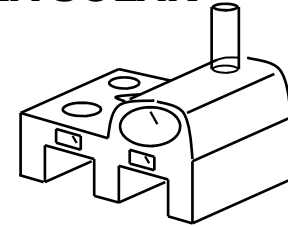


XVI SIMPOSIO PERUANO DE ENERGIA SOLAR

(2 al 6 de Noviembre del 2009 – Arequipa Perú)

Ponencia en Extenso



1. Generalidades

<i>Título del Proyecto</i>	: "La cocina mejorada como eje para el bienestar de la familia andina"
<i>Área de aplicación</i>	:
<i>Autor</i>	: Equipo técnico del Taller Inti
<i>Institución</i>	: Taller Inti (Espinar, Cusco) / Misioneros de Belén (Suiza) / Instituto para una Alternativa Agraria (Cusco, Perú)
<i>Dirección</i>	: Calle Beaterio s/n Yauri/Espinar, Dpto Cusco, Perú
<i>Teléfono</i>	: 084 984 79 49 19 – 084 984 23 81 42
<i>E-mail</i>	: intisolar@bluemail.ch, taller_inti@yahoo.es , www.taller-inti.org
<i>Responsables</i>	: Ing. Jorge Ruelas Moscoso, Mag. Luciano Ré Riva

2. Resumen

La investigación se realizó en la provincia de Espinar, región Cusco entre los años del 2006 al 2009. Espinar es una de las provincias más altas del Cusco (promedio 4,000 msnm.); con características propias de "Alta montaña"; donde las inclemencias climáticas azotan al poblador andino durante todo el año. Es considerada como una provincia ganadera con poca actividad agrícola y buenos yacimientos cupríferos. Cuenta con 65'000 pobladores de los cuales unos 30'000 viven en el ámbito rural con un alto % de pobreza y un IDH de 0.507.

Hace algo más de siete años el Taller Inti ha empezado un proyecto de desarrollo sostenible trabajando con las bondades que nos regalan las Energías Renovables. A la fecha se ha validado ocho tecnologías como son: las cocinas, hornos y duchas solares, electrificación de viviendas rurales con paneles fotovoltaicos, uso de bombas de ariete, conducción de invernaderos para producción de hortalizas, construcción de vivienda bioclimatizada y la incorporación a ésta última de un fogón mejorado.

En el 2005 hemos empezado con el proyecto de una vivienda solar activa, o vivienda bioclimatizada, la misma que es adecuada al medio rural de la sierra peruana. En ella se considera la importancia de tener un sistema de cocción central, limpio y eficaz. El 2007 se trabaja técnicamente un "Fogón mejorado" o "Cocina mejorada", con un objetivo general de mejorar el bienestar de la familia andina, que implica mejorar las condiciones de preparación de alimentos; mejorar el estado de salud familiar, e integrar en forma armónica a los componentes de la familia al entorno de esta tecnología. Los objetivos específicos de este estudio son:

- Reducir las emisiones de humo que afectan la salud de la familia,
- Reducir la utilización de combustible (leña y/o bosta) hasta en un 50%
- Reducir el tiempo de cocción de alimentos,
- Disponer de agua tibia para uso doméstico,
- Optimo manipuleo de recipientes de cocción de alimentos,
- Propiciar un calentamiento del ambiente interior a través de la calor que emite la chimenea.
- Acondicionar el fogón mejorado con un horno

Líderes en Innovaciones tecnológicas con Energías Renovables

Los resultados de las pruebas térmicas nos muestran que para calentar un ambiente de 32m² se pueden quemar 2 kg de leña de eucalipto, haciendo que la T° interior se incremente en 2°C, mientras que la T° exterior descende hasta -18°C por las noches en los meses de agosto y septiembre 2009. Simultáneamente se hacen hervir 5 litros de agua en 23'. Después de apagar el fogón, la T° interna se mantiene caliente por un periodo de 4 horas mas, lo que mejora la armonía familiar al interior del ambiente.

Como conclusiones podemos señalar que:

- Un fogón mejorado comienza en la puerta de la cámara de combustión y termina en la chimenea (sobrero) en los exteriores de la cocina familiar.
- La mejor opción para la construcción de un fogón mejorado es efectuarlo al medio de la cocina para poder recibir en forma uniforme la calor emitida por el cuerpo del fogón y la chimenea.
- El costo de la construcción es relativamente baja, requiere de una destreza y cumple los objetivos generales y específicos propuestos.
- Es una tecnología práctica y eficiente si se sigue las recomendaciones técnicas para su construcción. Asegura su validación a nivel de familias campesinas de pisos de alta montaña.
- A la fecha se viene evaluando los diferentes modelos a solicitud y requerimiento de los mismos usuarios, como el fogón mejorado simple, fogón mejorado combinado y el fogón mejorado tipo torre.



3. Problemática y justificación

De acuerdo al “XI Censo de población y VI de vivienda 2007”, se refleja en todo el Perú que 2'036,901 hogares (30.2 %) utilizan la leña para cocinar sus alimentos; 282,660 hogares (4.2 %) utilizan la bosta y 170,643 hogares (2.5 %) utilizan el carbón. Además en el área rural el 77.4 % utiliza leña y de toda esta cantidad solo el 15.1 % tiene chimenea en sus cocinas (405,475 hogares).

La casa, o vivienda en el medio rural no es el ambiente más adecuado para el encuentro de sus integrantes, donde se pueda compartir lo ocurrido durante el día; primordialmente por, a) la falta o escasa iluminación y ventilación en la cocina, b) excesiva presencia de humo que afecta la salud de la familia, c) la mala ubicación del fogón tradicional y d) altura inadecuada del fogón; sumado a estos, las T° bajas del ambiente que llegan a T°s. de 0° C, por efecto de las temperaturas bajas y muy frías en el exterior, que en los meses mas críticos llegan a -20°C (junio – julio) .

Líderes en Innovaciones tecnológicas con Energías Renovables

Respirar continuamente el humo que se encierra en las cocinas provoca alergias oculares, problemas de sinusitis y altos riesgos de contraer otras enfermedades obstructivas y crónicas como enfisemas y bronquitis, así como infecciones respiratorias agudas, en especial la neumonía, que es la causa de muchas muertes en niños menores de 5 años y ancianos, sin olvidar el alto riesgo de quemaduras.

En mujeres embarazadas, el humo de la leña es peligroso para el niño que todavía no ha nacido, porque actúa como el cigarrillo aportando monóxido de carbono al torrente sanguíneo materno fetal y limitando el buen desarrollo del niño que nace con bajo peso o desnutrición prematura. Bernd Hafner – Solar Kocher, manifiesta que una mujer que utiliza una cocina artesanal o fogón tradicional; a diario inhala tanto humo como si estaría fumando entre 20 y 200 cigarrillos.

En la actualidad este tipo de fogones tradicionales, instalados al interior de las viviendas, más que ser una solución se ha convertido en un problema permanente, ya que por su diseño utiliza mucha leña o bosta para su funcionamiento.

El combustible no es aprovechado en un 100% por las fugas de calor, ubicadas en el espacio de colocación de la leña, los fogones tradicionales tienen cifras de eficiencia térmicas entre 5 y 10%.

Frente a estos problemas muchas entidades privadas y programas sociales del estado han venido difundiendo la construcción de fogones mejorados con escasos análisis y evaluaciones térmicas y técnicas y con la única finalidad de mejorar la seguridad. De ahí que en julio del 2009 el Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO) elaboró un “Reglamento para la evaluación y certificación de la cocina mejorada”, el cual fue aprobado el 19 de agosto del 2009.



Como una respuesta a lo mencionado anteriormente el Taller Inti, acondicionó el fogón mejorado en la vivienda solar o bioclimatizada, y en el local de producción del Taller Inti para realizar una serie de análisis y estudios a las diferentes acciones durante el manejo del fogón mejorado.

Muchas familias campesinas han optado construir su “fogón tradicional” a la intemperie para evitar los excesos de humo, atentando la armonía familiar entre otros.

4. Materiales y Metodología

Cada persona, cada familia del ámbito rural es conocedora de la mejor calidad de tierra y mezclas a utilizar de acuerdo al destino que le va a dar como por ejemplo: para elaborar adobes, elaborar ladrillos o teja, elaboración de “ollas”, construcción de un fogón, etc.

Para la construcción del fogón y el horno se utiliza un preparado de “barro” compuesto por tierra, arena, estiércol, aserrín y paja en proporciones técnicas.

En este caso se requiere:

Materiales	Cantidad	Equivalencia	%
Adobes 30 x 40 x 15 cm. ó Ladrillos estándar (kin kong)	30 Unidades 50 Unidades		
Cemento	21 kilos (1/2 bolsa)		
Hormigón	50 kilos		
Tierra tipo arcilla triturada y tamizada	220 kilos	10 baldes	53
Arena fina	50 kilos	02 baldes	12
Estiércol mullido y remojado	25 kilos (seco)	5 baldes	6

Líderes en Innovaciones tecnológicas con Energías Renovables

Paja picada (5 cm. de largo)	6 kilos	6 baldes	1.5
Aserrín	8 kilos	2 baldes	2
Agua	10.8 kilos	6 baldes	25.5

Otros elementos o herramientas complementarias utilizadas para la construcción del fogón mejorado son: pico, pala, balde, badilejo, plancha, cordel, nivel, plomada, zaranda (malla) para tamizar la tierra, tablas de madera, clavos, martillo, rejillas de fierro corrugado para el cenicero del fogón y horno, puertas metálicas para el horno y fogón, estructura metálica de plancha de acero para el cuerpo del horno, malla para el horno y chimenea metálica.

Antes de proceder a la construcción es muy importante “madurar” la masa o el “barro” mezclado con los diferentes componentes (arena, estiércol, aserrín, paja) y en las proporciones mencionadas por 24 horas para producir una mejor cohesión entre los diferentes componentes y evitar el agrietamiento o rajaduras del cuerpo del fogón en el proceso de secado que dura aproximadamente 25 a 30 días.

Para determinar la buena cohesión de la mezcla y el “punto” para su utilización se realizaron la “prueba de cohesión” según el FEB y la prueba de la pelota.



4.1. Características de un fogón mejorado

El fogón mejorado se construyó en un área de 0.75 m². (1.00 x 0.75 m) y se realiza con materiales de la zona utilizando adobes o ladrillos en la base a manera de pequeños pilares y una plataforma de cemento de 10 cm de espesor a 0.44 m. del piso que le brinda una solidez a toda la estructura.

Encima de esta plataforma se halla los ceniceros que tienen un ancho de 0.25 m x 0.20 m. de altura y separados entre ambos a 0.28 m. Una rejilla de fierro corrugado es la que separa los ceniceros y la cámara de combustión.

El fogón mismo está compuesto por la cámara de combustión que tiene una altura de 0.25 m x 0.70 m de profundidad y se halla a 0.62 m de altura con respecto al piso. Las tres hornillas donde descansan los recipientes para el cocido de alimentos tienen dimensiones de 19, 20 y 25 cm. de diámetro respectivamente, (éstas dimensiones no son estrictas). Así mismo al costado derecho del fogón se halla un sistema de tubo de fierro galvanizado de 2” en “U” para el calentamiento de agua. Este implemento está empotrado dentro del cuerpo del fogón.

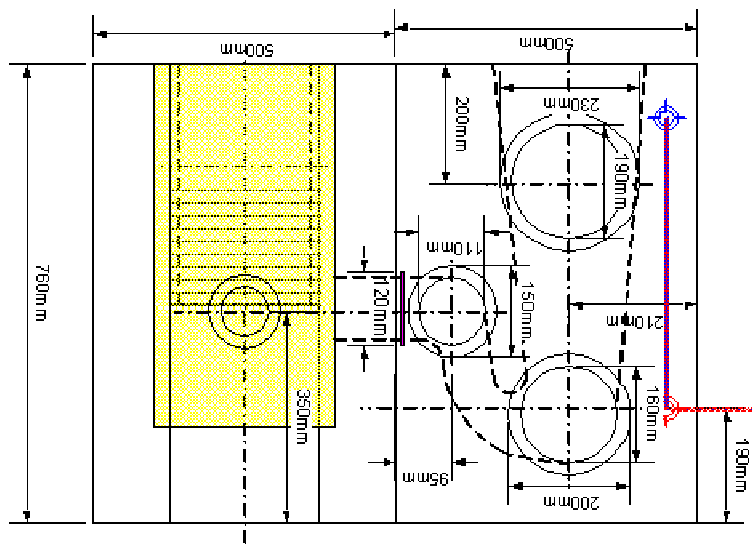
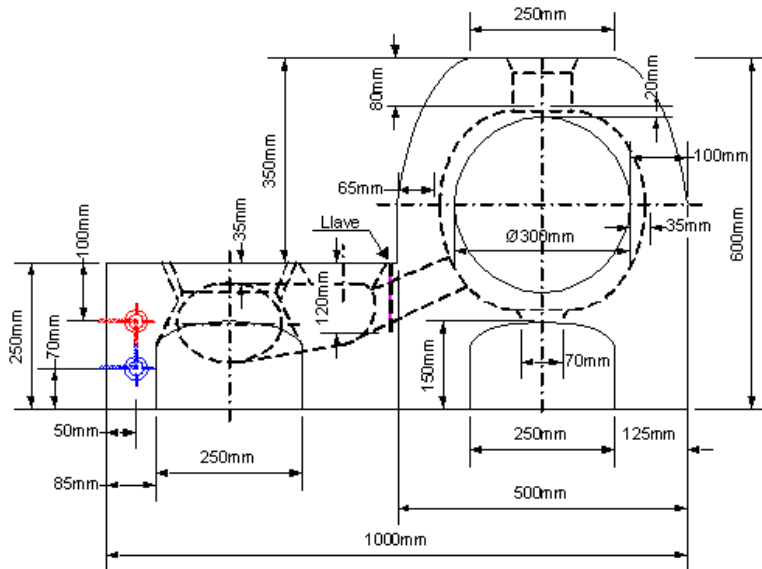
A un costado del fogón mejorado (al lado izquierdo o derecho) y a la misma altura del fogón mejorado tenemos un horno mejorado igualmente con su cámara de combustión y cenicero. El horno mismo en sí tiene un diámetro de 0.30 m. x 0.60 m. de profundidad.

La chimenea se halla encima del horno y es de plancha metálica de 4 “ de diámetro que tiene la finalidad de evacuar el humo hacia las afueras de la casa, y a la vez una buena parte del calor que se genera en el tubo de la chimenea queda

Líderes en Innovaciones tecnológicas con Energías Renovables

La ubicación del fogón mejorado al interior de la vivienda juega un rol muy importante. Puede ser construido al medio del ambiente siendo el punto de referencia de la familia, y por las características señaladas la persona encargada ya no cocina de rodillas y en una esquina del ambiente.

La ubicación central del fogón permite también aprovechar de mejor manera la calor irradiada por la masa de arcilla que se calienta y queda caliente durante muchas horas una vez que las llamas del fuego han sido apagadas.



4.2. Funcionamiento de un fogón mejorado – Taller Inti

El fogón mejorado facilita el manejo eficiente del calor por el adecuado diseño de las hornillas que impiden perder la calor. Al encender el fogón, se genera aire caliente y el humo que es mas liviano que el aire frío busca su salida gracias a la depresión que se genera dentro de la chimenea.

La salida de humo por la chimenea se gradúa a través de un regulador (mariposa) la misma que está ubicada en la base de la chimenea encima del horno, lo que permite un mejor ahorro del combustible. En principio se gradúa la velocidad de salida de los humos a través de la chimenea.

Líderes en Innovaciones tecnológicas con Energías Renovables

En un inicio, para prender el fuego debemos de abrir completamente la llave, hasta que la chimenea se caliente y empiece a jalar el humo al exterior de la vivienda. Una vez que se nota una buena combustión, se cierra la llave; así que la energía térmica producida por la combustión no sale al exterior sino se queda al interior de la vivienda.

5. Resultados: Características térmicas del fogón mejorado

(Según procedimiento de certificación SENCICO)

$Q=m*c*\Delta T$	Energía calorica	[KJ]
m	Masa de agua	[kg]
c	Capacidad termica massica	[KJ/Kg K]
ΔT	Diferencia de temperatura	[K]
$P=Q/t$	Potencia del fogón	[W]

Energía teórica necesaria para llevar a ebullición 5 litros de agua a 4'000msnm

m	5	[Kg]
c	4.187	[KJ/Kg K]
Tinicial	12.5	[°C]
Tfinal	86.8	[°C]
ΔT	74.3	[K]

Q optimal	1,555.47	[KJ]
-----------	----------	------

Resultados de las pruebas térmicas:

Primera fase : Alto poder (inicio frío)
 Se quemaron : 0.7 kilos de leña de eucalipto
 Poder calorífico de la madera de eucalipto : 10,500 [KJ/Kg]
 Teóricamente en total con una combustión al 100 % se produjeron: 7,350 [KJ]

Detalles	masa de agua	T inicial	T final	ΔT	Q absorbida	Eficiencia
Nro. de olla	[Kg]	[°C]	[°C]	[K]	[KJ]	[%]
Olla 1 (O1)	2	12.5	86.8	74.3	622.19	8.47%
Olla 2 (O2)	2	12.5	58.3	45.8	383.53	5.22%
Olla 3 (O3)	1	12.5	36.5	24	100.49	1.37%
Tot.					1,106.21	15.05%

Tiempo transcurrido desde que se ha iniciado el fuego : 23 min (1,380 seg.)
 Potencia neta absorbida por el agua : 801.60 (W)

Nota : SENCICO otorga al máximo puntaje con una eficiencia de 8.6 %

Temperatura de combustión de la leña de eucalipto : 260 °C

Temperaturas internas con aporte de un fogón mejorado

En los tres casos que vamos a evaluar se prendió el fogón mejorado con la cocción de alimentos como meta y no la calefacción de los ambientes.

Líderes en Innovaciones tecnológicas con Energías Renovables

En promedio se han quemado solo 2[Kg] de leña. Con mira a la calefacción de los ambientes el aporte en materia combustible puede ser mayor.

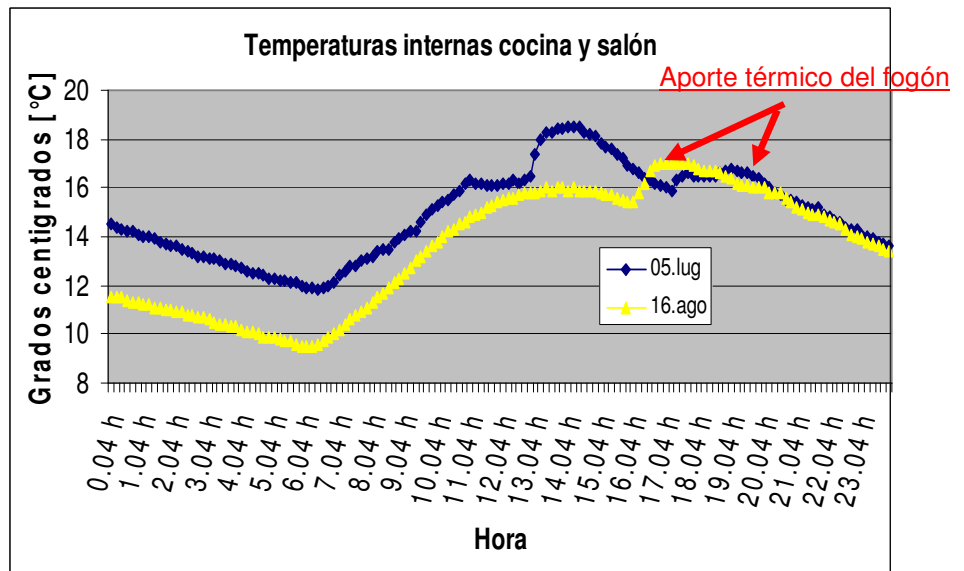
Caso A

Vivienda con paredes en adobe tarrajado con cemento, piso en mayólicas, falso techo en triplay de 4mm aislado con Tecnopor (polietileno expando) de 5cm.

Superficie interna calentada por el fogón mejorado: $5,3[m] \times 9,3[m] = 49,3[m^2]$

Volumen interno calentado por el fogón mejorado: $49,3[m^2] \times 2,3[m] = 113,4[m^3]$

- Lectura del cuadro:
- Las 02 curvas muestran las temperaturas internas medidas en fechas diferentes.
 - A partir de las 19 hrs. las T° descienden en forma paulatina .
 - Al prender el fogón a las 16 hrs. la T° del ambiente comienza a incrementar.



Temperatura externa nocturna mínima: $-18[^\circ\text{C}]$

Para lograr el calentamiento de los ambientes se quemaron 2[Kg] de leña

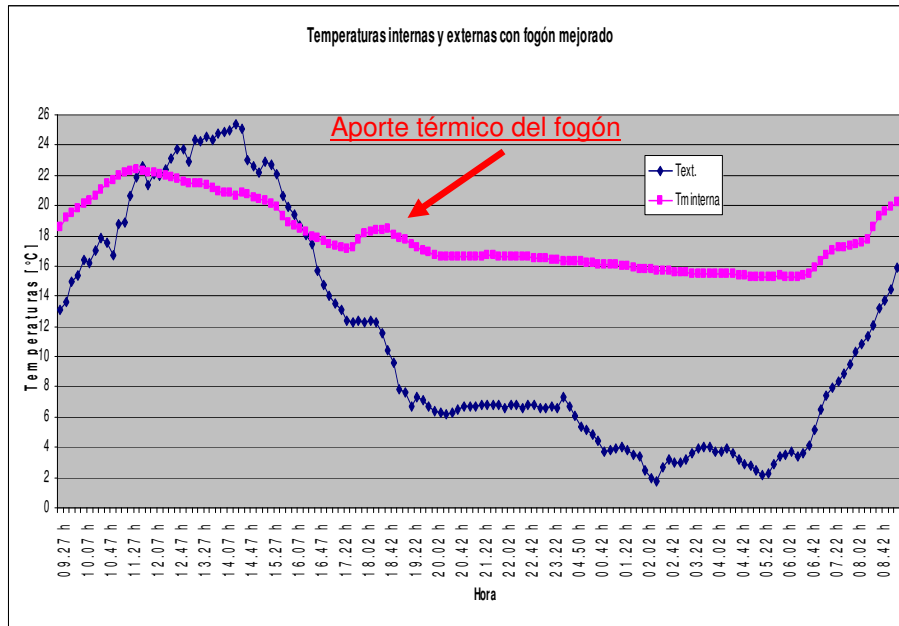
Caso B

Vivienda con paredes dobles en adobe tarrajado con barro, piso de madera (machimbrado), falso techo con esteras, barro y 60cm de paja.

Superficie interna calentada por el fogón mejorado: $32[m^2]$

Volumen interno calentado por el fogón mejorado: $32[m^2] \times 2,1[m] = 67,2[m^3]$

Líderes en Innovaciones tecnológicas con Energías Renovables



- Lectura del cuadro:
- Las 02 curvas muestran las T° interna del ambiente y externa.
 - Se aprecia que la T° externa baja hasta los 2°C, mientras que la T° interna se mantiene arriba de los 15°C gracias al aporte del fogón mejorado que fue encendido a las 17.45 hrs.

Temperatura externa nocturna mínima: 1,8[°C]

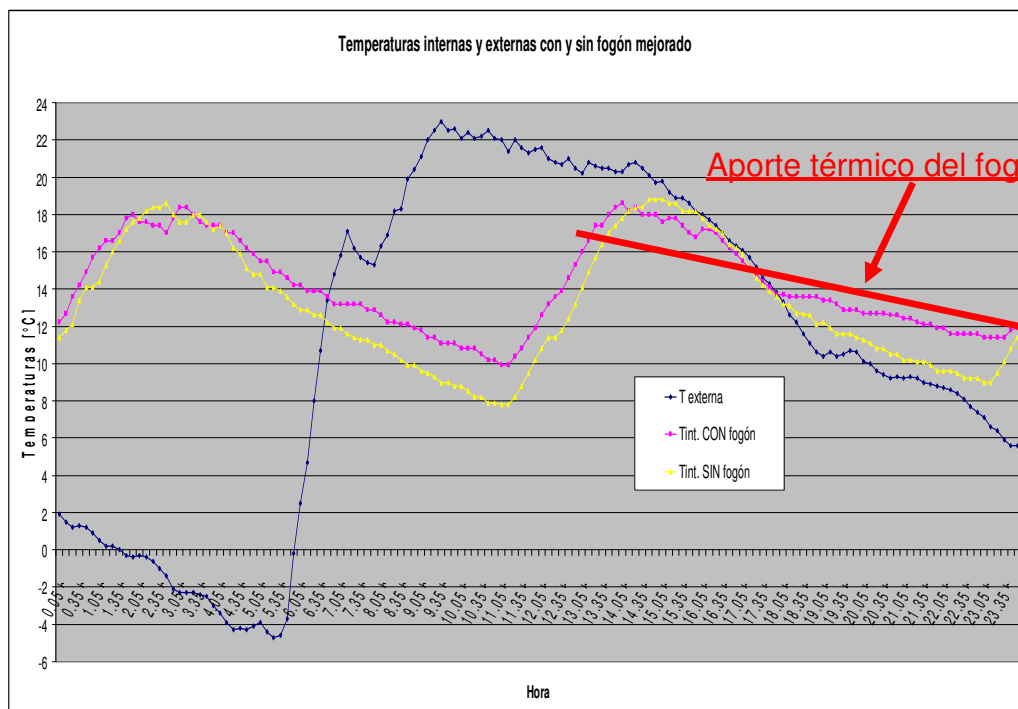
Para lograr el calentamiento de los ambientes se quemaron 2[Kg] de leña

Caso C

Vivienda con paredes en adobe tarrajado con cemento, piso en vinílico, falso techo en triplay de 4mm sin aislante térmico.

Superficie interna calentada por el fogón mejorado: $5,3[m] * 5,3[m] = 28,1[m^2]$

Volumen interno calentado por el fogón mejorado: $28,1[m^2] * 2,3[m] = 64,6[m^3]$

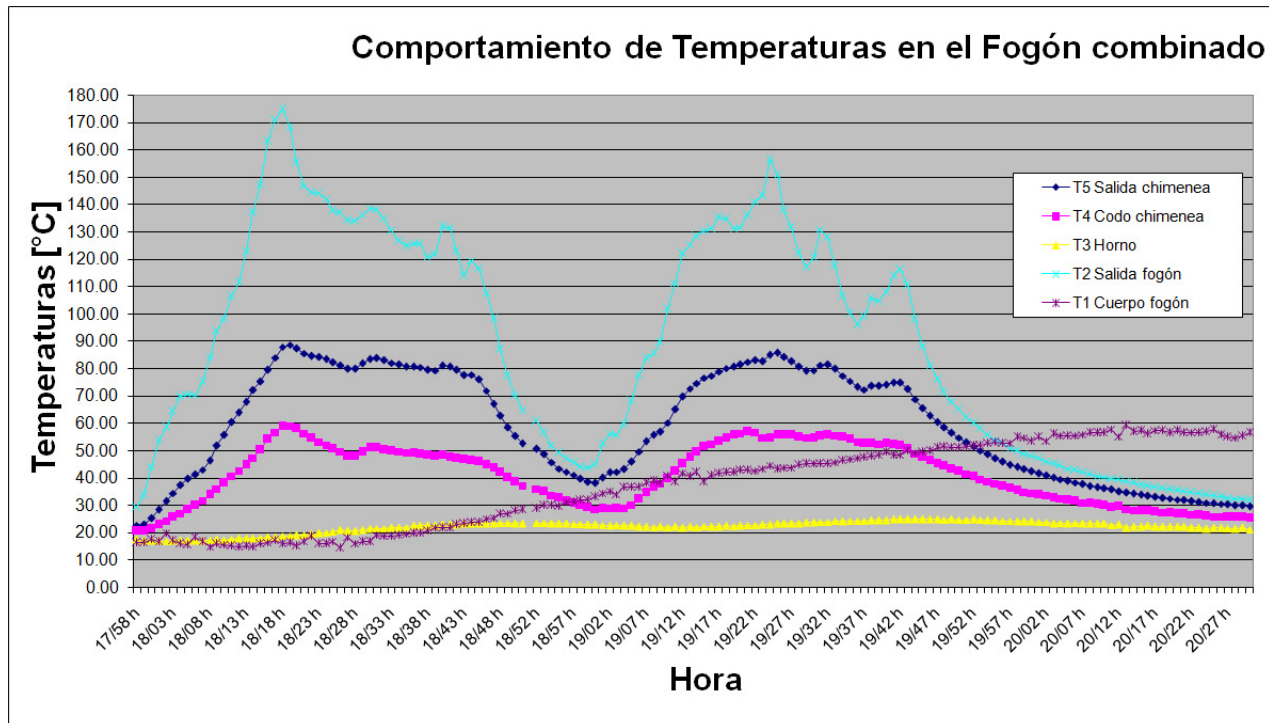


Lectura del cuadro

- La T° externa desciende hasta -5°C y se incrementa durante el día hasta los 22°C.
- Por otro lado se aprecia que la T° interna incrementa en más de 2°C con aporte del fogón mejorado.

Temperatura externa nocturna mínima: -5[°C]

Para lograr el calentamiento del ambiente se quemaron 1,7[Kg] de leña



Condiciones marco de las pruebas:

- A las 18.00 se prendió el fogón combinado siguiendo el reglamento SENCICO con 50gr. de papel
- La primera prueba se terminó a las 18.44 una vez que la olla Nro.1 llegó a ebullición, después de haber quemado 1.66[kg] de leña de eucaliptus
- A las 19.00 se prendió una segunda vez el fogón también con 50 gr. de papel
- La segunda prueba (inicio caliente) se terminó a las 19.40 una vez que la olla Nro.2 llegó a ebullición después de haber quemado 1.46[kg] de leña.

Monitoreo:

- En total se colocaron cinco sensores PT100 que medían la temperatura cada 10 segundos y cada minuto se registraba el promedio en un Datalogger
- T1 Cuerpo fogón, este sensor empotrado entre la olla Nro.1 y la olla Nro.2 en el cuerpo de barro del fogón
- T2 Salida fogón, este sensor mide la temperatura del humo entre el fogón y el horno
- T3 Horno este sensor está colocado en el horno mismo
- T4 Codo chimenea, este sensor está colocado al exterior del primer codo de metal de la chimenea
- T5 Salida chimenea, este sensor mide la temperatura del humo que sale dentro de la chimenea a nivel del cielo raso

Apreciaciones:

- T1, el cuerpo del fogón demora un poco más de dos horas en llegar a la temperatura máxima que es de casi 60°C

Líderes en Innovaciones tecnológicas con Energías Renovables

- T2, este sensor mide una temperatura máxima de 175°C, se notan las variaciones dependiendo de las cargas de combustible, esta temperatura es muy elevada hay que mejorar la combustión y regular de mejor manera la velocidad de escape del humo
- T3, el horno se calenta a un máximo de 25°C lo que está bien, no se "pierde" o disipa mucha calor en el horno cuando se trabaja con la cocina
- T4, esta temperatura debería ser más baja, falta mejorar la combustión y la regulación con la mariposa al interior de la chimenea
- T5, esta temperatura es también muy elevada, mucha energía calorica se "escapa" por la chimenea lo que baja la eficiencia del fogón mejorado

5.1. Ventajas de un fogón mejorado combinado

- Se reduce al mínimo el humo al interior de la cocina.
- Evita que el hollín se acumule en el techo y las paredes.
- No malogra las asas de las ollas.
- Garantiza la preparación higiénica de los alimentos.
- Brinda mayor y mejor comodidad en el manipuleo de las ollas.
- Puede servir para hornear alimentos.
- Ahorra de un 40%, hasta un 60% de material de combustión.
- Las llamas de la cámara de combustión alcanzan fácilmente las hornillas.
- Es de costo relativamente bajo y de fácil construcción.
- Además puede adicionarse un horno.
- La cocción de los alimentos es en menor tiempo respecto al fogón tradicional.
- Sirve de calefacción para la casa.
- Permite tener 80 litros de agua caliente las 24 horas del día.
- Mejora la dinámica de la familia.
- Evita enfermedades respiratorias, oculares y otras.
- La poca utilización o quema del estiércol permite utilizar la diferencia en la fertilización de los campos de cultivo.
- Ahorro de tiempo para el recojo del estiércol.
- Creación de fuentes de ingresos para los agricultores a través de la formación de las pequeñas micro empresas, quienes se dedicaran a la construcción de fogones mejorados.
- Propicia la conservación de los recursos naturales.
- Permite complementar el uso de energías renovables.

5.2. Desventajas de un fogón mejorado

- Utiliza leña provocando una deforestación de especies naturales.
- Cuando no se tiene un diseño adecuado el costo del fogón mejorado puede ser alto.
- El diseño de las hornillas es para tamaños definidos de ollas.
- Conocer bien el tipo e tierra a utilizar (arcilla) y la forma de preparación de la masa a trabajar (barro)

6. Conclusiones

Un aspecto muy importante a tomar en cuenta es que un fogón no es solo el cuerpo construido con arcilla y/o adobe donde se desarrolla la combustión y la cocción de los alimentos, sino hay que tener en cuenta la importancia y la función que cumple la chimenea. No existe fogón mejorado sin chimenea por lo tanto una chimenea puede mejorar o empeorar considerablemente la eficiencia térmica de un fogón. En términos generales el fogón empieza en la puerta con la cámara de combustión y termina con el “sombbrero” que se halla en el punto mas alto de la chimenea.

La ubicación del fogón mejorado al medio de la cocina, responde a los objetivos propuestos como: a) Reducir las emisiones de humo que afectan la salud de la familia, b) Reducir la utilización de combustible (leña y/o bosta) hasta en un 50%, c) Reducir el tiempo de cocción de alimentos, d) Disponer de agua tibia para uso doméstico, e) Optimo manipuleo de recipientes de cocción de alimentos, f) Propiciar un calentamiento del ambiente interior a través de la calor que emite la chimenea, y j) Acondicionar el fogón mejorado con un horno.

Por lo tanto el fogón mejorado debe resultar el eje principal para el bienestar de la familia andina, mejorando la armonía de los integrantes de la familia.

El diseño del fogón mejorado no debe ser sofisticado para que pueda estar al alcance del poblador campesino.

7. Bibliografía

- Bernd Hafner – Solar Kocher
- Gernot <minke – “Lehmban – Handbuch”
- Taller Inti – “El fogón mejorado combinado”, Calor y bienestar en la casa - 2007
- SENCICO – “Reglamento para la evaluación y certificación de la cocina mejorada” – 2009
- Mayor información : Email: intisolar@bluemail.ch , www.taller-inti.org