

## PROTOCOLO DE COCCION SOLAR DE RICSA. APRECIACIONES RESPECTO DE LA DETERMINACION DE LA ENERGIA Y LA CARGA PARA DETERMINAR LA POTENCIA EFECTIVA DE COCCIÓN

María Emilia de Castel<sup>1</sup>, Adolfo Finck Pastrana<sup>2</sup>, Manuel Collares Pereira<sup>3</sup>,  
Susana Fonseca Fonseca<sup>4</sup>, Alfredo Esteves<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Tecnología y Normalización, Asunción, Paraguay

<sup>2</sup>Departamento de Ingenierías - Universidad Iberoamericana, Lomas de Santa Fe, Méjico

<sup>3</sup>Departamento de Energias Renováveis INETI, Lisboa, Portugal

<sup>4</sup>Centro de Investigaciones de Energía Solar, Santiago de Cuba, Cuba

<sup>5</sup>Laboratorio de Ambiente Humano y Vivenda (LAHV) – INCIHUSA – CRICYT

Av. Ruiz Leal s/n – C.C. 131 – 5500 Mendoza – Argentina

Tel.: 54(0) 261 4288797 – Fax: 54 (0) 261 4287370

e-mail: aesteves@lab.cricyt.edu.ar

**RESUMEN** Se presenta un método auxiliar muy conveniente para la determinación de la energía solar incidente sobre un horno solar con el objeto de conocer la potencia efectiva entregada por el mismo. Para esto, se hace uso del área proyectada horizontal para determinar la radiación solar incidente sobre un horno u cocina solar que resulta muy conveniente cuando se cuenta con solamente un solarímetro y se necesita evaluar varias cocinas solares en el mismo momento. Por otro lado, se indica cómo corregir el área proyectada horizontal para determinar la carga de manera de hacerla equivalente a los métodos utilizados por otros autores, siempre tratando de observar la universalidad del método.

### INTRODUCCIÓN

En una publicación previa que muestra el protocolo de ensayos para la evaluación de cocinas solares elaborado por la Red Iberoamericana de Energía Solar, RICSA, se presentaron las normas de ensayos para cocinas y hornos solares con respecto a su evaluación tanto térmica (Castell et al, 1999a) como de procedimiento para la evaluación de las características físicas, ergométricas, de seguridad y de calidad y mantenimiento (Castell et al., 1999b).

En la misma se incluye uno de los ensayos térmicos que es la determinación de la potencia de cocción efectiva, indicado primeramente por Funk (2000). En el mismo ensayo y para efectuar la determinación de la energía incidente sobre la cocina u horno, se tiene que evaluar la radiación en el plano perpendicular a los rayos incidentes y también el área de apertura, que es la superficie de todos los elementos de la cocina proyectados sobre el plano perpendicular a la dirección de los rayos solares.

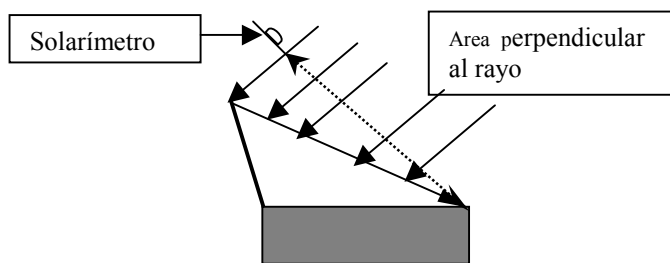


Figura 1: modo de determinar el área de apertura y medir la radiación solar en un horno solar.

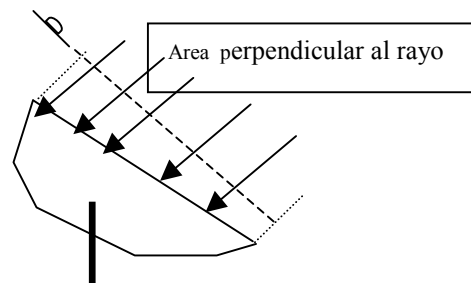


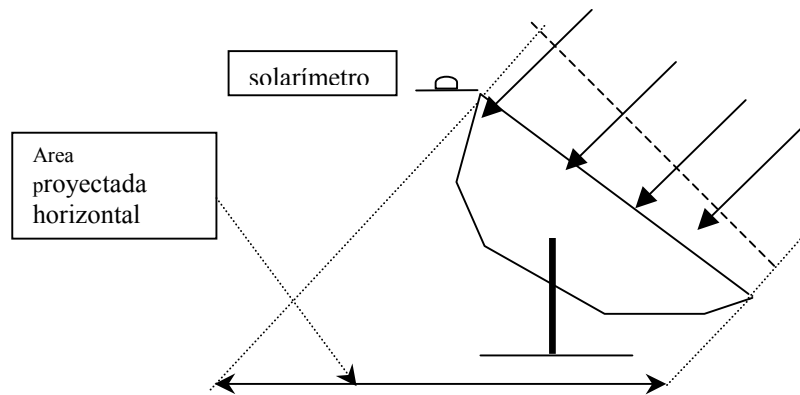
Figura 2: modo de determinar el área de apertura y medir la radiación solar en una cocina irregular.

En la Figura 1 se indica el modo de determinar el área de apertura, que es el área proyectada sobre un plano perpendicular a la dirección de los rayos solares y la radiación solar se mide en este mismo plano. Se indica también que al hacer tracking, el área de apertura se mantiene prácticamente constante.

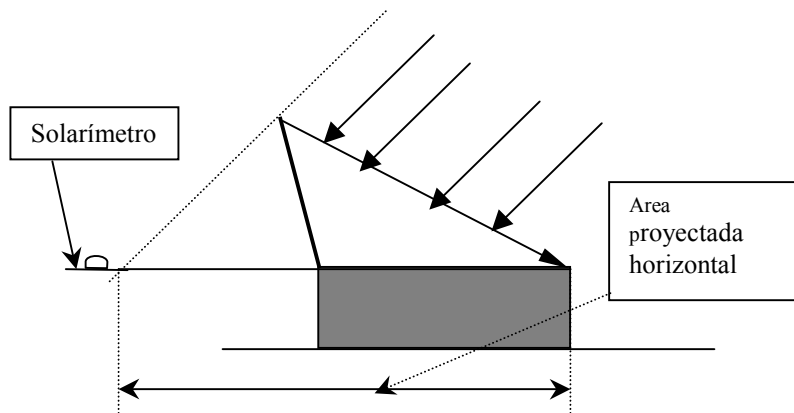
En la Figura 2 se muestra la misma área perpendicular al rayo, pero para una cocina irregular. El concepto es fácil de entender. Sin embargo, no es obvio medir esta área para una cocina irregular, en la cual se tengan varios planos con distinta inclinación, en la que cada uno reciba una cantidad de radiación o un horno con múltiples colectores solares colocados en distinta posición.

El protocolo de RICSA se indica con el objeto de determinar la energía solar incidente sobre el plano de la cocina una forma interesante para efectuar el cálculo de la energía incidente es calcular el producto del área proyectada sobre el plano horizontal por la radiación recibida por el mismo plano. La forma de determinar el área proyectada horizontal para cualquier forma de la cocina, solamente es necesario determinar la sombra proyectada sobre la superficie horizontal en el momento del mediodía solar (12 hr).

La Figura 3 indican entonces cómo se determinaría la energía incidente sobre el horno solar y la Figura 4 la forma de determinar la cocción sobre la cocina solar irregular



*Figura 4: modo de determinar el área proyectada horizontal y medir la radiación sobre plano horizontal en una cocina irregular*



*Figura 3: modo de determinar el área de proyectada horizontal y medir la radiación solar sobre el mismo plano.*

Este modo de trabajar tiene otra ventaja derivada del hecho que cuando se está ensayando varias cocinas en el mismo momento, con medir solamente la radiación sobre el plano horizontal y considerar el área proyectada horizontal de cada cocina, se tiene el valor de la energía incidente en cada una de ellas.

Queda claro que la energía que llega a la cocina solar se calcula como el producto del área de apertura por la energía incidente en el mismo plano, método indicado por Funk (2000) o mediante el producto del área proyectada horizontal por la energía que llega a ésta última superficie, método indicado en RICSA. Ambas formas de trabajar darían la misma energía incidente sobre la cocina y en este sentido son equivalentes.

### DETERMINACION DE LA CARGA

Por otro lado, como la potencia efectiva es sensible a la cantidad de carga que se incorpore a la cocina, Funk indica que la carga específica para el ensayo, es decir, la cantidad de agua que debe colocarse en la olla para ensayar debe ser de 7 kg/m<sup>2</sup> de superficie de apertura.

Sin embargo, utilizar el valor de 7 kg/m<sup>2</sup> de superficie proyectada horizontal no es equivalente a la cantidad de carga indicada por Funk, ya que aquella es fuertemente dependiente de la altitud solar. La Figura 5 indica cómo varía el área proyectada horizontal para un horno de vidrio horizontal y reflector adicional tal como el indicado en la Figura 6, para el día 226 cuando el mismo se quiere ensayar en la Ciudad de Mendoza, Argentina (Lat. 32° 51 'S; Longitud: 68°55 'W). Como se puede observar el área de vidrio no variará por estar en posición horizontal, mientras que el área proyectada horizontal correspondiente al reflector, varía a lo largo del día.

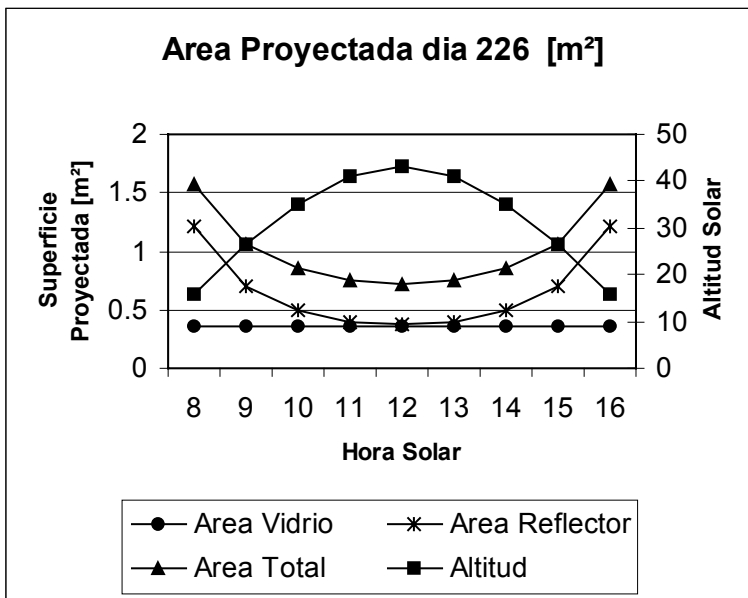


Figura 5: variación del área proyectada horizontal con la hora para la Ciudad de Mendoza y el día 226.

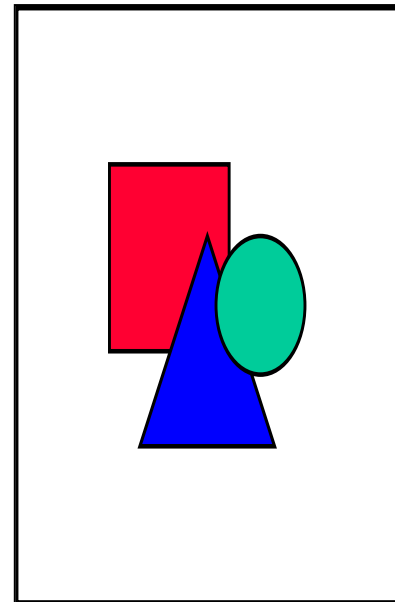


Figura 6: horno solar Nandwani.

Como se puede observar el área proyectada horizontal en este caso pasa del valor de 0,72 m<sup>2</sup> para el mediodía solar a tener 1,07 m<sup>2</sup> para las 15 hrs. Esto es un 48,6 % mayor. Si se calcula la carga para las cocinas con estos valores, se llega a determinar cargas excesivas en los meses de invierno, lo que sumado al efecto de que existe menor radiación solar, el tiempo de ensayo se alarga, corriendo el riesgo de que no sirvan los valores obtenidos por los mismos como elemento de evaluación.

Frente a este problema, se propone considerar para calcular la carga a incorporar a la cocina, el área proyectada horizontal corregida por el coseno del ángulo zenital, de acuerdo a la ecuación 1. La Figura 7 indica los valores resultantes para las mismas condiciones indicadas en la Figura 5, es decir, para la Ciudad de Mendoza, Argentina y para el día 226 del año.

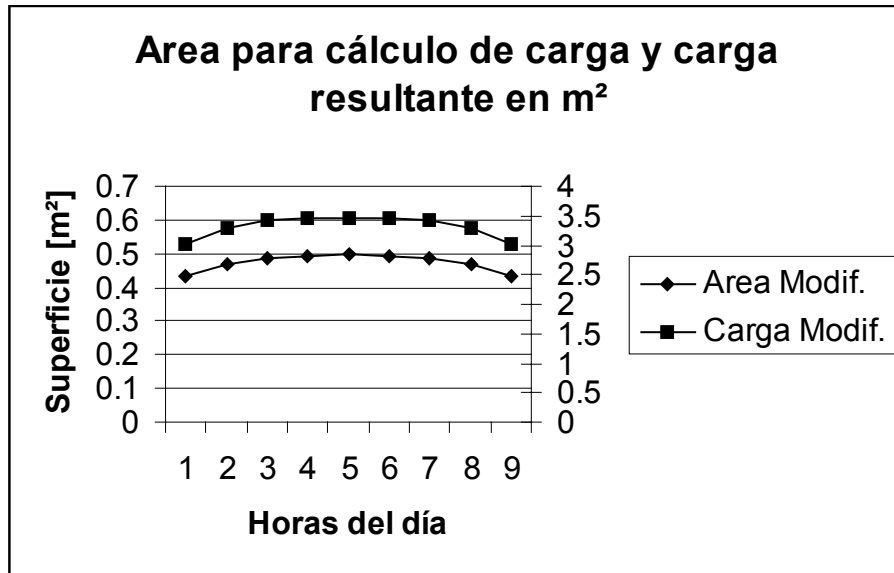


Figura 7: área y carga para la modificación propuesta.

$$\text{Carga} = 7 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{Aph [m}^2\text{]} \cdot \cos \theta [1]$$

Donde: Aph = área proyectada horizontal  
 cos θ = coseno del ángulo zenital

Como se puede observar, la carga resultante no solamente se reduce para cuando la altitud solar se disminuye sino que además permanece muy constante durante varias horas cerca del mediodía solar siempre y cuando se cuente con reorientación frecuente (cada 15' o menos). Por lo tanto, se observa la validez de considerar la carga para el área proyectada en el mediodía solar.

En principio no parece necesario tomar en cuenta en el cálculo de la carga alguna reducción estacional adicional debido a la diferencia de intensidad de radiación solar en los meses de invierno cuando la radiación solar sobre superficie horizontal es mas baja, dado que aparentemente el área también se reduciría por el efecto del coseno del ángulo zenital.

Es interesante destacar que cuando la altitud es 90° es el único ángulo en el cual las áreas proyectada horizontal y el área de apertura son iguales.

## CONCLUSIONES

Se presenta entonces una modificación al método de Funk (2000), que permite obtener con mayor practicidad la energía incidente sobre cualquier tipo de cocina u hornos solar dado que el área proyectada sobre el plano perpendicular al rayo es difícil de obtener cuando la forma de la cocina no es regular. Además este método nos permite obtener la energía incidente sobre cada cocina solar, cuando se cuenta con solamente un solarímetro.

Por otro lado, al multiplicar el área con el coseno del ángulo zenital, se logra obtener valores de carga equivalentes a los ensayos propuestos por Funk, de este modo, se universaliza el método y podrán realizarse comparaciones equivalentes para las distintas épocas del año en que la altitud solar nos sea equivalente.

## ABSTRACT

A suitable method for solar energy determination that strike in solar cookers in order to know its effective power is presented in this paper. This include horizontal projected surface area in order to obtain solar energy that strike in different solar cookers and when we have only one solarimeter. In addition we indicate another correction for obtain proper load of solar cooking in different time or the year in order to use equivalent load used by another specialist. This is important when it is necessary to take in consideration the universality of the method.

## REFERENCIAS

Castel M.E., Finck Pastrana A., Collares Pereira M., Vasquez L., Esteves A. (1999a). Propuesta de procedimiento para la evaluación del comportamiento térmico de cocinas y hornos solares. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 3, N° 2, 08.129-132.

Castel M.E., Finck Pastrana A., Collares Pereira M., Vasquez L., Esteves A. (1999b). Propuestas de procedimiento para la evaluación de las características físicas, ergométricas, de seguridad, de calidad de materiales y de mantenimiento de cocinas y hornos solares. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 3, N° 2, pp.08-133-136.

Funk Paul A. (2000). Evaluating the international standard procedure for testing solar cookers and reporting performance. *Solar Energy* Vol. 68, N° 1, pp. 1-7.