
Reducción de consumo de leña (CMCA)					24.41 %	
Reducción de Emisiones	CO	99.84 %	CO ₂		89.98%	
Nivel de Seguridad		Excelente				
Ahorro de distancia por año (TIS)		72.2 km				
Ahorro de tiempo por día (TIS)		3. 86 hr				
Ahorro de dinero por año (TIS)		\$1422				
Ahorro de leña por añoa (TIS)		4229kg				

Comentarios: Estufa apta para el estado de Chiapas, tiempos de cocción buenos, buen ahorro de leña, muy segura y muy amigable con el medio ambiente, tiene una excelente aceptación entre las personas que la utilizan.

Informe final de la Estufa Patsari modificada.

Eficiencia Térmica		12 %		Tiempo de ebullición		47 min
Consumo de leña	WBT	1.97 kg	CCTF	5.6 kg	CCTM	5.1 kg
Tiempo	CCTF	112 min			CCTM	96 min
Tiempo de cocción	CMCA	145 min	Consumo de leña	CMCA	7.1 Kg	
Tiempo de en llegar a 100°C		5hr 11min				
Reducción de tiempo de cocinado (CMCA)				21 %		
Reducción de consumo de leña (CMCA)				13.9 %		
Reducción de Emisiones	CO	99.93 %	CO ₂	80.6 %		
Nivel de Seguridad		Bueno				
Ahorro de distancia por año (TIS)						
Ahorro de tiempo por día (TIS)						
Ahorro de dinero por año (TIS)						
Ahorro de leña por año (TIS)						

Comentarios: Gasta mucha leña, se cuartea por todos lados, sale humo de la parte de enfrente, pero guarda muy bien el calor y es muy segura.

Informe final de la Estufa O´nil.

Eficiencia Térmica		12 %		Tiempo de ebullición		65 min
Consumo de leña	WBT	1.845 kg	CCTF	4.9 kg	CCTM	3.9 kg
Tiempo	CCTF	155 min		CCTM		125 min
Tiempo de cocción	CMCA	180 min	Consumo de leña	CMCA		4.9 Kg
Tiempo de en llegar a 100°C		4 hr 48				
Reducción de tiempo de cocinado (CMCA)						2.7 %
Reducción de consumo de leña (CMCA)						40.7 %
Reducción de Emisiones	CO	99.97 %	CO ₂			72.82 %
Nivel de Seguridad		Excelente				
Ahorro de distancia por año (TIS)						
Ahorro de tiempo por día (TIS)						
Ahorro de dinero por año (TIS)						
Ahorro de leña por añoa (TIS)						

Comentarios: Ahorro considerable de leña, muy segura, muy eficiente en cuanto reducción de emisiones pero tarde mucho en llevar a cabo las tareas de cocinado que provoca que muchas de las veces se le deje de utilizar

5.5 Conclusión

Se ha desarrollado un espacio con las condiciones necesarias para la evaluación de estufas ecológicas tanto en infraestructura como equipamiento para las mediciones de las diferentes variables evaluadas.

Se desarrolló una metodología integral que abarca no solo aspectos de eficiencia térmica y ambiental, si no también aspectos de seguridad e impacto social, y costumbres de la región aspectos cruciales para la adopción de estos dispositivos.

Gracias a las pruebas realizadas se detectaron ventajas y desventajas de cada uno de los dispositivos evaluados en el laboratorio, lo que es muy importante para el diseño de futuras tecnologías, ya que se podrán crear modelos más eficientes en todos los aspectos.

En nuestro país existen muchos modelos de estufas ecológicas, si hablamos de cuál es la mejor, podemos decir en base a los resultados obtenidos que la mejor estufa ecológica para el estado de Chiapas es la estufa Enerchía ya que se adapta a las necesidades de la región.

Con los resultados obtenidos hemos constatado que no hay una mejor estufa que otra sino que la mejor estufa es la que más se adapta a las necesidades de determinada comunidad o determinada región.

5.6 Trabajos a futuro.

- 1.- Desarrollo de prototipos más eficientes.
- 2.- Crear normas y leyes sobre estufas ecológicas.
- 3.- Convertir el laboratorio en un centro de certificación de estufas ecológicas.
- 4.- Trabajar en la modelación de estos dispositivos.

Bibliografía

- [1] Libro Energías Renovables 2008 - Energía Biomasa, Desarrollado por: Coordinación de Energías Renovables, Dirección Nacional de Promoción Subsecretaría de Energía Eléctrica.
- [2] Informe Final Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada (GIRA), 2004 "El uso de estufas mejoradas de leña en los hogares: evaluación de reducciones en la exposición personal".
- [3] Díaz, Jiménez R. Alatorre, Frenk C. Masera, O. "El uso de bioenergía en los hogares: impactos ambientales y en la salud"
- [4] [5] Díaz, Jiménez R. Alatorre, Frenk, C. Masera O. "El uso de bioenergía en los hogares: impactos ambientales y en la salud " Pátzcuaro, Michoacán, 2003.
- [6] Farrera, N. Farrera, N, tTecnologías termosolares y bioenergéticas y su contribución al desarrollo sustentable de comunidades rurales marginadas de Chiapas.
- [7] Informe Final Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada (GIRA), 2004 "El uso de estufas mejoradas de leña en los hogares: evaluación de reducciones en la exposición personal".
- [8] Blanco S., Cárdenas B., Maíz P., Berrueta V., Masera O. y Cruz J. 2009. Estudio comparativo de estufas mejoradas para sustentar un Programa de Intervención Masiva en México. Informe Final. Instituto Nacional de Ecología. Versión actualizada Septiembre de 2012. México D.F. 61pp.
- [9] Soares, D. "Genero, leña y sostenibilidad: El caso de una comunidad de los altos de Chiapas". Economía, Sociedad y Territorio. v. vol, 21, 2006.
- [10] "Estufas ahorradoras de leña para el hogar rural: validación y construcción" CATIE Costa Rica, Serie Técnica. Informe Técnico no. 216. 63 P.
- [11] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura "Mujeres: llave de la seguridad alimentaria".
- [12] Ruiz-Mercado, I., Masera, O. et al. (2011). "Adoption and sustained use of improved cookstoves." Energy Policy.
- [13] Blanco S., Cárdenas B., Maíz P., Berrueta V., Masera O. y Cruz J. 2009. Estudio comparativo de estufas mejoradas para sustentar un Programa de Intervención Masiva en México. Informe Final. Instituto Nacional de Ecología. Versión actualizada Septiembre de 2012. México D.F. 61pp.
- [14] <http://cleancookstoves.org/>
- [15] <http://www.aprovecho.org/lab/index.php>
- [16] <http://www.epa.gov/>
- [17] http://www.appropedia.org/Volunteers_in_Technical_Assistance
- [18]] <http://cleancookstoves.org/>
- [19] <https://cocinasmejoradasbolivia.wordpress.com/2011/11/25/inicio/>
- [20] <http://www.gira.org.mx/>

- [21] <http://cleancookstoves.org/>
- [22] Energías Renovables 2008 – “Energía Biomasa” 2008 Secretaría de Energía, edición: Tecnología de la Información Dirección General de Cooperación y Asistencia Financiera Secretaría de Energía.
- [23] Centro de Energías Renovables. “Energía Biomasa”.
- [24] Energías Renovables, Energía Biomasa <http://www.energia.gov.ar>
- [25] Xavier Elías Castells, Tratamiento y Valorización Energética de Residuos, Editorial: DÍAZ DE SANTOS.
- [26] Secretaría de energía. “Procesos Termoquímicos”.
- [27] García San José Ingeniero Industrial. Noviembre 2.001) “Combustión y combustibles”
- [28] José Armando Velasco Herrera “Estimación de cargas de combustibles forestales, mediante análisis geoestadísticos” pag. 13
- [29] <http://www.expower.es/combustible-comburente-energia.htm>
- [30] Ricardo García San José (Noviembre 2.001) “Combustión y combustibles”.
- [31] <http://www.expower.es/combustible-comburente-energia.htm>
- [32] Flores, G., J. G. 2007. “Plan de protección contra incendios forestales en el estado de Chiapas, basado en la ubicación de áreas de mayor riesgo”.
- [33] Neín Farrera Vázquez. Tecnologías termosolares y bioenergéticas y su contribución al desarrollo sustentable de comunidades rurales marginadas de Chiapas. 2011
- [34] Joaquín Quiroz Carranza Universidad Tecnológica de Querétaro. Citlalli Cantú Gutiérrez Asociación Red Verde, AC Revista pueblos y Fronteras Digital “El fogón abierto de tres piedras en la península de Yucatán: tradición y transferencia tecnológica”.
- [35] Fabio Emiro Sierra Vargas Fabiola Mejía B., Carlos A. Guerrero F.”Leña como combustible doméstico en zonas rurales de Usme, Bogotá”.
- [36] www.patsari.org
- [37] Blanco S., Cárdenas B., Maíz P., Berrueta V., Masera O. y Cruz J. 2009. Estudio comparativo de estufas mejoradas para sustentar un Programa de Intervención Masiva en México. Informe Final. Instituto Nacional de Ecología. Versión actualizada Septiembre de 2012. México D.F. 61pp.
- [38] José Esaú Guerra Samayoa “Informe final del estudio de sistematización de estufas ahorradoras de leña en ocho municipios del altiplano occidental de Guatemala”. San Miguel Ixtahuacán, octubre del 2009.
- [39] José Manuel Tay Oroxom, “Evolución tecnológica de la fabricación de equipos domésticos para combustión de leña”. Guatemala, mayo de 2007

[40] <http://onil.org.mx/joom/index.php/estufas-onil/70-estufa-de-plancha-onil>

[41] <http://www.patsari.org>

[42] Lorena del Rocío Ramírez Rodas." Construcción, implementación y evaluación de la eficiencia de una estufa ahorradora de leña en la comunidad tierra blanca, municipio la independencia, Chiapas.(2014).

[43]http://www.utn.org.mx/docs_pdf/docs_tecnicos/proyectos_tipo/Estufas_ahorradoras_de_lena.pdf

[44] Neín Farrera Vázquez. "Tecnologías termosolares y bioenergéticas y su contribución al desarrollo sustentable de comunidades rurales marginadas de Chiapas. 2011.

[45] <http://cleancookstoves.org/>

[46] Testing the Efficiency of Woodburning Cookstoves: International Standards, Volunteers in Technical Assistance, Inc., Arlington, Virginia.

ANEXOS

4.2.1 Hoja de identificación del dispositivo.

Nombre:	<input type="text"/>	Con/sin chimenea:	<input type="text"/>
Tipo/modelo:	<input type="text"/>		
Fabricante:	<input type="text"/>	Fija/móvil:	<input type="text"/>
Tipo de combustible:	<input type="text"/>		

Fotografías

Parte delantera	Cara trasera	Parte superior
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Cara derecha	Cara Izquierda
<input type="text"/>	<input type="text"/>

Comentarios generales:

Hoja de caracterización física del dispositivo.

Cámara de combustión

Forma:

Capacidad interna:

Materiales aislantes
internos:

Materiales aislantes
externos:

Comal

Material:

Forma:

Cantidad:

Dimensiones:

Circulación de gases

Tipo y forma de
entrada:

Tipo y forma de
salida:

Material:

Tamaño de la chimenea:

Diámetro de la chimenea:

Retardador de llama:

Estructura de soporte

Material:

Dimensiones:

Forma:

Medidas

Procedimiento para el WBT

1. Asegúrese que haya suficiente espacio y tiempo suficientes para llevar a cabo la prueba sin interrupciones. Las pruebas deben realizarse bajo techo en una habitación que esté protegida del viento, pero con suficiente ventilación para ventilar las emisiones nocivas de la estufa. El viento, la transferencia de calor, cambios de aire entre la estufa y la olla afectarán los resultados de la prueba, y esto debe evitarse.

2. Preparación el combustible. Preparar y pesar bastante combustible para cada WBT que se lleve a cabo. Cada paquete debe ser de al menos de 5 kg. Algunas estufas pueden necesitar más combustible. La leña que se utilizará para iniciar el fuego debe estar preparada antes de tiempo y se incluye en los paquetes pre-pesados de combustible.

3. Determinar el contenido de humedad del combustible a utilizar, para ello utilizamos un sensor de humedad de leña.

4. Preparar agua. Se necesitan al menos 10 litros de agua (5 litros para ollas pequeñas) para cada olla que se utiliza en las tres fases del WBT. El agua debe estar a temperatura ambiente antes de la prueba. No empiece las pruebas con agua que está más caliente que la temperatura ambiente.

D. Notas o descripción sobre la estufa o la operación que no se incluyen en otra parte de este formulario, especialmente adición de combustible, durante las pruebas de alta potencia y cocción a fuego lento (usted debe saber esto de sus prácticas de prueba) pesar las ollas secas sin tapa y el recipiente para carbón.

E. Descripción del Combustible

1. Descripción general del combustible

2. Tipo de Combustible (seleccionar de la lista)

3. Descripción de combustible (seleccionar de la lista)

4. Longitud promedio (cm)
5. Dimensiones transversales (cm x cm)
6. Los valores caloríficos netos y brutos y el contenido de carbón (por su propia medida o relleno de forma automática basándose en el tipo de combustible seleccionado)
7. Descripción del material para iniciar el fuego, astillas o leña pequeña.

F. Descripción de la operación de prueba de alta potencia

1. ¿Cómo se inició el fuego?

El fuego se inició con ocote, un tipo de leña con alto poder calorífico que es muy utilizado en las comunidades.

2. ¿Cuándo se agrega nueva leña al fuego?

Se agrega leña cada 15 o 20 min.

3. ¿Cuánto combustible se agrega a la vez?

Se agregan 2 o 3 trozos de 40 cm de largo.

4. ¿Con qué frecuencia usted alimenta el fuego sin la adición de combustible (por ejemplo, empujando los palitos)?

Se atiza la leña cada 5 min.

5. ¿Se controla el aire por encima o por debajo del fuego? Si es así, ¿qué hace?

Se controla el aire con la puerta corrediza solo se deja una abertura de 80 cm simulando una puerta.

Prueba en inicio frío

1. El primer paso es encender el cronómetro sin iniciarlo aún.

2. Coloque la olla en la estufa. Use regla de madera con un orificio en el centro para colocar un termómetro en cada olla para que la temperatura del agua pueda ser medida en el centro, 5 cm desde la parte inferior. Si hay ollas adicionales, utilice los termómetros adicionales si es posible. Mida la temperatura inicial del agua en cada olla Confirme que no varía notablemente de la temperatura ambiente. La olla no debe estar tapada durante la prueba.

3. Inicie el fuego de una manera reproducible de acuerdo con las prácticas locales. (Este procedimiento debe ser documentado.)

4. Una vez que el fuego ha sido encendido, inicie el cronómetro y registre la hora. Lleve rápidamente la primera olla al punto de ebullición sin ser excesivamente derrochador de leña previamente pesada. Controlar el fuego con los medios de uso común a nivel local. (Este procedimiento debe ser documentado.)

5. Cuando el agua de la primera olla alcanza el punto de ebullición local predeterminado mostrado en el termómetro digital, hacer rápidamente los siguientes pasos:
 - a. Registre el tiempo en el cual el agua de la olla primaria (La olla #1) alcanza la temperatura de ebullición local. Anote esta temperatura también.

 - b. Quite toda la leña de la estufa y apague las llamas. Las llamas pueden extinguirse colocando los palos en un cubo de ceniza o arena, no utilice agua ya que afectará el peso de la madera. Elimine todo el carbón suelto de los extremos de la madera en el recipiente para pesar carbón. Pesar la leña sin quemar retirándola de la estufa junto con la madera restante del paquete previamente pesado.

c. Extraer todo el carbón que queda de la estufa. Pesar el carbón restante con el carbón que se desprendió de los palos.

d. Para las estufas con varias ollas, medir la temperatura del agua de cada olla y anotar (la olla principal debe estar en el punto de ebullición).

d. Pesar cada olla con agua y anotar

e. Botar el agua caliente de cada olla

Con esto se completa la fase de alto poder de inicio en frío. A continuación, comenzará la fase de alto poder de encendido caliente, de inmediato, mientras que la estufa está caliente.

Fase II. Inicio caliente

1. Prepare el cronometro pero aún no empiece.

2. Si la olla para la fase de inicio caliente no se ha preparado de antemano, vuelva a llenar la olla con 5 (ó 2.5) kg de agua fresca a temperatura ambiente. Pese la olla (con agua) y medir la temperatura inicial del agua. Para las estufas con varias ollas, llene las ollas adicionales, pesarlas y registrar su peso.

3. Anote el peso de la leña que sobró de la primera fase.

4. Coloque la olla en la estufa e inserte el termómetro en la olla. Mida la temperatura inicial del agua en cada olla. Confirme que no varía sustancialmente de la temperatura ambiente.

6. Iniciar el fuego usando combustible sobrante de la primera fase de leña pesado previamente. Siga el proceso de encendido que se utiliza en la fase I.

7. Una vez que el fuego ha encendido, iniciar el cronómetro. Anotar la hora de inicio. Lleve la primera olla rápidamente a ebullición sin desperdiciar leña. Controlar el fuego mediante el procedimiento utilizado en la Fase 1.

8. Cuando el agua de la primera olla alcanza la temperatura de ebullición local predeterminada como se muestra en el termómetro digital, hacer rápidamente los pasos 8.a - 8.e.

a. Registre el tiempo en el que el agua en la olla primaria (La olla #1) alcanza la temperatura de ebullición local. Anote esta temperatura también.

b. Quite toda la leña de la estufa y apague las llamas. Elimine todo el carbón suelto de los extremos de la madera en la cámara de combustión de la estufa. (En esta parte no se pesa el carbón ni ceniza). Pesar la leña sin quemar retirándola de la estufa junto con la madera restante del paquete previamente pesado.

c. Para las estufas con varias ollas, medir la temperatura del agua de cada olla (la olla principal debe estar en el punto de ebullición).

d. Pesar cada olla con agua

e. Meta la leña quemada otra vez dentro de la estufa. Proceda inmediatamente con la prueba de baja potencia.

Fase III. Baja potencia, hervir a fuego lento

Esta parte de la prueba está diseñada para poner a prueba la capacidad de la estufa para pasar a una fase de baja potencia después de una fase de alta potencia con el fin de hervir el agua durante 45 minutos utilizando una cantidad mínima de combustible. Para las estufas con varias ollas, sólo se evaluará el rendimiento a fuego lento para la primera olla.

1. Prepare el cronómetro pero aun no empiece
2. Anote el peso de la olla con agua.
3. Continua: Anote el peso del combustible sobrante de la segunda fase más el tercer paquete de combustible.
4. Reencienda la leña caliente que fue reemplazada. Siga el procedimiento de la Fase 1.
5. Una vez encendido el fuego, iniciar el cronómetro. Anotar la hora de inicio.
6. Coloque la olla en la estufa e introduzca el termómetro en el agua.
7. Mantenga el fuego por 45 minutos a un nivel de temperatura del agua lo más cerca posible a 3 grados por debajo del punto de ebullición. La prueba es inválida si la temperatura en la olla baja de más de 6 ° C por debajo del punto de ebullición local.
8. Después de los 45 minutos, rápidamente haga los pasos 9.a-9.b
 - a. Anote el tiempo. Registre la temperatura final del agua que todavía debe ser de 3 °C por debajo del punto de ebullición establecido.
 - b. Quite toda la leña de la estufa y apague las llamas. Elimine todo el carbón suelto de los extremos de la leña en el recipiente para carbón. Pesar la leña sobrante. Así culmina la Prueba de ebullición de agua.

Nota: Repetir este procedimiento mínimo tres veces más para obtener resultados más fidedignos a la realidad.

Número de repeticiones: mínimo 3.

Procedimiento para el CCT

Objetivo: evaluar el desempeño térmico de una estufa al cocinar alimentos.

Personal necesario: Responsable técnico

Materiales

- *Estufa.
- *Combustible (variable, depende del alimento que se cocina).
- *Iniciador de fuego (ocote, aceite, alcohol en gel, etc.).
- *Equipo de seguridad: mandil, guantes de alta temperatura, lentes de protección, máscara contra humo, zapatos cerrados y pantalón.
- *Hacha para leña.
- *Higrómetro.
- *Termómetro de infrarojos
- *Reloj con cronómetro.
- *Encendedor o cerillos.
- *Recogedor y charola de metal para el carbón.
- *Removedor de brasas.
- *Báscula digital resistente al calor.
- *Formatos para el CCT.
- *Utensilios para cocinar.
- *Ahogador de fuego, por ejemplo un recipiente de metal con fondo de arena y tapa.

Preparación de la prueba

- 1) Se verifica que se tiene todo el material en el laboratorio.

- 2) Todos los participantes de la prueba se registran en la bitácora, firman la hoja de seguridad del laboratorio y se colocan el equipo de seguridad: mandil y guantes de alta temperatura, lentes de protección, zapatos cerrados y pantalón.

- 3) Se capturan los datos generales en el formato para CCT.

- 4) Se registran la temperatura y humedad del ambiente.

- 5) Se mide la temperatura local de ebullición del agua con ayuda de una estufa eléctrica, un mechero de bunsen, una estufa de gas o una estufa alternativa de combustibles sólidos.

- 6) Si se usa leña como combustible. Se cortan trozos de 4 cm de ancho y de 20 a 40 cm de largo.

- 7) Se mide la humedad del combustible con el higrómetro (mínimo 9 muestras) y se registra el promedio.

- 8) Se registra el peso de la charola para carbón.

- 9) Se registra el peso del combustible que se va a utilizar para la prueba de cocinado: la cantidad de combustible depende del alimento que se desea cocinar.

- 10) Se registra el peso de la(s) olla(s) vacía(s) que son requeridas para realizar la cocción.

1.3.2 Inicio de la prueba

Se utiliza una estufa que no ha sido encendida por lo menos en las últimas 24 horas.

Los pasos a seguir son:

- 1) Se registra el peso del alimento o alimentos en gramos o piezas según sea el caso.

- 2) Se pone(n) la(s) olla(s) sobre la(s) superficie(s) de cocción.

- 3) Se posicionan los termómetros en la cámara de combustión y la chimenea.

- 4) Se forma un arreglo con trozos de combustible que permita el paso del aire.
- 5) Se enciende fuera de la cámara de combustión un trozo de iniciador de fuego (ocote, trozo de leña con alcohol en gel, papel con aceite, etc.) y lo posiciona dentro del arreglo de combustible en la cámara de combustión. A partir de este paso se comienza a contar el tiempo.
- 6) Se vigila el fuego y al mismo tiempo comienzas la labor de cocinado. Si el fuego se apaga y se consumió combustible, se mide y registra de nuevo el peso del combustible.
- 7) Una vez que la cámara de combustión está encendida se debe continuar alimentando combustible a la cámara de combustión. Se debe mantener el fuego en alto poder o bajo poder según los requerimientos de cocinado. La frecuencia de alimentación y la cantidad de combustible dependerán del comportamiento de la cámara de combustión y de la destreza de la cocinera.
- 8) Cuando la cocinera termina la cocción de los alimentos se registra el tiempo.
- 9) El responsable técnico se ponen la máscara contra humo.
- 10) El responsable técnico retira de la cámara de combustión el combustible no quemado y lo introduce en el ahogador de fuego.
- 11) El responsable técnico retira el carbón y las cenizas de la cámara de combustión y los deposita en el ahogador para carbón.
- 12) El responsable técnico mide y registra el peso de la(s) olla(s) con el alimento cocinado.
- 13) El responsable técnico mide y registra el peso de la charola con el carbón.

14) Se mide y registra el peso de todo el combustible que no se quemó en la prueba.

15) Se limpia y ordena el área de trabajo.

Nota: Se debe repetir la prueba como mínimo 3 veces por cada dispositivo que se evaluará.

Prueba de Comportamiento Térmico del Comal (PCTC).

Objetivo identificar la curva típica del comportamiento térmico del comal, la cual está constituida por 3 fases:

- 1- Fase de calentamiento
- 2- Fase de estabilización
- 3- Fase de enfriamiento

Es esta última fase comienza la segunda parte de la prueba, la cual consiste en identificar el tiempo en el que tenemos una temperatura útil para la cocción, es decir, el tiempo en el que la estufa tarda en llegar a los 100° C una vez que se dejó de introducir combustible.

Objetivo

- 1- Identificar las 3 fases del comportamiento térmico del comal
- 2- Identificar el tiempo que tarda el comal en alcanzar los 100 °C

Equipo y material

- *Termómetro de infrarrojos
- *Cronómetro
- *Balanza
- *5 paquetes de leña de 1Kg cada uno
- *Equipo de seguridad

Personal: Técnico y un ayudante

Procedimiento

- 1- Marcar los puntos en el comal donde se tomarán las mediciones con el termómetro de infrarrojos.

2- Iniciar el fuego con ocote e introducir el primer paquete de leña y al mismo tiempo encender el cronómetro. Se introducirá 1Kg de leña cada 15 minutos hasta completar los 5kg.

3. Se tomará registro de la temperatura del comal cada 5 minutos.

3. Terminado el combustible, se seguirá tomando la temperatura hasta que el comal alcance los 100°C.

Prueba de Máxima de Cocción de Alimentos Típicos.

Es importante identificar el tiempo de cocción de alimentos así como el combustible que se ahorra, para ello existe una prueba denominada Prueba de Cocción Controlada, para ello solo se utiliza 1Kg de determinado alimento, es decir no la cantidad real de consumo en una familia en comunidades chiapanecas, para ello hemos desarrollada la denominada Prueba Máxima de Cocción de Alimentos Típicos que a diferencia de la primera identifica los tiempos de cocción con la cantidad de alimentos que realmente se consumed en una comunidad determinada.

Objetivo

Identificar el tiempo de cocción de alimentos típicos en cantidades reales de consumo y el consumo de leña.

Materiales y equipos

1. Estufa.
2. Combustible (variable, depende del alimento que se cocina).
3. Iniciador de fuego (ocote, aceite, alcohol en gel, etc.).
4. Equipo de seguridad: mandil, guantes de alta temperatura, lentes de protección, máscara contra humo, zapatos cerrados y pantalón.
5. Hacha para leña.
6. Higrómetro.
7. Termómetro de infrarojos
8. Reloj con cronómetro.
9. Encendedor o cerillos.
10. Recogedor y charola de metal para el carbón.
11. Removedor de brasas.
12. Balanza resistente al calor.
13. Formato para captura de datos.
14. Utensilios para cocinar.

15. Ahogador de fuego, por ejemplo un recipiente de metal con fondo de arena y tapa.

Personal necesario: Responsable técnico

1- Estudio previo de la comunidad

- a- Identificar el número de habitantes.
- b- Identificar el número de habitantes por casa.
- c- Promedio en kilogramos de los alimentos consumidos por persona.

Preparación de la prueba

- 1) Se verifica que se tiene todo el material en el laboratorio.
- 2) Todos los participantes de la prueba se registran en la bitácora, firman la hoja de seguridad del laboratorio y se colocan el equipo de seguridad: mandil y guantes de alta temperatura, lentes de protección, zapatos cerrados y pantalón.
- 3) Se capturan los datos generales en un formato establecido previamente.
- 4) Se registran la temperatura y humedad del ambiente.
- 5) Se mide la temperatura local de ebullición del agua con ayuda de una estufa eléctrica, un mechero de bunsen, una estufa de gas o una estufa alternativa de combustibles sólidos.
- 6) Si se usa leña como combustible. Se cortan trozos de 2 a 4 cm de ancho y de 20 a 40 cm de largo.
- 7) Se mide la humedad del combustible con el higrómetro (mínimo 9 muestras) y se registra el promedio.
- 8) Se registra el peso de la charola para carbón.

9) Se registra el peso del combustible que se va a utilizar para la prueba de cocinado: la cantidad de combustible depende del alimento que se desea cocinar.

10) Se registra el peso de la(s) olla(s) vacía(s) que son requeridas para realizar la cocción.

Inicio de la prueba

Se utiliza una estufa que no ha sido encendida por lo menos en las últimas 24 horas.

Procedimiento:

1) Se registra el peso del alimento o alimentos en gramos o piezas según sea el caso.

2) Se pone(n) la(s) olla(s) sobre la(s) superficie(s) de cocción.

3) Se posicionan los termómetros en la cámara de combustión y la chimenea.

4) Se forma un arreglo con trozos de combustible que permita el paso del aire.

5) Se enciende fuera de la cámara de combustión un trozo de iniciador de fuego (ocote, trozo de leña con alcohol en gel, papel con aceite, etc.) y lo posiciona dentro del arreglo de combustible en la cámara de combustión. A partir de este paso se comienza a contar el tiempo.

6) Vigilar el fuego y al mismo tiempo comienzas la labor de cocinado. Si el fuego se apaga y se consumió combustible, se mide y registra de nuevo el peso del combustible.

7) Una vez que la cámara de combustión está encendida se debe continuar alimentando combustible a la cámara de combustión. Se debe mantener el fuego

en alto poder o bajo poder según los requerimientos de cocinado. La frecuencia de alimentación y la cantidad de combustible dependerán del comportamiento de la cámara de combustión y de la destreza de la cocinera.

8) Se registra el tiempo en el que se cuecen de los alimentos.

9) Responsable técnico se ponen la máscara contra humo.

10) El responsable técnico retira de la cámara de combustión el combustible no quemado y lo introduce en el ahogador de fuego.

11) El responsable técnico retira el carbón y las cenizas de la cámara de combustión y los deposita en el ahogador para carbón.

12) El responsable técnico mide y registra el peso de la(s) olla(s) con el alimento cocinado.

13) El responsable técnico mide y registra el peso de la charola con el carbón.

14) Se mide y registra el peso de todo el combustible que no se quemó en la prueba.

15) Se limpia y ordena el área de trabajo.

Nota: Se debe repetir la prueba como mínimo 3 veces por cada dispositivo que se evaluará.

Procedimiento para la realización de la prueba de gases de efecto invernadero.

El procedimiento para la medición de CO, CO₂ se llevará a cabo cuando se realice la prueba de cocción máxima de alimentos típicos, las mediciones se llevarán a cabo cada 5 min en un recinto de 4 m de largo por 3 m de ancho y una altura de 2.4 m, con la puerta corrediza abierta a 1 m. La prueba tendrá la misma duración de los minutos que tarde en llegar a punto de ebullición el agua y el tiempo que tarde en cocinarse determinado alimento

Instrumental

- *Equipo de medición de monóxido de carbono CO
- *Equipo de medición de dióxido de carbono CO₂
- *Balanza digital de 1g de precisión y capacidad mínima de 6 kg

Accesorios

- *Ollas estándar con capacidad de 7 y 5 litros
- *Flexómetro
- *Recipiente para el combustible
- *Material de seguridad (guantes, máscara, lentes de protección)

Materiales

- *Lote de leña
- *5l de agua
- *2kg de frijol
- *2kg maíz
- *Fósforos
- *Material de ignición

Aspectos preliminares

1- Determinar la cantidad suficiente para completar las tareas de cocinado y de ebullición del agua.

2- Se determina el tipo de leña que se utilizará así como sus dimensiones, tienen que ser dimensiones similares para que no afecte en los resultados.

3- Preparar y dejar a punto los equipos un día antes de que se lleve a cabo la prueba.

4- Preparar y tener listos todos los materiales que se utilizarán antes de empezar la prueba.

Procedimiento

1- Se colocará el equipo de medición a 0.5 m frente a la entrada de la cámara de combustión y a una altura de 1.40 m, esto simulará la concentración de CO y de CO₂ que está inhalando la persona que cocina,.

2- Iniciar con las mediciones de CO y CO₂ siguiendo el manual de operación de los dispositivos y encender la estufa.

3- Una vez concluida la tarea realizada se apagará el dispositivo y se tomará el tiempo que tardó en concluir la tarea realizada.

Procesamiento de datos

Los datos obtenidos se compararán con los resultados del fogón tradicional para obtener el porcentaje de reducción de la concentración de CO y CO₂.

$$RC_{CO} = \frac{C_{COF} - C_{COP}}{C_{COF}}$$

RC_{CO} = Reducción de concentración de CO

C_{COF} = Concentración de CO del fogón

C_{COP} = Concentración de CO de la prueba

Procedimiento para la Prueba d Seguridad.

1- Bordes y zonas agudas.

Los bordes y zonas aguadas en presentes en una estufa pueden rasgar la piel o enredar la estufa y volcarla. Por lo tanto la estufa no debe contar con bordes y zonas agudas, porque causarán daño a los usuarios.

Objetivo

Determinar el nivel de riesgo que representan los bordes y zonas agudas de una estufa a la posibilidad de enganche, rasgadura de ropa o piel.

Materiales

Un trozo de paño, trapo o ropa vieja.

Procedimiento

1- Para la realización de esta prueba, la estufa debe de estar apagada.

2- Pasar el paño por todos los bordes y zonas agudas, para localizar las zonas en las que éste puede engancharse, rasgarse y/u ocasionar el volteo de la estufa y rasguños o cortaduras en la piel de los usuarios, en un total de 10 puntos.

3- Las estufas de piedra o arcilla pueden ofrecer resistencia al paso del paño, pero ello no significa que el resultado de la prueba sea insatisfactorio, a menos que la estufa se mueva o el paño se enganche totalmente.

Procesamiento de datos

Se registrará el número de veces que el paño se enganche en las zonas agudas y afiladas de la estufa.

Al número total de veces que se enganche el paño se le asignará un valor dado en la siguiente tabla:

Número de enganches del paño (n)	Valor asignado
n = 0	4
n ≤ 2	3
n = 3	2
n ≥ 4	1

2- Inclinação de la estufa.

Es importante que una estufa sea lo bastante estable y mantenga una orientación vertical durante su funcionamiento, de lo contrario el contenido en las ollas podría derramarse sobre los usuarios.

Objetivo

Determinar el riesgo de inclinación de la estufa que pueda ocasionar el volteo de ollas u otros utensilios, con el consecuente riesgo de quemaduras u otros accidentes a los usuarios.

Materiales

Flexómetro

Procedimiento

1- Esta prueba se realiza únicamente en estufas portátiles o móviles. Las estufas construidas in situ por lo general están sujetas al suelo o la pared y/o tienen el suficiente peso para imposibilitar cualquier inclinación de las mismas, por lo tanto no serán sometidas a esta prueba, considerándose un resultado satisfactorio para la misma

2- La prueba se realizará con la estufa apagada.

3- Se definen las posibles direcciones de inclinación de la estufa. Para el caso de estufas de cuatro patas se presenta la posibilidad de inclinación de la estufa hacia adelante.

4- Medir la altura H desde el piso hasta la superficie de la estufa

5- Inclinar la estufa hacia adelante, medir la altura h desde el suelo hasta el nivel 2 de la superficie. El nivel 2 corresponde al punto en el que la estufa pierde su capacidad de retomar su posición inicial y tiende su volteo hacia adelante.

6- Se deberá tener en cuenta que, por lo general, la diferencia entre H y h es mínima.

7- Determinar el cociente: $R = \frac{h}{H}$

Procesamiento de datos.

1- Al resultado obtenido de la prueba R, se le asignará un valor de acuerdo a la siguiente tabla:

Relación "R" entre altura inicial y altura inclinada.	Valor asignado
$R < 0,940$	4
$0,940 \leq R < 0,961$	3
$0,961 \leq R < 0,978$	2
$R \geq 0,978$	1

3- Expulsión de combustible ardiente.

El combustible ardiente se puede expeler o derramar de una cámara de combustión cuando una estufa se vuelca. Esto puede causar quemaduras en los ojos y la piel y también puede crear fuego en los materiales y construcciones circundantes, por lo tanto el combustible encendido debe caer raramente de la estufa cuando se vuelca y las brasas que se queman del combustible deben tener poca ocasión de ser expedidas de la cámara de combustión.

Objetivo

Determinar el riesgo de expulsión del combustible ardiente proveniente de alrededor de las ollas o de la cámara de combustión de la estufa, con la consecuente posibilidad de quemaduras de los usuarios de la misma.

Materiales

Flexómetro

Procedimiento

- 1- Colocar la olla en la hornilla la estufa. Permanecerá apagada durante la prueba.
- 2- Mediante inspección visual se debe detectar el área donde el combustible puede ser expelido alrededor de las ollas (hornillas) y/o a través de la cámara de combustión hacia el exterior.
- 3- Determinar mediante formas rectangulares y circulares, el área de las aberturas detectadas.

Procesamiento de datos

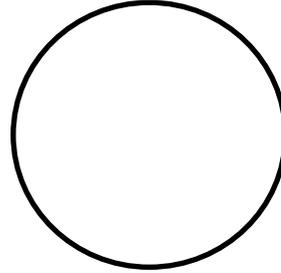
- 1- La sumatoria de las áreas abiertas constituye el valor del área expuesta (cm^2).
- 2- Al resultado del área obtenida se le asignará valor de acuerdo a la siguiente tabla:

Área expuesta "A", en cm^2	Valor asignado
$A < 50$	4
$50 \leq A < 150$	3
$150 \leq A < 250$	2
$A \geq 250$	1

Rectangular:



Circular:



4- Obstrucciones cercanas a la superficie de la estufa.

Las obstrucciones cercanas a la superficie de la estufa incluyen las manijas perpendiculares a la plancha que se utilizan para quitar la superficie de la estufa durante el mantenimiento, estos pueden ser elementos relativamente pequeños pero rígidos ubicados por encima del nivel de la superficie de la estufa y próximos al área de operación del usuario. Por lo tanto, las áreas que rodean la superficie de la estufa deben de ser platos de manera que las ollas que sean movidas desde la estufa no choquen con los componentes que resaltan y no vuelquen el contenido que hierve sobre las manos o personas próximas.

Objetivo

Determinar el nivel de riesgo o atascado de las ollas u otros utensilios, con elementos sobresalientes de la superficie de la estufa, cercanos al área de operación del usuario, que puedan ser la causa del volteo de los recipientes con la consecuente posibilidad de ocasionar quemaduras u otros accidentes.

Materiales

Flexómetro

Procedimiento

1- Medir la altura de los elementos que sobresalen por encima del nivel de la superficie de la estufa.

Procesamiento de datos

1- Se considera la medida del elemento de mayor altura que sobresalga por encima del nivel de la superficie de la estufa.

2- Al resultado obtenido se le asignará un valor de acuerdo a la siguiente tabla:

Altura de los elementos sobre la superficie "D" en cm	Valor asignado
$D < 1$	1
$1 \leq D < 2,5$	2
$2,5 \leq D < 4$	3
$D \geq 4$	4

5- Temperatura de la superficie de la estufa.

Los niños y las mujeres tienen mayor probabilidad de entrar en contacto con la superficie caliente de la estufa. Por lo tanto, no deben ocurrir quemaduras si se toca la superficie de la estufa durante su funcionamiento en un periodo corto.

Objetivo

Determinar el nivel de riesgo de quemaduras por contacto accidental con la superficie de la estufa

Equipo y materiales

*Termómetro para temperatura ambiente.

*Termómetro de infrarojos

*Combustible

*Ollas

*Tiza

*Agua

*Encendedor

Procesamiento de resultados

1- Trazar cuadrícula (8 cm x 8 cm) en la superficie de la estufa, diferenciando las zonas probables de contacto accidental, a menos de 0.9 m de altura (niños), y hasta 1.5 m (adultos).

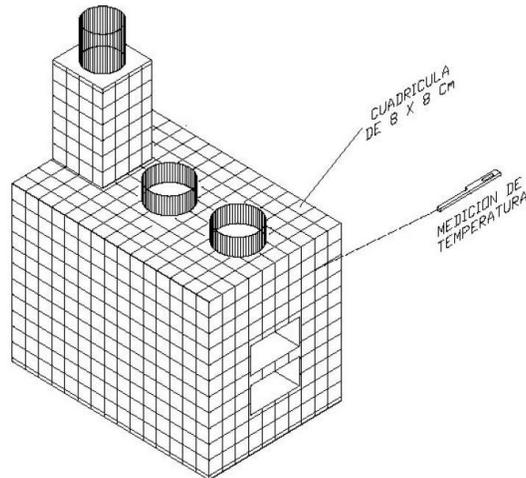
2- Colocar las ollas en las hornillas. Encender la estufa.

3- Mantener la estufa en funcionamiento, con fuego en alto poder, durante 30 minutos.

4- Medir la temperatura ambiente.

5- Medir la temperatura de la superficie en puntos de referencia de cruce de la cuadrícula marcada. Registre la temperatura en puntos ubicadas a menos de 0.90 m, hasta 1.5 m.

6- Diferenciar, asimismo, los registros de temperatura en elementos metálicos y no metálicos.



Procesamiento de datos

1- Se considerará el valor del punto de máxima temperatura en cualquiera de las superficies.

2- Al resultado obtenido se le asignará un valor de acuerdo a la siguiente tabla:

Diferencia de temperatura ΔT , en °C (diferencia de la temperatura ambiente y del punto que se registró).				Valor asignado
$h \leq 0.90$ m		$h > 0.90$ m		
Metálico	No metálico	Metálico	No metálico	
$\Delta T < 38$	$\Delta T < 46$	$\Delta T \leq 54$	$\Delta T < 62$	4
$38 \leq \Delta T < 44$	$46 \leq \Delta T < 52$	$54 \leq \Delta T < 60$	$62 \leq \Delta T < 68$	3
$44 \leq \Delta T < 50$	$52 \leq \Delta T < 58$	$60 \leq \Delta T < 66$	$68 \leq \Delta T < 74$	2
$\Delta T \geq 50$	$\Delta T \geq 58$	$\Delta T \geq 66$	$\Delta T \geq 74$	1

6- Transmisión de calor a los alrededores de la estufa.

La transmisión de calor dirigida hacia los alrededores, puede encender combustibles o materiales cercanos al área de la estufa. Por lo tanto, las estufas no deben originar temperaturas elevadas en superficies circundantes en el ambiente.

Objetivo

Determinar el riesgo de incendio provocado por altas temperaturas en los alrededores de la estufa, que puedan activar combustibles u otros materiales inflamables existentes.

Equipo y materiales

*Termómetro de temperatura ambiente

*Termómetro de infrarojos

*Combustible

*Tiza

*Ollas

*Agua

*Encendedor

Procedimiento

1- Trazar la proyección de la estufa en piso y paredes (posterior y lateral) considerando que está ubicada en una posición común de trabajo.

2- Trazar una cuadrícula de (8 cm x 8 cm) sobre las proyecciones de la estufa, en piso y paredes. La cuadrícula debe extenderse a una altura de alrededor de 16 cm mayor a la de la estufa y con 16 cm más de ancho que esta (dos cuadrículas adicionales) tratando de cubrir toda el área que probablemente pueda ser afectada por el calor de la estufa.

3- Colocar la estufa en la posición de trabajo (teniendo en cuenta las proyecciones de la misma ya marcadas en piso y paredes)

4- Colocar las ollas con agua en las hornillas respectivas. Encender la estufa y esperar a que alcance la máxima temperatura /aproximadamente 30 minutos).

5- Medir la temperatura del ambiente.

6- Medir la temperatura de la cuadrícula utilizando el termómetro de infrarojos en cada línea de intersección.

7- Diferenciar los puntos registrados en piso y pared.

Procesamiento de datos

1- Se considera el valor del punto máximo de temperatura en cualquiera de las superficies.

2- Al resultado obtenido se le asignará un valor de acuerdo a la siguiente tabla.

Diferencia de temperatura ΔT , en °C (diferencia de la temperatura ambiente y el punto registrado).		Valor asignado
Suelo - ambiente	Paredes - ambiente	
$\Delta T < 45$	$\Delta T < 60$	4
$45 \leq \Delta T < 55$	$60 \leq \Delta T < 70$	3
$55 \leq \Delta T < 65$	$70 \leq \Delta T < 80$	2
$\Delta T \geq 65$	$\Delta T \geq 80$	1

7- Temperatura de los elementos de operación de la estufa.

Los componentes donde pueden alcanzarse temperaturas excesivas y que necesitan ser manipulados durante su uso habitual incluyen las puertas para las cámaras, manijas y asas de la estufa. Por lo tanto las partes de una estufa que necesitan ser tocadas durante la operación cotidiana de cocinado no deben alcanzar un nivel de temperatura donde su uso pueda causar daño directa o indirectamente.

Objetivo.

Determinar el nivel de riesgo de quemaduras por contacto del usuario con elementos de operación de la estufa.

Equipo y materiales

- *Termómetro de temperatura ambiente
- *Termómetro de infrarrojos
- *Combustible
- *Ollas
- *Agua
- *Encendedor

Procedimiento

- 1- Colocar las ollas con agua en las hornillas.
- 2- Colocar el combustible en la estufa y encenderla.
- 3- Mantener la estufa en funcionamiento durante 30 minutos.
- 4- Tomar los registros de temperatura en los puntos de operación de la cocina (puertas de cámara de combustión, manijas, etc.) diferenciando si se trata de objetos metálicos o no metálicos.

Procesamiento de datos

- 1- Se considera el valor del punto de mayor temperatura.
- 2- Al resultado obtenido se le asignará un valor de acuerdo a la siguiente tabla:

Diferencia de temperatura ΔT , en °C (diferencia entre la temperatura ambiente y el punto registrado).		Valor asignado
Metálico	No metálico	
$\Delta T < 20$	$\Delta T < 32$	4
$20 \leq \Delta T < 26$	$32 \leq \Delta T < 38$	3
$26 \leq \Delta T < 32$	$38 \leq \Delta T < 44$	2
$\Delta T \geq 32$	$\Delta T \geq 44$	1

8- Aislamiento de la chimenea

Las chimeneas pueden ser extremadamente calientes durante su uso y causar fácilmente quemaduras. Las temperaturas en una chimenea son generadas por la producción de humos calientes en la cámara de combustión de la estufa, siendo éstas las más altas que en cualquier otro lado. Por lo tanto las chimeneas deben contar con un aislamiento térmico o blindaje que proteja a las personas de quemaduras por contacto directo.

Objetivo.

Determinar el nivel de riesgo de las quemaduras, por contacto accidental del usuario con la chinea de la estufa.

Equipo y material

*Termómetro para temperatura ambiente

*Termómetro de infrarrojos

*Combustible

*Olla

*Agua

*Flexómetro

*Encendedor

Procedimiento

1- Colocar las ollas con agua en las hornillas. Colocar el combustible y encenderla

2- Mantener la estufa en funcionamiento a fuego en alto poder durante 30 minutos.

3- Medir la temperatura ambiente.

4- Medir la temperatura superficial de la chimenea (con o sin aislamiento) de la estufa, registrando la temperatura de los puntos ubicados a menos de 0.9 m y a más de 0.9 m.

5- Se determinará, asimismo, en puntos de cruce de la chimenea-cubierta de la edificación.

6- En caso de chimeneas metálicas en las que no es posible tomar registros reales de temperatura por su superficie brillante, se marcarán con pintura puntos específicos opacos a sobre la chimenea a fin de facilitar la toma de registros.

7- Si el prototipo incluye protecciones de la chimenea (no aislantes térmicos), se medirá el área de las rendijas de protección expuestas al contacto con los usuarios.

Resultado de la prueba

Para chimeneas con aislamiento

- 1- Se considerará el valor de los puntos de mayor temperatura.
- 2- A los resultados obtenidos de temperatura se le asignarán valores de acuerdo a la tabla de temperaturas del anexo F.

Para las chimeneas con protección no térmica

- 1.- Al resultado obtenido del área expuesta de las rendijas se le asignará un valor de acuerdo a la siguiente tabla:

Área expuesta de las rendijas del área de protección "A" en cm².	Valor Asignado
$A < 10$	4
$10 \leq A < 100$	3
$100 \leq A < 300$	2
$A \geq 300$	1

9- Llamas alrededor de la olla.

Las llamas no deben circundar ningún elemento de soporte o manipulación de la olla que pueda entrar en contacto con la piel o la ropa.

Objetivo

Determinar el nivel de riesgo de contacto del operador con llamas circundantes a la olla y cerca de las asas de la misma.

Equipo y material

*Combustible

*Ollas

*Agua

*Flexómetro

*Encendedor

Procedimiento

1- Colocar las ollas con agua.

2- Colocar el combustible en la estufa y encenderla.

3- Mantener la estufa encendida a fuego en alta potencia durante 30 min

4- Observar y medir la altura de las llamas que sobresalen alrededor de la olla.

Procesamiento de datos.

1- Se considera la altura máxima de las llamas que sobre salen alrededor de la olla durante la prueba.

2- Al resultado obtenido se le asigna el valor de acuerdo a la siguiente tabla:

Llamas circundantes	Valor asignado
Ninguno	4
Las llamas cubren menos de 4 cm de altura de la olla.	3
Llamas cubren casi la totalidad de las paredes laterales de la ollas, no manijas.	2
Olla entera y/o manijas	1

10- Llamas y/o combustible que sale de la cámara de combustión.

En ningún momento las y/o combustible deben salir fuera de la cámara de combustión durante su uso habitual.

Objetivo.

Determinar el nivel de riesgo de expulsión de combustible y/o llamas que sobresalen de la cámara de combustión.

Equipo de materiales

- *Combustible
- *Ollas
- *Agua
- *Encendedor

Procedimiento

- 1- Colocar las ollas con agua, en las hornillas.

- 2- Colocar el combustible en la estufa y encenderla.

- 3- Mantener la estufa en funcionamiento, a fuego en alta potencia, durante 30 minutos.

- 4- Observar si las llamas y/o el combustible sobresalen de la cámara de combustión en su funcionamiento habitual.

Procesamiento de datos

- 1- Se considera si el combustible y/o las llamas sobresalen de la cámara de combustión.

- 2- Al resultado obtenido se le asignará un valor de acuerdo a la siguiente tabla:

Llamas/ combustible saliente de la cámara de combustión.	Valor asignado
Llamas/combustible contenido	4
Llamas/combustible saliente	1

Finalmente se determinará el grado total de seguridad como la suma de los puntajes parciales obtenidos de las pruebas individuales número 1-10. El puntaje que se le asigne a la estufa en evaluación por el grado total de seguridad estrá de acuerdo a las siguientes tablas:

Prueba	Valor obtenido	Factor	Total
1		X 1.5	
2		X 3	
3		X 2.5	
4		X 2	
5		X 2	
6		X 2.5	
7		X 2	
8		X 2.5	
9		X 3	
10		X 4	
Suma total			

Rango global	Total de puntos marcados
Excelente	$93 \leq S \leq 100$
Bueno	$84 \leq S \leq 92$
Regular	$76 \leq S \leq 83$
Malo	$25 \leq S \leq 75$

Cuestionario de Impacto Social

Aspectos cualitativos

- 1.- ¿Le gusta la estufa?
- 2.- ¿Qué le cambiaría?
- 3.- ¿Qué diferencia significativa encuentra entre su fogón y su estufa ecológica?
- 4.- ¿Ha mejorado su salud?
- 5.- ¿Ha observado algún ahorro de leña?

Aspectos cuantitativos

- 1.- ¿Qué distancia recorre para recolectar leña?
- 2.- ¿Cuántas veces a la semana?
- 2.- ¿Tiempo que pasa en la cocina utilizando el fogón?
- 3.- ¿Cantidad de leña que utiliza por día?
- 4.- ¿Cantidad de leña que utiliza por mes?
- 5.- ¿Cuál es el costo de la leña que consume?

Tipo de tecnología utilizada	Distancia para recolectar leña (km)	Tiempo de uso del fogón (hr)	Cantidad de leña por día (Kg)	Cantidad de leña por mes (m ³)	Costo de la leña (\$)
Día	.				
Mes					
Año					

Formato de Informe final

Eficiencia Térmica		<input type="text"/>	Tiempo de ebullición	<input type="text"/>		
Consumo de leña	WBT	<input type="text"/>	CCTF	<input type="text"/>	CCTM	<input type="text"/>
Tiempo	CCTF	<input type="text"/>		CCTM	<input type="text"/>	
Tiempo de cocción	CMCA	<input type="text"/>	Consumo de leña	CMCA	<input type="text"/>	
Tiempo de en llegar a 100°C		<input type="text"/>				
Reducción de tiempo de cocinado (CMCA)				<input type="text"/>		
Reducción de consumo de leña (CMCA)				<input type="text"/>		
Reducción de Emisiones	CO	<input type="text"/>	CO ₂	<input type="text"/>		
Nivel de Seguridad		<input type="text"/>				
Ahorro de distancia por año (TIS)		<input type="text"/>				
Ahorro de tiempo por día (TIS)		<input type="text"/>				
Ahorro de dinero por año (TIS)		<input type="text"/>				
Ahorro de leña por año (TIS)		<input type="text"/>				

Comentarios: