

ENSAYOS DE COCINAS SOLARES. FIGURAS DE MERITO F₁, F₂ Y POTENCIA PARA UN HORNO DE CUBIERTA INCLINADA SIGUIENDO LAS INDICACIONES DE RICSА

Alfredo Esteves y Roberto Artero
Laboratorio de Ambiente Humano y Vivenda (LAHV)
INCIHUSA – CRICYT - CONICET
Av. Ruiz Leal s/n – C.C. 131 – 5500 Mendoza – Argentina
Tel.: 54(0) 261 4288797 – Fax: 54 (0) 261 4287370
* Investigador de CONICET
e-mail: aesteves@lab.cricyt.edu.ar

RESUMEN

Durante la segunda reunión de la Red Iberoamericana de Cocción Solar, realizada en Heredia, Costa Rica, se definió una serie de ensayos para evaluar el comportamiento térmico de las cocinas solares. La evaluación de las mismas se realiza en dos partes, por un lado, las condiciones antropométricas y por otro las condiciones térmicas. En este trabajo se analizan los valores obtenidos al realizar algunos de los ensayos térmicos y se describen las figuras de mérito que se obtienen realizando los ensayos sobre un tipo de horno solar. Se concluye que las figuras de mérito pueden ser obtenidas realizando ensayos muy simples, obteniéndose suficiente información respecto del comportamiento térmico de la cocina. Se destaca además la potencia desarrollada como figura indicativa del rendimiento térmico.

Introducción

Las diferencias en el tiempo requerido para cocinar iguales cantidades de alimentos en cocinas diferentes se debe principalmente a diferentes períodos de calentamiento sensible.

Como el tiempo demandado por el calentamiento sensible es función de variables climáticas (radiación solar, temperaturas, viento, etc.), es importante normalizarlas para validar los ensayos. Durante la segunda reunión de la RICSА, se elaboró un documento base para el ensayo de cocinas y hornos solares (Castell, et al., 1999).

Factores de Mérito:

Mullick, 1991 indica que el comportamiento térmico de un horno solar puede ser representado en términos de dos figuras de mérito, F₁ y F₂, las cuales se determinan mediante dos tests muy simples.

Primer factor de mérito F₁ : tiene en cuenta la relación entre la eficiencia óptica de la cocina y las pérdidas de calor al exterior desde la placa absorbadora de energía solar.

$$\eta_0 A_v I_v = A_p U_L (T_p - T_a)$$

$$F_1 = \eta_0 / U_L = A_p (T_p - T_a) / A_v I_v$$

donde:

η_0 = eficiencia óptica.

U_L = coeficiente de pérdidas.

A_p = área de la placa absorbente.

A_v = área de la superficie transparente.

I_v = radiación solar sobre la superficie transparente.

T_p = temperatura de la placa.

T_a = temperatura ambiente.

En la Figura 1 se indican la temperatura de la placa absorbadora de la cocina solar, la temperatura ambiente y la radiación solar sobre la superficie del vidrio, sin contar el efecto de los reflectores.

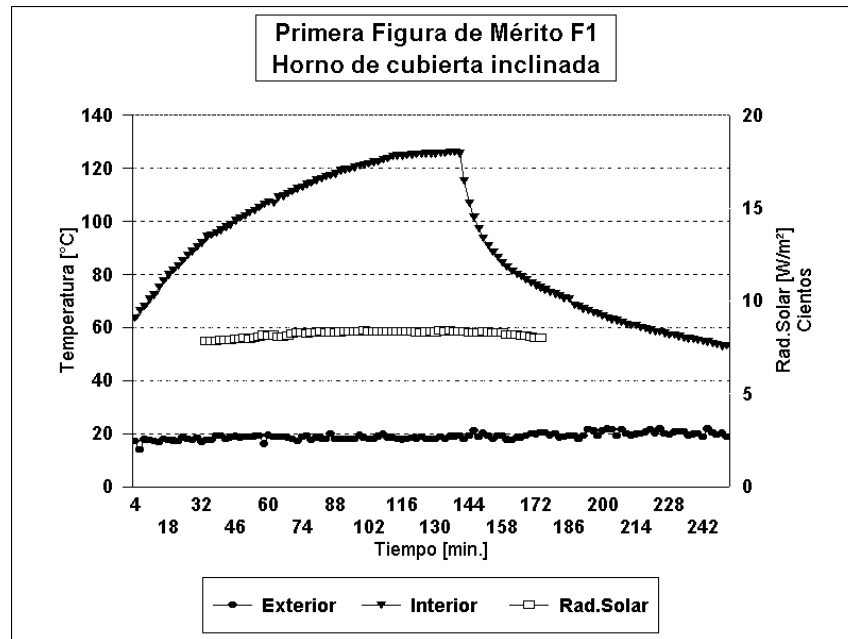


Fig. 1: valores registrados para obtener F1.

El valor de F1 resulta: $F1 = (126\text{ }^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}) / 800\text{ W/m}^2 = 0.1325\text{ }^{\circ}\text{C.m}^2/\text{W}$

Segundo factor de mérito. Tiene en cuenta la eficiencia en la transferencia de calor hacia el recipiente. Se denomina F_2 :

$$d\tau = (Mc)'_w \, dT_w / A_v F' [\eta_0 I_v - U_L (A_p / A_v) (T_w - T_a)]$$

pero: $F_1 = \eta_0 / U_L$

por tanto:

$$d\tau = (Mc)'_w \, dT_w / A_v F' \eta_0 [I_v - U_L (A_p / A_v F_1) (T_w - T_a)]$$

integrando entre T_{w1} y T_{w2} :

$$\tau = [-F_1 (Mc)'_w / A_v F' \eta_0] \ln \{ [I_v - (A_p / A_v F_1)(T_{w2} - T_a)] / [I_v - (A_p / A_v F_1)(T_{w1} - T_a)] \}$$

se define $C_r = (Mc)_w / (Mc)'_w$

de modo que:

$$F_2 = F' \eta_0 C_r = [F_1 (Mc)_w / A_v \tau] \ln \{ [I_v - (A_p / A_v F_1)(T_{w1} - T_a)] / [I_v - (A_p / A_v F_1)(T_{w2} - T_a)] \}$$

donde:

F' = factor de eficiencia de intercambio de calor.

η_0 = eficiencia óptica.

F_1 = primer factor de mérito.

$(Mc)'_w$ = Capacidad calorífica de todo el sistema (agua, ollas e interior de la cocina).

τ = intervalo de tiempo entre T_{w1} y T_{w2} .

I_v = radiación solar sobre la superficie transparente.

A_v = área de la superficie transparente.

A_p = área de la placa absorbente.

T_{w1} = temperatura inicial del agua.

T_{w2} = temperatura final del agua.

T_a = temperatura ambiente.

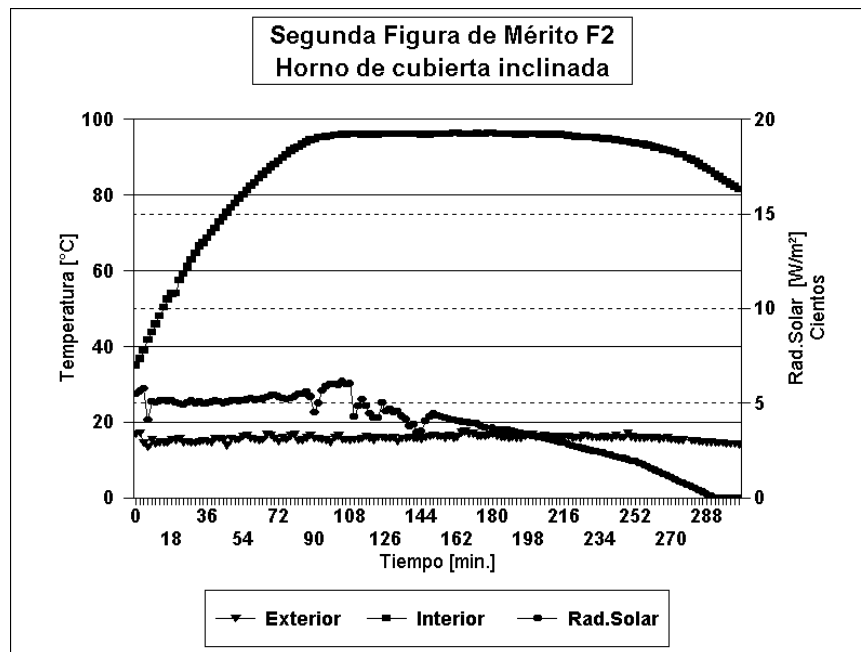


Fig. 2: valores registrados para obtener F2 y la potencia.

El ensayo consiste en el calentamiento de agua en una olla, en una proporción de 6 kg/m² de área de apertura, tomado nota del tiempo que demora en calentar hasta 80°C, y luego el tiempo que demora en alcanzar la ebullición. F2 se determina empleando la expresión correspondiente. En este ensayo se determina también el tiempo que puede mantenerse la temperatura por encima de 80°C sin la intervención del usuario. Esto se indica en la Figura 2.

Para nuestro caso, se obtuvo:

Tiempo para alcanzar 80°C: 54 minutos

Tiempo para alcanzar 96°C: 101 minutos

Tiempo sin intervención del usuario: 3 hrs, 10 minutos

Tomando en consideración los valores obtenidos de la Figura 2, puede calcularse el segundo factor de mérito $F2 = 1.07$.

POTENCIA DE COCCIÓN EFECTIVA

La figura de mérito más representativa del rendimiento térmico es la potencia de cocción efectiva, la cual se explica tanto para cocinas de diferentes tamaños tipo hornos como para parábolas de concentración. La influencia de las condiciones de los ensayos pueden ser minimizadas si se mantienen en determinados rangos las distintas variables que intervienen. Por lo tanto, recomendamos seguir el procedimiento descrito a continuación:

Protocolo del ensayo.

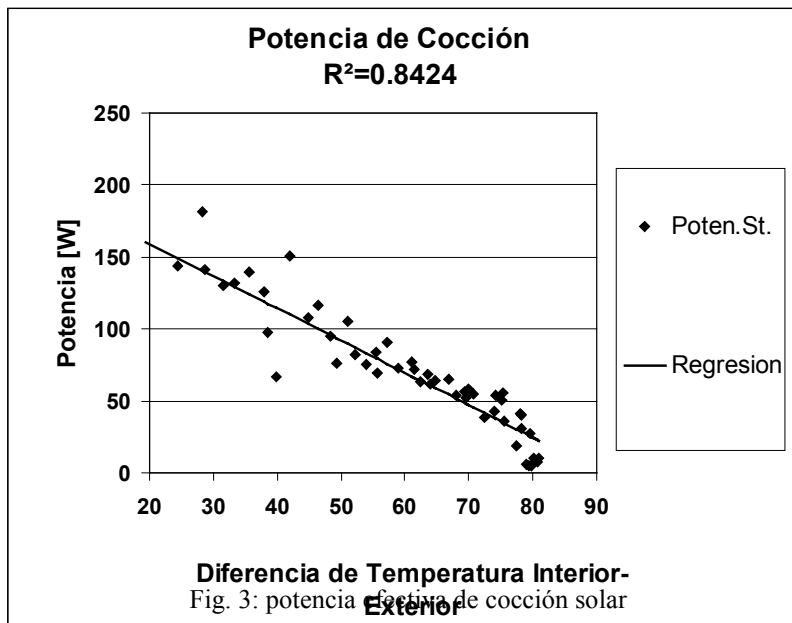
Registro: la temperatura promedio del agua de todas las ollas en una cocina debe ser registrada cada 10 minutos con un décimo de grado si es posible. La insolación solar (W/m²) y la temperatura ambiente se registrarán también con la misma frecuencia. Asimismo, se deberán registrar la frecuencia de reorientación y el ángulo acimutal durante los ensayos.

Cálculo de la potencia de cocción: la diferencia en la temperatura del agua cada intervalo de 10 minutos debe multiplicarse por la masa y el calor específico del agua contenido en la olla. Al dividir el producto por el tiempo involucrado en el intervalo (en segundos), se obtendrá la potencia de cocción en W. Se calculan también los promedios de la radiación solar, temperatura ambiente, y temperatura del agua para cada intervalo.

Estandarización de la potencia de cocción: la potencia de cocción para cada intervalo debe ser corregida para una radiación solar estándar de 700 W/m², multiplicando la potencia observada por 700 W/m² y dividiendo por la radiación promedio registrada durante el correspondiente intervalo. La razón es facilitar la comparación de resultados obtenidos en diferentes localidades y en diferentes días del año.

Graficación y Recta de regresión: En la Figura 3 se indica la potencia standard de cocción en función de la diferencia de temperatura para cada intervalo de tiempo. A partir de los datos obtenidos al menos en 30 observaciones se puede determinar la recta de regresión, cuyo R^2 debe ser mayor de 0.85. En nuestro caso, como se puede observar, los valores de R^2 resultaron ser muy cercanos a 0.85.

Simple medida de rendimiento: se toma el valor para la cocción standard (W) correspondiente a una diferencia de temperatura de 50°C. Para el caso que nos ocupa la potencia es de 92 W, para 50° C de diferencia entre el alimento y el exterior.



CONCLUSIONES PRELIMINARES

Los ensayos realizados permiten conocer el comportamiento térmico de un horno solar y permiten la comparación entre ellos, a través del simple valor de la potencia efectiva y de las figuras de mérito F1 y F2. En este trabajo se ha tratado de mostrar las posibilidades que tienen estos ensayos aplicándolos a un caso concreto como lo es el horno solar de cubierta inclinada. Sin embargo, se requiere mayor cantidad de ensayos para la determinación de valores que permitan catalogar el comportamiento de las diferentes cocinas y hornos solares. El contar con ensayos que indiquen una metodología ordenada y sistemática permitirá no solamente poder comparar, para dar una clasificación sino también para poder mejorar los diseños para alcanzar mayores y mejores prestaciones.

BIBLIOGRAFIA UTILIZADA

Castell M.E., Finck Pastrana A., Collares Pereira M., Vazquez L., Esteves A. (1999). "PROPUESTAS DE PROCEDIMIENTO PARA LA EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO TERMICO DE COCINAS SOLARES Y HORNOS SOLARES". Enviado a la Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente, Tucumán, Argentina.

Mullick S.C., Kandpal T.C., Kumar S. "Thermal test Procedure for a Paraboloid Concentrator Solar Cooker". Solar Energy Vol. 46, N° 3, pp. 139-144, 1991.