

EL USO DE LA “CAJA CALIENTE ” EN LOS PROCESOS DE COCCION SOLAR Y LAS ALTERNATIVAS PARA SU CALENTAMIENTO

L.R.Saravia¹, C. Cadena², H. Suárez y C. Fernández
INENCO³ : Universidad Nacional de Salta - CONICET
Buenos Aires 177, 4400, Salta, Argentina
Fax : 54-87-255489, E-mail: saravia@ciunsa.edu.ar

RESUMEN

La “ caja caliente ” es un contenedor aislado en el cual se podrá introducir un recipiente para la cocción de alimentos, disponiéndose de un elemento de calentamiento . El recipiente podrá ser una olla para llevar a cabo procesos de cocción por hervido o bandejas que permitan horneados de distinto tipo. Se discuten las ventajas de este tipo de equipo de cocción, las alternativas de calentamiento del mismo y las posibles formas de complementar los distintos tipos de cocción. Se describen y discuten algunos resultados experimentales obtenidos con una caja prototipo capaz de contener una olla de 20 litros resaltando la capacidad de integración de este elemento.

INTRODUCCION.

En lo que sigue se entiende por “ caja caliente ” a un contenedor aislado en el cual se podrá introducir un recipiente para la cocción de alimentos y un sistema de calentamiento. Este podrá estar basado en el uso de energías renovables o no renovables. La aislación permite trabajar con un bajo consumo energético en comparación con los sistemas de cocción convencionales. El recipiente podrá ser una olla para llevar a cabo procesos de cocción por hervido o bandejas que permitan horneados de distinto tipo. La fotografía de la figura 1 muestra un ejemplo de caja caliente con la tapa abierta.

En trabajos anteriores (Saravia et al., 1997, 1998) se propuso el uso de una cocina solar compuesta de concentradores, acumuladores sólidos móviles y una caja caliente diseñada con el fin de facilitar la cocción solar en el caso de requerimientos de volúmenes grandes de comida, como el que ocurre en el caso de escuelas albergues o comedores de centros comunales en regiones aisladas con buena radiación. En este caso la caja caliente fue un recipiente cúbico de 50 cm de lado interno con una tapa en la cara superior y una aislación de lana de vidrio de 5 cm de espesor. La caja fue utilizada para calentar una olla de 20 litros, con un diámetro de 32 cm, y para hornear pan utilizando una estructura con cuatro bandejas. El calentamiento fue provisto por barras de aluminio calentadas a unos 300 ° C en un concentrador, las que se sustituían periódicamente cuando la temperatura de las mismas bajaba a unos 150 °C. Las barras fueron capaces de entregar potencias en el orden de los 1000 vatios a su máxima temperatura.



Fig.1.- Foto de una caja caliente con la tapa abierta mostrando la olla y las barras de aluminio que la calientan.

Las experiencias de cocción realizadas, fundamentalmente en la producción de guisos y pan, han mostrado que la caja caliente en conjunto con distintas fuentes solares, constituye un equipo de cocción versátil, el que puede ser utilizado con las distintas fuentes térmicas de acuerdo a las necesidades de cada alimento y las disponibilidades energéticas, permite trabajar con comodidad y realiza su función con un ahorro de energía importante en comparación con los sistemas convencionales. En este trabajo se discuten las posibilidades de uso de la caja caliente y las experiencias realizadas al respecto.

ASPECTOS CONSTRUCTIVOS DE LA CAJA Y POSIBLES FORMAS DE CALENTAMIENTO

La caja caliente será dimensionada para que contenga tanto a la olla como a los sistemas de calentamiento. En el ejemplo la olla tiene 32 cm de diámetro y 32 cm de altura. Una caja cúbica de 50 cm de lado permite colocar un sistema de calentamiento solar sobre las paredes y un sistema convencional debajo de la olla.

1. Investigador del CONICET,

2. Personal de apoyo del CONICET,

3. Instituto UNSa-CONICET

El tipo de aislación térmica será seleccionado teniendo en cuenta las temperaturas de trabajo. En la mayoría de los casos de hervido y horneado la lana de vidrio, con una temperatura de diseño de 230 °C, resulta ser un material adecuado. El espesor será elegido para que la potencia de pérdida térmica sea baja frente a la que se suministra, usualmente menor al 10% de la misma. En el caso de procesos de hervido, la caja contiene aire saturado y a 100 °C que ataca fácilmente a las paredes del recipiente. El uso de chapa de acero inoxidable adecuado es muy recomendable. En cambio, la chapa de hierro galvanizada es corroída rápidamente

El calentamiento solar de la caja es indirecto. En los trabajos ya mencionados (Saravia et al., 1997, 1998) se recomienda el uso del calor sensible de bloques de aluminio que se mueven manualmente como método de transporte de calor. Los bloques son usados como absorbedores en un concentrador donde se obtienen temperaturas en el orden de los 300 °C, lo que permite una transmisión de calor ágil, tanto en procesos de hervido como de horneado. La experiencia ha mostrado que bloques de menos de un 1 kg de peso son los más cómodos para el transporte. Las figuras 2, 3 y 4 muestran el ejemplo ya mencionado. El espejo es de tipo fresnel con un diámetro de 1.6 m, en el absorbedor se utiliza un cilindro de aluminio de 6,5 kg de peso que ha sido dividido en 10 gajos para formar barras de 650 gr que son de fácil manejo. Al sacarse las barras se colocan en un soporte de 5 unidades cada uno, con una forma de arco de manera que 4 de ellos rodean a la olla completamente. Si se está horneando utilizando bandejas, los soportes se colocan contra la pared y las barras irradian sobre el alimento que se hornea, calentándolo y dorándolo.

En la cocción por hervido se puede entregar calor a la caja virtiendo el agua de cocción previamente calentada en el exterior con otro sistema solar que trabaje a menor temperatura, como puede ser un colector plano o una cocina solar de tipo caja. Existen otras alternativas que no han sido encaradas en este trabajo. Por ejemplo, se han utilizado colectores solares para producir vapor de agua que se introduce en una caja caliente para calentar la comida.

VENTAJAS POTENCIALES DE LA CAJA CALIENTE

A continuación se listan las ventajas potenciales del uso de la caja caliente :

- El proceso de cocción se realiza con un significativo descenso de las pérdidas térmicas hacia el exterior respecto a los métodos que utilizan la olla en contacto directo con el aire ambiente.
- La caja se puede utilizar en una cocina dentro de la vivienda, por lo que la cocción se asemeja mucho más al proceso tradicional, facilitando la adopción del nuevo sistema .
- Es posible integrar diversas fuentes de calentamiento en la misma caja, con lo que se puede aumentar la agilidad de la cocción y trabajar con mejor eficiencia energética.
- Es posible manejar grandes cantidades de comida, como ocurre en el caso de los comedores donde el uso de ollas entre 20 y 40 litros es común. En esos casos la caja permite utilizar la olla en forma estacionaria. Para aportar la energía solar en el caso de cantidades grandes de comida no es necesario instalar un concentrador único de tamaño grande, sino que se pueden utilizar varios mas pequeños, cada uno de los cuales realiza su aporte energético a la caja.

RESULTADOS EXPERIMENTALES DE COLECCIÓN SOLAR EN EL CONCENTRADOR-ACUMULADOR

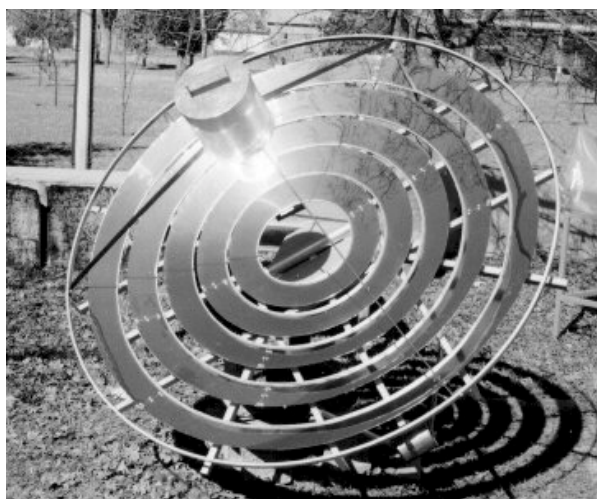


Fig. 2.- Foto de uno de los concentradores de tipo fresnel con absorbedor cilíndrico utilizado en los ensayos.

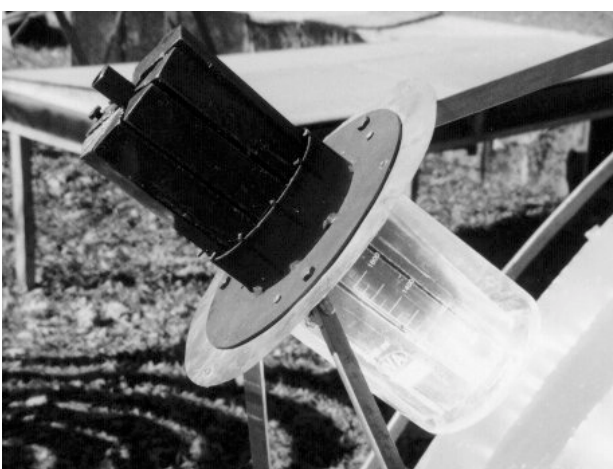


Fig. 3.- Muestra el absorbedor cilíndrico sin la aislación térmica. Se observan las barras de aluminio que lo forman y el vaso de precipitado que cubre la zona irradiada



Fig. 4.- Foto de los soportes utilizados para transportar y colocar 5 barras por vez en la olla. Se aprecia la estructura y una lámina de aluminio reflejante que protege al transportador y disminuye las pérdidas.

Se llevó a cabo una experiencia de calentamiento de agua con un conjunto formado por 3 concentradores de tipo fresnel y una caja caliente con una olla conteniendo 20 litros de agua. Dos de ellos disponen de un absorbedor cilíndrico de aluminio con 6.5 kg de peso cada uno, divididos en 10 barras de 650 gr. El tercero está armado con un absorbedor de geometría plana en el cual se colocan 5 barras con un peso total de 3.25 kg. El plano es normal al eje del concentrador. En la caja caliente se dispone de 4 soportes de 5 barras cada uno que rodean la olla. La experiencia tiene como fin la evaluación del conjunto, en lo que tiene que ver con el comportamiento térmico de los dos tipos de colector-acumulador y con la practicidad del proceso de carga-descarga. En el proceso de calentamiento se van cargando en sucesión el grupo de 5 barras del tercer colector y el grupo de 20 barras de los dos primeros colectores. Esta asimetría no permite aprovechar completamente la energía disponible

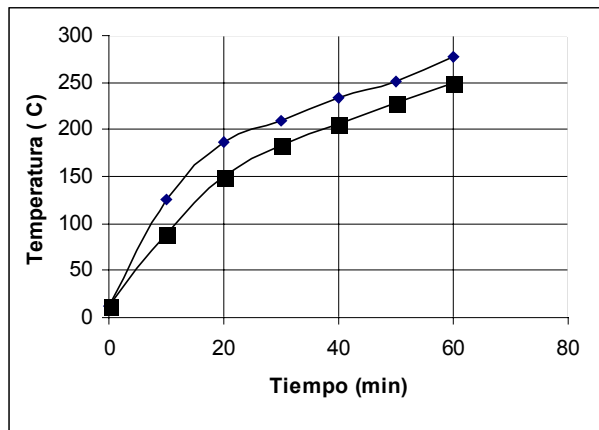


Fig.5. Curva de calentamiento de un absorbedor de 10 barras

en los colectores ya que los tiempos de calentamiento de los dos tipos de colectores es distinto. La figura 5 muestra el proceso de calentamiento de uno de los colectores con absorbedor cilíndrico. El mismo tuvo una duración de 1 hora, al cabo de la cual se interrumió para introducir las barras en la caja. La barra podría haber seguido levantando temperatura, ya que la misma ascendía a un ritmo de unos 25 °C cada 10 minutos en ese momento. Las temperaturas fueron medidas con un termómetro de infrarrojo, para lo cual la barra se extrajo momentáneamente de su cubierta. Se constató un gradiente de temperatura entre la zona que recibe radiación y la que se encuentra bajo la aislación, que es de unos 30 °C, ocasionada por la necesidad de transportar el calor hacia la zona aislada a lo largo de la barra. El valor que se muestra es el de la zona irradiada. Las medidas pueden tener errores de algunos grados ya que el procedimiento se debe hacer rápidamente para evitar en algo las pérdidas térmicas que se producen al extraer la barra. La radiación directa normal al espejo se midió con un solarímetro Licor usando un diafragma para cortar la radiación difusa. Se obtuvo un valor de 940 w/m², prácticamente constante durante la hora de calentamiento. La posición del colector es corregida manualmente cada 10 minutos aproximadamente. La energía solar recibida por la superficie efectiva del colector durante la hora fue de 4.23 MJ, mientras que la energía acumulada en la masa de aluminio fue de 1.67 MJ, lo que da una eficiencia de colección global de 39%. Esta eficiencia comprende las pérdidas de reflexión, las de absorción en la cubierta de vidrio y las pérdidas convectivas y radiativas del acumulador a través de la cubierta de vidrio y la tapa aislada.

La geometría cilíndrica permitió un calentamiento parejo de las 10 barras. Por el contrario, la disposición plana calienta con preferencia la barra central y no existe una transmisión muy efectiva del calor entre la barra central y las periféricas ya que no existe contacto conductivo. Se constataron diferencias de temperaturas de más de 100 °C entre el centro y la periferia. Con esta geometría es preferible utilizar un absorbedor en forma de placa plana única.

El agua en la olla se encuentra algo precalentada al comenzar la experiencia, a 43 °C. La misma llega a hervir, a 96.5 °C, después de haber realizado 3 cambios de 20 barras de los dos primeros colectores y 3 cambios de 5 barras del tercer colector durante un período de algo más de 3 horas. Se midieron las temperaturas de entrada y salida de las barras cuando se retiran de los concentradores. El agua acumuló un total de 4.5 MJ mientras que las barras recibieron 5.7 MJ, lo que indica que el proceso de transporte y de calentamiento del agua en la caja funcionó con un 21% de pérdidas. El error en estas cifras puede ser grande ya que la medida debía realizarse con rapidez para atender la dinámica del proceso de calentamiento.

Se constató que las barras bajaron de temperatura dentro de la caja en alrededor de media hora, mientras que el proceso de calentamiento de las mismas en el colector con 10 barras es del orden de una hora. Ello indica que es necesario mejorar la concordancia entre los dos procesos, aumentando el área de los dos colectores con el absorbedor cilíndrico. El manejo de las barras y de los soportes para su transporte resultó ser sencillo, aunque es necesario diseñar con cuidado una herramienta de extracción y colocación de las barras en los colectores y soportes.

RESULTADOS EXPERIMENTALES DE UN CICLO REAL DE COCCION.

El ensayo experimental descrito anteriormente es bastante diferente de un ciclo real de cocción de una comida, donde los ingredientes que constituyen la misma deben ser colocados en cierto orden y respetando los distintos tiempos de cocción. En este aspecto, el uso de una caja caliente independiente de los colectores simplifica el manejo de la cocción. Se realizaron dos pruebas de cocción real preparando un guiso del tipo usado habitualmente en la zona de la Puna. El mismo contiene 1.5 kg de carne cortada en pedacitos, 0.5 kg de zanahoria, 0.5 kg de cebolla, 1.5 kg de papa, 0.5 kg de zapallo y 0.7 kg de fideos. Se agregó una cantidad de agua que oscila entre 4 y 6 litros. El peso total de comida osciló entre los 10 y 12 kg. Se comienza fritando ligeramente la carne, la cebolla y la zanahoria, se agrega el agua y se calienta el conjunto hasta ebullición, se agrega la papa y zapallo dejando que se cocine por un cierto período de tiempo y finalmente se agregan los fideos esperando a que se cocinen los mismos.

Para fritar la carne y cebollas se utilizó el tercer colector colocando un absorbedor plano constituido por una placa de aluminio de 20 cm x 29 cm de superficie y 2 cm de espesor. La placa se calentó a 300 °C, se retiró del concentrador y se colocó sobre una madera. Algo de aceite y porciones grandes del total de la carne y cebolla se colocan sobre la placa, la que

funciona como una sartén fritando muy bien a los ingredientes. La placa puede ser utilizada por unos 20 minutos hasta que su temperatura baja a unos 170 C, momento en el cual el proceso de fritura se hace muy lento.

El agua se colocó precalentada dentro de la caja. En una primer experiencia se utilizó un colector plano de 2 m² de superficie capaz de contener unos 3 litros de agua dentro de la placa absorbidora. Se calentaron 6 litros en dos tandas, agregándolos a la caja a una temperatura de 80 °C. En una segunda experiencia se usaron dos cocinas solares de tipo caja, con un área de planta en el orden de 50 cm x 60 cm cada una. En las mismas se calentaron 4 litros de agua a unos 85 °C. Estos procesos se realizaron en paralelo con el calentamiento del primer conjunto de barras en los concentradores, de manera que el agua caliente estuviera disponible luego de fritar la carne y cebollas. Este precalentamiento es importante ya que acelera mucho la obtención de las temperaturas de cocción en la caja caliente. En la segunda cocción los fideos también se precalentaron ya que las cocinas solares estaban disponibles mientras las papas se cocinaban dentro de la caja caliente.

En paralelo con estos procesos, las barras fueron calentadas en los dos concentradores de simetría cilíndrica y se fueron colocando en la caja caliente, dando el aporte térmico necesario para mantener el guiso a la temperatura de cocción durante todo el período. La Tabla I muestra un detalle del ciclo de cocción de uno de los guisos preparados indicando los momentos en que se realizó cada acción. El tiempo total de cocción fue de unas 3 horas, requiriéndose algún tiempo previo para preparar los ingredientes y comenzar el calentamiento de barras y agua.

Tabla I.- Ciclo de cocción de un guiso.

TIEMPO	ACCIÓN EJECUTADA
9h 25'	Se colocan 20 barras en los dos colectores con absorbedor cilíndrico
	Se coloca una placa plana para fritado en el tercer concentrador
	Se colocan de 4 a 6 litros de agua en dos cocinas solares de tipo caja
	Se van cortando los ingredientes en pequeños trozos
10h 45'	Se comienza la cocción. Se procede a la fritura de la carne y cebollas
	Se colocan las 20 barras en la caja para calentarla
11h 00'	Se coloca la carne, zanahoria y cebollas en la olla
11h 40'	Se coloca el agua precalentada a 85 C en la olla
12h 05'	Se cambian las 20 barras en la caja
	Se colocan las papas y zapallo a precalentar en las cocinas solares
12h 30'	Se colocan las papas y zapallo en la caja precalentados a 42 C
	Se coloca el fideo para su precalentamiento en una cocina solar
13h 15'	Se coloca el fideo precalentado a 80 C en la caja
13h 40'	El guiso está preparado.

En la caja caliente también se ha encarado el horneado de pan, lográndose obtener el bollo habitualmente producido en las regiones de interés con una buena calidad. El tamaño de la caja ha permitido obtener unos 3 kg de pan por ciclo y con las temperaturas disponibles en la barra se consigue una superficie bien tostada. En este caso el tiempo de horneado es menor que el necesario para un guiso.

CONCLUSIONES

El uso de la caja caliente tiene algunas ventajas que han sido destacadas en las secciones anteriores. La misma da al sistema de cocción una muy buena versatilidad que simplifica el proceso de cocción y permite utilizar distintas opciones de acuerdo a las

particularidades de cada ciclo, tanto en lo que tiene que ver con la comida a cocinar, como con la disponibilidad solar. Esta versatilidad alcanza sus mayores posibilidades si se dispone de los sistemas solares de menor costo, como ser algunas cocinas de tipo caja, con los que se pueden precalentar los elementos. El uso de los concentradores en conjunto con la caja caliente permite encarar procesos de horneado y fritura, alternativas de particular importancia en el caso de los comedores comunitarios. Es la caja caliente la que permite utilizar sistemas solares de baja o de mayor temperatura de acuerdo a los requerimientos. Los ensayos de fritura se realizaron con el concentrador de absorbedor plano. No existe problema en adaptar un absorbedor para encarar la fritura en el colector de simetría cilíndrica.

Los ensayos han mostrado la necesidad de mejorar el dimensionamiento de los colectores en relación con el tamaño de la caja caliente. Las barras transmiten el calor a la olla en menos tiempo del utilizado para calentar las barras en los colectores. Si se aumenta el área de éstos el calentamiento será más rápido permitiendo llegar efectivamente a la preparación de 20 kg de comida, que es el tamaño permitido por la olla, o cocinar en menos tiempo. Los ensayos realizados hasta este momento han sido encarados teniendo como meta la producción de cantidades de comida adecuadas para comedores escolares. El uso de la caja caliente en combinación con un concentrador-acumulador y una cocina de caja también puede resultar interesante para la cocción a nivel familiar, otorgando una flexibilidad de trabajo que puede hacer más atractivos a estos sistemas

REFERENCIAS

- L. R. Saravia, C. Cadena, R. Caso y C. Fernández, *El uso de un acumulador sólido y móvil en una cocina solar con concentrador*. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 1, No. 1, pp 69-72, 1997.
- L. R. Saravia, C. Cadena, C. Fernández y H. Suárez, *El diseño de cocinas solares comunales con concentrador y acumulador sólido móvil*. Avances en Energías Rrenovables y Medio Ambiente, Vol 2, No. 1, p. 02.53, 1998.