

“SISTEMA DE GENERACIÓN ACUMULACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE CALOR POR PISO RADIANTE PARA ATENUAR EFECTO DE LAS HELADAS EN LA ZONAS ALTOANDINAS DE LA REGIÓN TACNA”

GABRIELA ISABEL HEREDIA ALVAREZ
GUILLERMO JIMENEZ FLORES

RESUMEN

El año 2012 las zonas alto andinas de la Región Tacna soportaron temperaturas de hasta 22 grados bajo cero durante la temporada de invierno según informe del **Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)**, con dicha temperatura se volvió a alcanzar el record histórico de Tacna.

La vivienda rural andina es sumamente precaria, no tiene el aislamiento adecuado, hecho que permite el ingreso de corrientes de aire frío al interior de la misma, carece de un sistema de aprovechamiento de la energía generada por la combustión de leña durante la preparación de alimentos; tiene piso de tierra, el techo de calamina, puentes térmicos (rendijas) por donde entra el aire frío, las puertas no cierran herméticamente, mala calidad del adobe, carencia de refuerzos y otros que la hacen vulnerable ante los embates de la naturaleza (heladas, lluvias y sismos).

El objetivo del proyecto es diseñar un sistema de acumulación y distribución del calor por radiación aprovechando el calor generado por la cocina en la cocción de los alimentos.

La propuesta de investigación está relacionada al aprovechamiento del calor generado por la cocina para ser usado mediante el sistema de **HIPOCAUSTO ROMANO U ONDOL COREANO** (técnicas ancestrales) sistema de calefacción del suelo.

Como resultado de investigación se determinó que, usando calefacción procedente de la cocina mejorada (elemento calefactor) y la incorporación del piso radiante (elemento acumulador de calor), es posible elevar la temperatura de la vivienda hasta en **10°C** con respecto a la temperatura del ambiente exterior.

La evidencia técnica producto del presente estudio sugiere que es posible aprovechar técnicamente los recursos y materiales de la Zona Alto Andina de Tacna, a fin de proveer de una vivienda que ofrezca condiciones de temperatura moderada, con un impacto positivo en la salud, calidad de vida y economía del poblador alto andino.

De acuerdo a los ensayos experimentales realizados, nos muestra que este sistema puede incrementar la temperatura de la habitación de 27.5m³, manteniéndose casi constante hasta las 8am del día siguiente, utilizando una masa de leña de 6kg.

PALABRAS CLAVE: Vivienda rural andina, sistema acumulación y distribución de calor, piso radiante

ABSTRACT

In 2012 the Tacna's Highland andean zones had temperatures of until 22 sub zero degrees during the Winter season according the National Service of Meteorology and Hydrology (SENAMI) report, with this temperatura it got historical records in Tacna.

The rural dwelling in andean Highlands is very precarious, doesn't have an adecuated termal isolation, what allows the enter of cold air inside, it doesn't have a System which takes the energy generated because of the fire Wood burning during the food preparation, it has dirt floor, calamine roofs, crannies where cold air goes in, doors with out termal isolation, por quality adobes, lack of reinforcements and others which make it vulnerable in front of the brunt of nature (frosts, rains and quakes)

The Project objective is to design a system of acumulation and supply of hot because of radiation taking the hot generated by the kitchen when food is made. There search proposal is related to take the hot generated by the kitchen for being used through the ROMAN HIPOCAUST or COREAN ONDOL system (ancestral technics) floor heating system

As a research's result, determinated that using the heating from the improved kitchen (heat ingeement) and the incorporation of heater floor (heat acumulator element), it's possible to elevate the temperature in 10°C more than the exterior temperature. The technical evidence obtained in the present research suggests that it's possible to supply technically the sources and materials of the Tacna's andean highlands, to provide a dwelling with a moderated temperature, with a positive impact in the health, life quality and and ean Highland settler's economics.

According the experimental essays done, it shows that the system can increase the temperature of a room of 27.5m², keeping it almost constant until 8am of the next day, using a fire wood of 6Kg

Keywords: rural and eand welling, acumulation and supply hot system, heating floor

PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA COCINA MEJORADA



Figura N° 05:
PROCESO DE ELABORACIÓN DE COCINA MEJORADA



Figura N° 08:
PROCESO DE ELABORACIÓN DE COCINA MEJORADA



Figura N° 06:
PROCESO DE ELABORACION DE COCINA MEJORADA

Asentamiento del adobe y colocación de soportes de barro con fierro de 3/8". Preparación de base para cocina mejorada



Figura N° 07:
PROCESO DE ELABORACIÓN DE COCINA MEJORADA



Figura N° 09:
ELABORACIÓN DE ACUMULADOR DE CALOR

Cocina mejorada de adobe con dos compuertas. Acabados de la cocina mejorada enlucida y lista para su uso.

ACUMULADOR DE CALOR BLOQUES DE CONCRETO CICLÓPEO (ALTERNATIVA 01)

Entre los primeros trabajos que realizaron, se encuentra la limpieza de la primera habitación para dejarlo nivelado y procederá a tomar las medidas para la canalización correcta y equilibradamente. Corte de piso de tierra en plano inclinado con una pendiente de 17% respecto del lado de 3.80 metros y preparación de base para piso radiante; excavación de cámara de evacuación de humo a chimenea de latón.



Figura N° 10:
PROCESO DE ELABORACIÓN DE ACUMULADOR DE CALOR



Figura N° 11:
PROCESO DE ELABORACIÓN DE ACUMULADOR DE CALOR



Figura N° 12:
PROCESO DE ELABORACIÓN DE ACUMULADOR DE CALOR



Figura N° 13:
PROCESO DE ELABORACIÓN DE ACUMULADOR DE CALOR

Vaciado de bloques de piedra + barro en el perímetro de la habitación con una altura variable de 0.45 y 0.25 metros, un ancho de 0.25 metros y 15 metros lineales.



Figura N° 14:
CONSTRUCCIÓN DE PISO RADIANTE



Figura N° 15:
CONSTRUCCIÓN DE PISO RADIANTE

INTRODUCCIÓN

El año 2012 las zonas alto andinas de la Región Tacna soportaron temperaturas de hasta 22 grados bajo cero durante la temporada de invierno según informe del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), con dicha temperatura se volvió a alcanzar el record histórico de Tacna. La última vez que se soporto un valor así fue en el año 2007 y anteriormente en el año 1999, este hecho reproduce las condiciones adversas que deben soportar los pobladores alto andinos y especialmente los niños. Siendo las infecciones respiratorias agudas la principal causa de mortalidad infantil en los meses de Junio, Julio, Agosto y Setiembre.

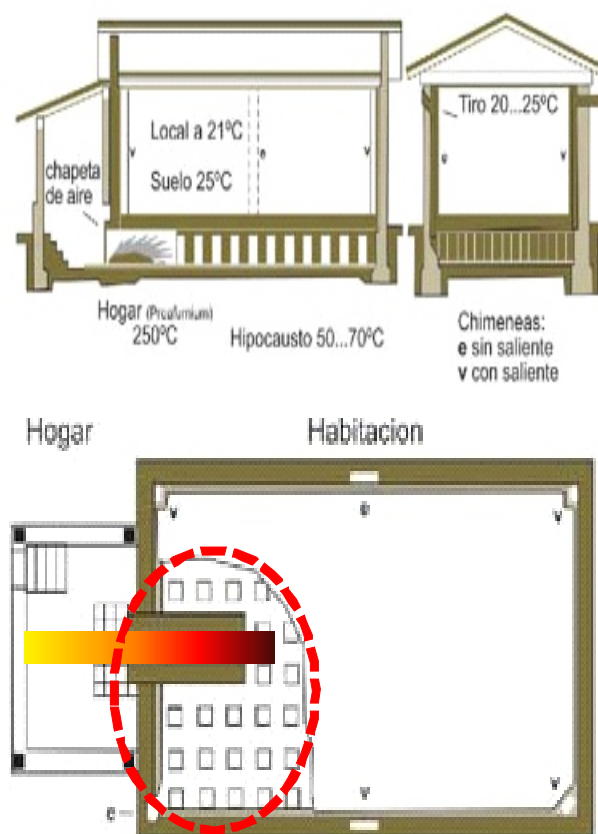
La vivienda rural andina no tiene el aislamiento adecuado, hecho que permite el ingreso de corrientes de aire frío al interior de la misma, carece de un sistema de aprovechamiento de la energía generada por la combustión de leña durante la preparación de alimentos, tiene piso de tierra, el techo de calamina, puentes térmicos (rendijas) por donde entra el aire frío, las puertas no cierran herméticamente, mala calidad del adobe, carencia de refuerzos y otros que la hacen vulnerable ante los embates de la naturaleza (heladas, lluvias y sismos).

Según datos de Censo de Población y Vivienda INEI del año 2007, en las zonas alto andinas el 90 % de las viviendas tienen paredes de adobe y de piedra + barro, el 84% de las viviendas tienen piso de tierra, el 80% de las viviendas se abastecen de agua de la acequia o pozo y el 64% de las viviendas carecen de servicio sanitario conectado a la red pública. Asimismo, el 90% de los habitantes usan leña, bosta o estiércol de los animales como energía para cocinar y el 90% de las viviendas carecen de chimenea para la eliminación del humo.

Estos indicadores nos muestran la precariedad de las viviendas, las cocinas tradicionales apenas aprovechan del 10 a 15% del potencial energético de la leña, el resto es pérdida de calor.

El objetivo del proyecto es diseñar un sistema de acumulación y distribución del calor por radiación aprovechando el calor generado por la cocina en la cocción de los alimentos.

La propuesta de investigación está relacionada al aprovechamiento del calor generado por la cocina para ser usado mediante el sistema de HIPOCAUSTO ROMANO U ONDOL COREANO (técnicas ancestrales) sistema de calefacción del suelo. Hoy existe una adaptación del viejo invento, que es uno de los sistemas que consigue minimizar los gradientes de temperatura (es decir, las diferencia de temperatura) especialmente en altura, y es el SUELO RADIANTE.



Como resultado de investigación se determinó que usando calefacción procedente de la cocina mejorada (elemento calefactor) y la incorporación del piso radiante (elemento acumulador de calor), es posible elevar la temperatura de la vivienda hasta en **10°C** con respecto a la temperatura del ambiente exterior. La evidencia técnica producto del presente estudio sugiere que es posible aprovechar técnicamente los recursos y materiales de la zona Alto Andina de Tacna, a fin de proveer de una vivienda que ofrezca condiciones de temperatura moderada, con un impacto positivo en la salud, calidad de vida y economía del poblador alto andino.

MÉTODO

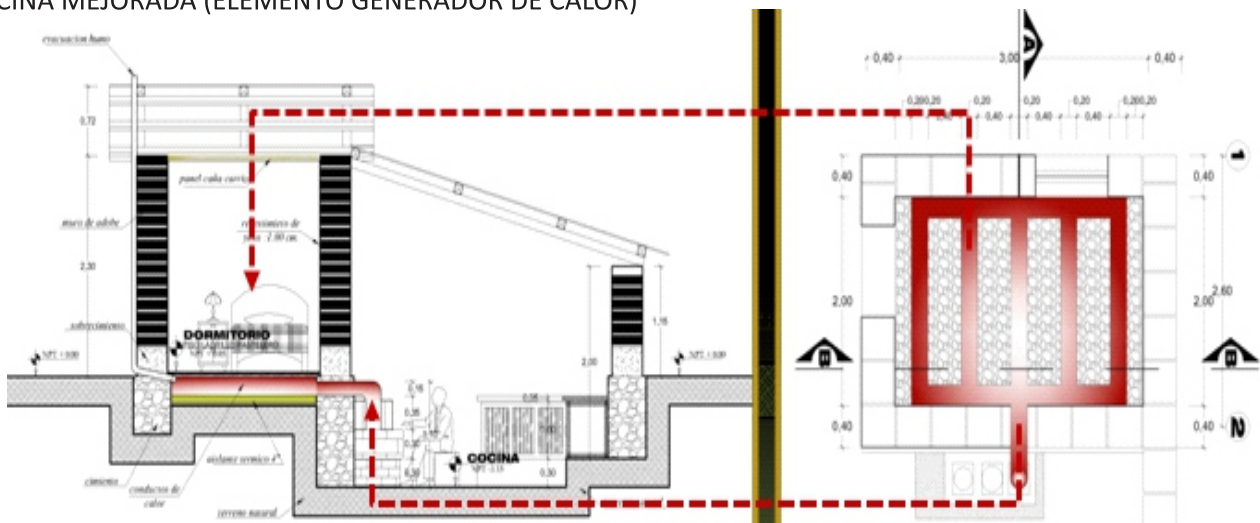
Se trata de introducir calor en el suelo y dejar que la radiación ambiente la vivienda. Esto se consigue construyendo canales por debajo del suelo y haciendo circular aire caliente por ellos. La transmisión de calor por radiación es el sistema más natural de todos.

El funcionamiento de este sistema se basa en el hecho de que la totalidad de la superficie se convierte en una superficie radiante a moderada temperatura, con lo cual el calor se expande rápida y uniformemente por

toda la vivienda, logrando alcanzar una serie de grados de forma homogénea. Este hecho fomenta un equilibrio térmico del organismo en el ambiente.

El aire ambiental (que no absorbe ninguna radiación) se calienta por contacto y así se consigue generar una temperatura constante homogénea. Este sistema se basa en el hecho natural de que cuando un cuerpo tiene una temperatura superior a los objetos que le rodean, tiende a eliminar el calor que posee en exceso, radiando energía hacia los cuerpos más fríos.

COCINA MEJORADA (ELEMENTO GENERADOR DE CALOR)



PREPARACIÓN DE TIERRA MEJORADA:



Figura N° 01:

PASO 01 DE PREPARACIÓN DE TIERRA MEJORADA



Figura N° 02:

PASO 02 DE PREPARACIÓN DE TIERRA MEJORADA

Preparación del suelo con los materiales requeridos para dicha mezcla. Prueba de Sedimentación. Insumos para suelo mejorado. La tierra seleccionada y tamizada es combinada con agua hasta formar barro, revolviéndolo con una lampa agregando aserrín y azúcar para controlar la figuración por secado del suelo. Esta mezcla debe revolverse nuevamente y debe dormir durante un día para poder ser usada, y así poder observar los beneficios esperados.



Figura N° 03:

PASO 03 DE PREPARACIÓN DE TIERRA MEJORADA



Figura N° 16:
PROCESO DE ELABORACIÓN DE ACUMULADOR DE CALOR



Figura N° 18:
INSTALACIÓN DE BALDOSAS DE CONCRETO



Figura N° 17:
PROCESO DE ELABORACIÓN DE ACUMULADOR DE CALOR



Figura N° 19:
INSTALACIÓN DE BALDOSAS DE CONCRETO

Vaciado de bloques de piedra + concreto ciclópeo en la habitación con una altura variable de 0.45 y 0.25 metros, un ancho de 0.20 metros y 12 metros lineales.

PISO PARA DISTRIBUCIÓN DE CALOR

Para este tipo de pisos radiante se emplea baldosas de concreto de 0.25 x 0.60 y un espesor de 0.03 metros. Con refuerzo de fierro de 6 mm. Encofradas y vaciadas en obra. Cantidad de sesenta baldosas.

Las baldosas de concreto fueron realizadas con el fin de tapar los canales de piedra para captar la calorificación producida por la cocina.

Colocación de baldosas de concreto de 0.25 x 0.60 y un espesor de 0.03 metros. Con refuerzo de fierro de 6 mm. Encofradas y vaciadas en obra. Estabilización y nivelación de baldosas con fierro de 3/8".

Vaciado de piso de concreto con mezcla de proporción 1 : 5 cemento : arena.

Fraguado y curado de piso de concreto. Donde se dejaron salidas para las pruebas de los sensores con la finalidad de que se mida el calor que entra a la habitación.



Figura N° 20:
VACIADO DE PISO DE CONCRETO

PRINCIPALES VENTAJAS

Proporciona un reparto óptimo del calor en sentido horizontal y vertical. La temperatura del aire es más alta a nivel del suelo, disminuyendo progresivamente hacia el techo. Dado que trabaja a baja temperatura, evita las turbulencias del aire debidas a la convección, la emisión calórica se produce principalmente por radiación. Está característica, además, elimina la acumulación de polvo y las manchas de suciedad en paredes y techos. Puede brindar distintas temperaturas en los diferentes ambientes y aportar mayor temperatura en las zonas de mayor requerimiento. La calefacción por Suelo Radiante, se compone de dos subsistemas:

- Sistema de distribución de calor
- Sistema de producción de calor.

CALEFACCIÓN POR PISO RADIANTE DE LADRILLO (ALTERNATIVA 02)

El objetivo de esta actividad es construir un piso radiante de bloques de ladrillo y acabado con ladrillo pastelero, con la finalidad de medir la eficacia del ladrillo con respecto a la piedra + barro.

Se procede a armar los canales de ladrillo pandereta lo cual servirá como segunda alternativa para medir la calorificación en otro material.



Figura N° 23:
CONSTRUCCIÓN DE PISO RADIANTE

El tratamiento de ductos se llevó con todo cuidado y en un terreno nivelado para que las medidas del terreno correspondan al sistema aplicado en los ladrillos (segunda alternativa de materiales)

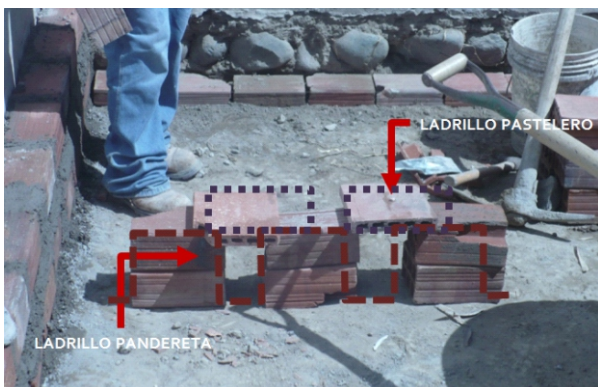


Figura N° 21:
ESQUEMA DE PISO RADIANTE



Figura N° 24:
CONSTRUCCIÓN CON LADRILLO



Figura N° 22:
CONSTRUCCIÓN DE PISO RADIANTE



Figura N° 25:
CONSTRUCCIÓN CON LADRILLO

El trabajo del piso radiante de material de ladrillos tuvo un proceso fluido y rápido, por lo que fue fácil su colocación e implementación, a comparación del uso del otro material de piedras.

PRUEBAS DE CALOR Y MEDICIÓN DEL INCREMENTO DE TEMPERATURA

Distribución De Sensores:

Descripción de los sensores: Se ha utilizado 7 sensores de temperatura tipo LM35 para la toma de datos.

- **El Sensor 1, 2 y 4** mide la temperatura del agua en las ollas correspondientes
- **El Sensor 3** mide la temperatura a la entrada del conducto de humo
- **El Sensor 5** mide la temperatura de salida del humo (o calor residual)
- **El Sensor 6** mide la temperatura exterior o ambiente, está ubicada fuera de la habitación
- **El Sensor 7** mide la temperatura interior de la habitación

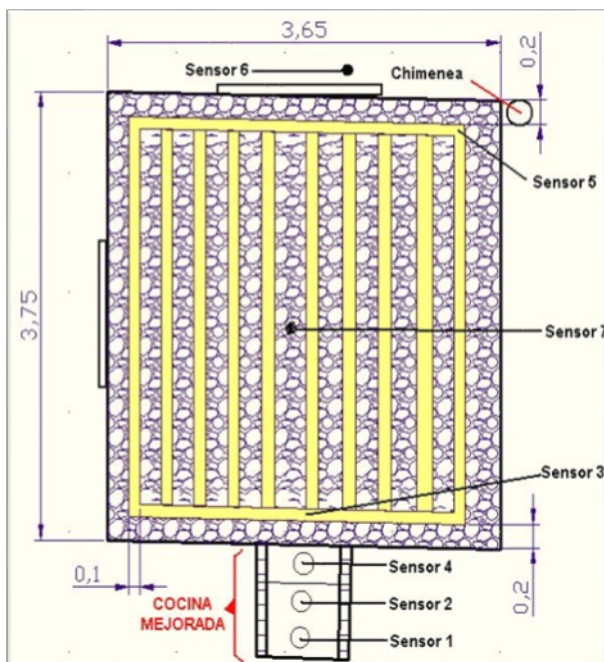


Figura N° 26:
DISTRIBUCIÓN DE SENSORES

MEDICIÓN Y PRUEBAS

Primera noche de pruebas – con cocina mejorada
Se trajeron aparatos para la medición de temperatura los cuales funcionaron un aproximado de 12 horas durante toda la noche, teniendo una cobertura de CIELO RASO (SISTEMA GYPLACK), lo cual impide la fuga de temperatura captada y los vanos fueron cerrados con tecnopor y/o adobe.



Figura N° 26:
INSTALACIÓN DE SENSORES

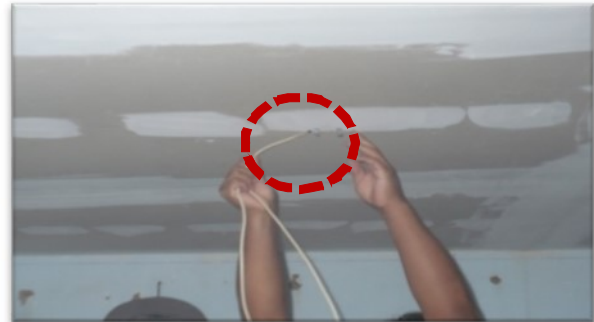


Figura N° 27:
INSTALACIÓN DE SENSORES



Figura N° 28:
INSTALACIÓN DE SENSORES



Figura N° 29:
DISTRIBUCIÓN DE SENSORES DE TEMPERA Y
TEMPERATURA DE AMBIENTE

Entrada de leña a la cocina mejorada se usó 6kg de leña de eucalipto, puesta de sensores de temperatura LM35 en las ollas. Método para determinar la eficiencia de la cocina y sistema.



Figura N° 30:
COCINA MEJORADA

Entrada de leña a la cocina mejorada, se usó 6kg de leña de eucalipto, puesta de sensores de temperatura LM35 en las ollas. Método para determinar la eficiencia de la cocina y sistema.

Pasos para dar uso a este sistema de calefacción

Este sistema de calefacción usa una cocina mejorada como elemento calefactor y como elemento de almacenamiento de calor usa piedras y barro la cual constituye la masa térmica.

- Paso N° 01.- Verificar que la compuerta a la salida del humo (chimenea), esté abierta
- Paso N° 02.- Quemar la leña en la cocina mejorada, se recomienda empezar con trozos pequeños para obtener una mejor combustión
- Paso N° 03.- En ningún momento cerrar las compuertas de ingreso de leña y salida de humo cuando se esté cocinando, esto traería un ahogamiento de la cocina mejorada y se apagaría el fuego.
- Paso N° 04.- Una vez quemada toda la leña (lo necesario para cocinar los alimentos) hay que cerrar la compuerta de ingreso de leña y compuerta a la salida de humo, con la finalidad de mantener el calor al interior del piso e evitar que haya fugas.
- Paso N° 05.- No dejar sin ollas en las hornillas, se recomienda poner alguna carga térmica o calentadores para aprovechar el calor residual de la cocina mejorada

Segunda noche de pruebas:
PRUEBAS DE CALOR Y MEDICIÓN DEL INCREMENTO DE TEMPERATURA. Los sensores fueron colocados en las ollas para revisar la temperatura en los utensilios de cocina que se usarán, comprobando si era la necesaria.



Figura N° 31:
PRUEBA DE CALOR



Figura N° 32:
LEÑA PARA ARDOR DEL FOGÓN



Figura N° 33:
DUCTO DE SALIDA (CHIMENEA)

Ducto de salida (chimenea). El ducto de la chimenea por donde es el punto de fuga y prevención de contaminación para los habitantes.

RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN

1. Datos Técnicos:

Volumen de la habitación: 27.4m³

Área del piso radiante:

- Volumen de piedras usadas para el piso:
- Volumen de la cámara de combustión de la cocina mejorada: 0.056m³

Diámetro de las hornillas

- Hornilla N° 1: 17cm
- Hornilla N° 2: 17cm
- Hornilla N° 3: 14cm

2. Datos para la evaluación:

- Cantidad de agua en las olla1: 5litros
- Cantidad de agua en las olla1: 4litros
- Cantidad de agua en las olla1: 4litros

Para la calefacción a un ambiente de 27.4m³ se empleó un atado de leña de eucalipto, con una masa se 6kg.

DETERMINACIÓN DEL PODER CALORÍFICO DE LA LEÑA

Respecto al poder calorífico de la leña seca, se utilizó para la evaluación, el eucalipto cuyo nombre científico es "Eucalyptus Globulus" la cual un valor de hasta 18000kJ/kg equivalente a 5kWh/kg o 4300kcal/kg, con 0% de humedad. Esta leña, por encontrarse en una zona húmeda suele llegar hasta 28%, pero sometiéndolo a procesos de secado (al horno y solar) se logró disminuir hasta un 9.8% para el proceso experimental.

Por lo tanto se puede calcular el valor energético de 1kg. Es:

$$P_{ci} = 16236kJ - 227,4kJ$$

$$P_{ci} = 16008,6kJ/kg$$

Entonces para 6kg de leña el poder calorífico es:

$$P_{ci} = 16008,6 \frac{kJ}{kg} \cdot 6kg$$

$$P_{ci} = 96051.6kJ$$

Es poder calorífico de la leña usado en la evaluación

Figura N° 33:
DUCTO DE SALIDA (CHIMENEA)

Es decir que, un 9.8% del total de la leña utilizada es netamente agua y un 90.2% es leña seca, lo que indicaría que se requiere utilizar una energía adicional para evaporar el agua, por lo tanto para hallar el poder calorífico de 1.0kg de leña con 9.8% de humedad, tenemos que encontrar su valor energético bajo estas mismas condiciones. Debemos hallar primero el 9.8% de 1kg de leña.

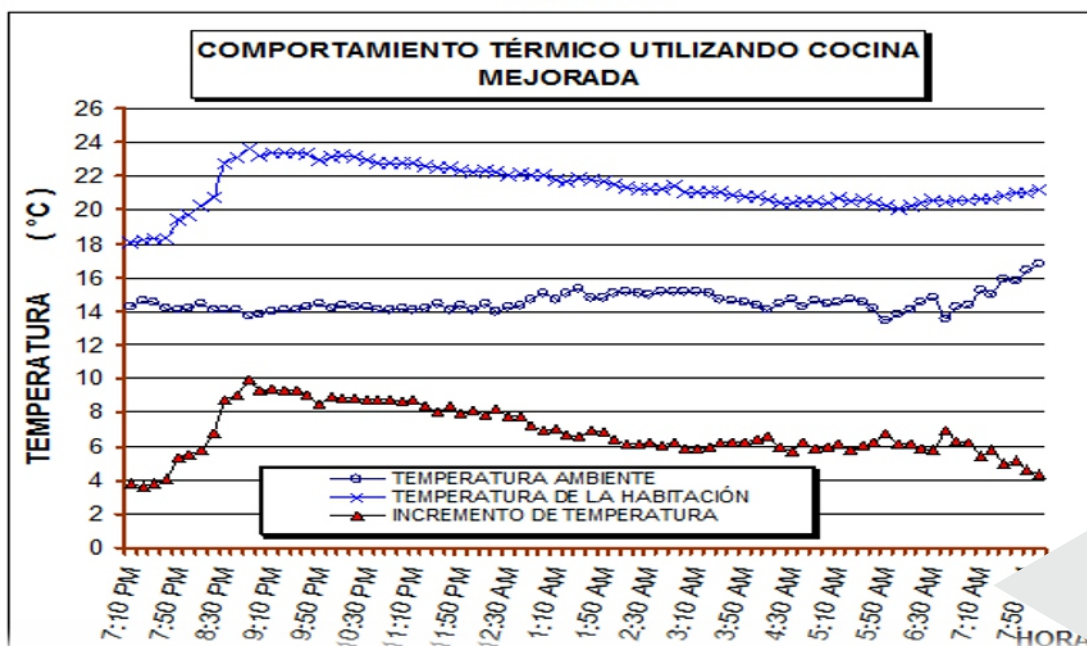
CURVAS DE TEMPERATURA

Los datos del Gráfico N° 01, se registraron con la finalidad de contrastar con los resultados del comportamiento térmico con calefacción Gráfica N° 02 En el Gráfico N° 01, se puede notar que existe un incremento de temperatura de aproximadamente:

4°C de 8pm a 10pm

3°C de 12:45am a 4:45am y menores a 2°C en horas 5am a 8:45am

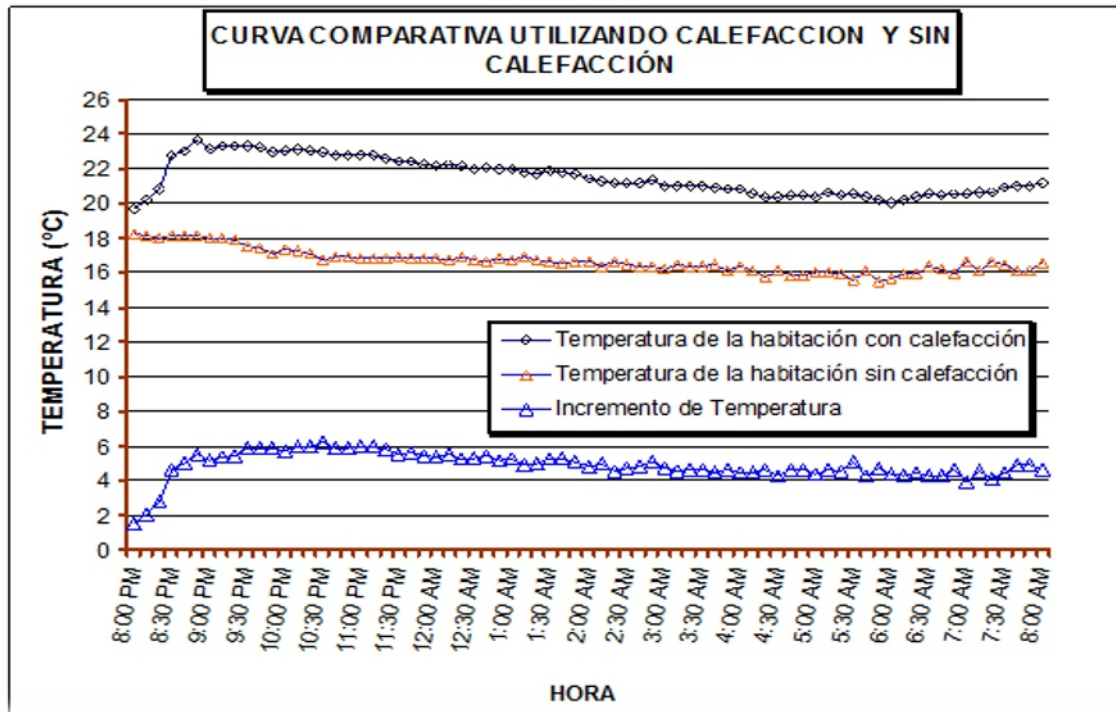
Grafica N° 02 Curva de temperaturas en el interior y exterior de la habitación con calefacción



Estos incrementos de temperatura son con respecto a la temperatura exterior de la habitación, se puede notar que en lo largo de la

noche hay un incremento promedio de **7.8°C** lo cual significa en términos de energía un aporte de 260kJ de energía procedente de la leña.

Gráfica N° 03 Curva de temperaturas en el interior y exterior de la habitación con calefacción



En el Gráfico N° 03 se puede notar que existe un incremento casi constante de 5.5°C a lo largo de la noche con respecto sin calefacción.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los ensayos experimentales realizados, nos muestra que este sistema puede incrementar la temperatura de la habitación de 27.5m³ hasta 6°C, manteniéndose casi constante hasta las 8am del día siguiente, utilizando una masa de leña de 6kg. Entonces se puede deducir que por cada kilogramo de leña incrementa un grado al interior de la habitación.

También se ha podido notar que sin calefacción la diferencia de temperatura entre lo exterior y lo interior de la habitación es de 3°C

Usando calefacción procedente de la cocina mejorada (elemento calefactor), se ha registrado un diferencia de hasta 10°C. con respecto a la temperatura exterior de la habitación.

También se ha medido la temperatura de salida de la chimenea mostrándonos una valor casi constante de 23.6°C, la cual es un buen indicador, debido a que muestra poca pérdida de calor y a la vez hace incrementar la eficiencia de la cocina mejorada ya que el calor es absorbido casi en su totalidad por el piso (piedras) y lo importante, no se desperdicia calor.

RECOMENDACIONES

Con respecto a la cocina mejorada es recomendable hacerlas de acuerdo al diámetro de las ollas para que no haya pérdidas de calor en las paredes de la parte superior de la cocina mejorada. Y con una cámara de combustión no muy grande. Para incrementar aun más la eficiencia de este sistema, un buen ejemplo sería conectar un intercambiador de calor en la base de la cocina mejorada y hacer circular aire del exterior, con la finalidad de conectarla directamente al interior de la habitación (tipo secadora de cabello). Hay que buscar nuevas geometrías para que la distribución del calor sea uniforme en toda el área del piso. Es importante aislar el piso con una pequeña capa de cemento (mezcla), con la finalidad de que no haya fugas de humo CO₂ hacia el interior de la habitación. Un factor determinante para la calefacción en zonas rurales es el tema del techo, el cual debe exigir el mayor aislamiento para que no haya pérdidas un ejemplo sería el cielo raso (tumbadillo), techos con revestimiento de espuma de poliestireno, cueros etc, o techos en material drywall.