

# TECNOLOGÍA SOLAR APLICADA A LA INDUSTRIA DE LOS ALIMENTOS EN LA REGIÓN AREQUIPA

**Ing. Gustavo Pacheco**

**Ing. Percy Gutiérrez Salas**

## **RESÚMEN**

Se diseñó y construyó un horno o cocina solar colector de energía solar de baja potencia que permitió alcanzar una temperatura interior de 110°C mediante espejos reflectores permitiendo aplicarlo en procesos de la industria alimentaria de pasteurización, fermentación, calentamiento y escaldado de productos vegetales y cárnicos como alternativa energética renovable y, por consecuencia sustentable del medio ambiente.

Los resultados experimentales obtenidos establecer prioritariamente la necesidad de realizar intensa labor de investigación para aplicación de la energía solar térmica como alternativa inmediata e intensiva al campo industrial y doméstico en directo compromiso con la preservación del medio ambiente.

## **ABSTRACT**

Designed and built an oven or solar kitchen colector of solar energy of low power that allowed to achieve an inner temperature of 110°C by means of mirrors **reflectores** allowing apply it in processes of the alimentary industry of pasteurization, fermentation, warming and **scalded** of vegetal and meats products and renewable energetic alternative and, by consequence **sustainable** of the means **ambient**.

The experimental results obtained establish first the need to realize intense labor of investigation for application of the solar energy thermal like immediate and intensive alternative to the industrial and domestic field in direct commitment with the **preservation** of the means **ambient**.

Palabras clave: Energía solar térmica, cocinas solares, hornos solares.

Key words: Thermal solar energy, solar cookings,

## **INTRODUCCIÓN**

El objetivo del presente desarrollo experimental es utilizar un concentrador solar en forma de cocina u horno solar de baja concentración, con el que se puede lograr temperaturas del orden de 110°C lo que permite su aplicación como fuente de energía térmica para distintos procesos productivos de la industria alimentaria.

Dentro de la tecnología alimentaria muchos procesos requieren de temperaturas no mayores a 130°C, suficiente para realizar procesos de calentamiento de agua, escaldado de vegetales y de productos cárnicos, pasteurización y fermentación de quesos y yogures, secado de frutas y hortalizas y otras aplicaciones.

Para realizar el trabajo experimental se ha diseñado y construido una cocina solar del tipo concentrador en base a espejos reflectores planos con lo que se ha logrado temperaturas de 110°C suficiente para aplicarlo a pasteurización y fermentación en queso y yogurt, pasteurización en la elaboración de néctares y en destilado de mostos.

Este trabajo es el paso inicial en el desarrollo de equipos y tecnología para el aprovechamiento de energía solar como fuente de energía térmica en nuestra universidad. El uso de energía solar como fuente de energía renovable justifica plenamente la implementación de un Instituto de Energía Solar en la Universidad Católica Santa María para asumir el desarrollo de investigación e innovación tecnológica en esta área de creciente desarrollo en la actualidad.

## **MATERIALES Y MÉTODOS.**

### **Cálculo de diseño**

#### **a) La inclinación de los espejos**

Se hace en función de la Latitud geográfica del lugar donde va a operar la cocina solar.

Angulo de Inclinación = Latitud + 10° (Revisar: es +15°)

Basado en la ecuación anterior se procede al cálculo para Arequipa

Latitud Sur Arequipa = 16° 23'55''

Angulo Inclinación, respecto a la vertical de los espejos

$$= 90 - (17^\circ + 10^\circ) = 63^\circ$$

Este ángulo se ha establecido con el objeto de que al incidir en el extremo del espejo el rayo de luz solar su rebote alcance el límite opuesto del vidrio del colector solar.

### **b) El espesor de aislamiento**

Se ha establecido en base a la ecuación de intercambio de calor en la perspectiva de limitar las pérdidas de calor a un rango del 12 al 15 % de calor total incidente.

$$Q = U \cdot A \cdot (\Delta T)$$

U=coeficiente global de Transferencia de calor

A== Area de Transferencia de calor

( $\Delta T$ ) = Diferencial de Temperatura

La inversa de transferencia de calor es la resistividad 1/U

$$1/U = (1/h_1) + (\sum e/k) + (1/h_2)$$

h1 coeficiente de transferencia de calor por conveccion desde el aire a la pared en el sitio caliente (kca/m2hr °C)

h2= coeficiente de transferencia de calor por conveccion desde el aire a la pared en el sitio frío (kcal/m2hr °C)

$\sum e/k$  = Sumatoria de espesores de las capas /Coeficiente de conductividad térmica de cualquier capa en la estructura (metros/Kcal./metro hora °C)

$$1/U = (1/25) + (0.008/0.90 + 0.05/0.043 + 0.05/0.045 + 0.001/9.53) + (1/15)$$

$$1/U = 2.3896$$

$$U = 0.419 \text{ Kcal./m}^2 \text{ hr } ^\circ\text{C}$$

Las pérdidas de calor son (los lados tienen 0.6 m y son 04)

$$Q_{\text{perd}} = 0.419 \text{ kcal/m}^2 \text{ hr } ^\circ\text{C} (0.60 \cdot 0.60 \cdot 4) \text{ m}^2 (120-20)^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{perd}} = 60.336 \text{ kcal/hr}$$

$$Q_{\text{ingresa Sol}} = 4860 \text{ kcal/10 hr m}^2 = 486 \text{ kcal/hr m}^2 \text{ (valor estimado)}$$

Considerando el calor por solo 1 m<sup>2</sup>

Estimación del % del calor perdido:

$$Q_{\text{perdido}} = (60.336/486) 100 = 12.415 \%$$

**c) Aislantes térmicos** : Lana de vidrio para la zona interior y poliestireno expandido para la parte externa.

Características de aislantes	Espesor	Coef. Conductividad Térmica
* Lana de vidrio(no funde)	0.05 m	0.045 kcal/m hr °C
* Poliestireno expandido	0.05 m	0.043 kcal/m hr °C

**d) Orientación solar:**

dirección Norte-Sur , mirando los espejos hacia el norte geográfico: se logra la mayor recepción en condiciones fijas.

**Descripción del Equipo**

**Horno o cocina solar.**

Consta de una caja aislada térmicamente con material aislante de 10 cm de espesor dentro de la cual ingresan los rayos de Sol reflejados por espejos planos dispuestos en un entorno cuadrado de 50 cm de lado. Este colector de espejos planos está orientado hacia el Norte con una inclinación de 27° respecto a la horizontal (Latitud de Arequipa más 10°), con el objeto de captar mayor incidencia solar en posición fija. (use 31°, mejora en invierno)

La superficie de ingreso de rayos solares al horno está cubierta por una doble cubierta de vidrio, separadas 0,5 cm, para reducir las pérdidas de calor desde el interior de la caja.

La cocina solar construida tiene las siguientes dimensiones:

- \* Base de la cocina : Largo interior 50 cm. ; Ancho interior 50 cm.
- \* Altura máxima 40 cm.
- \* Altura mínima 15 cm.
- \* Espesor de paredes con aislamiento: 10 cm.
- \* Dimensiones de espejos: 4 espejos de 50 x 50 cm. y 4 espejos triangulares en esquinas

\* Temperatura alcanzada : 110 °C.

\* Material de construcción:

- Material interior: plancha de Fe galvanizado de 1 mm de espesor
- Material exterior: plancha de Fe galvanizado de 0.4 mm de espesor
- Material de estructura soporte: madera
- Material de aislamiento térmico 5 cm de lana de vidrio mas 5 cm de tecnoport

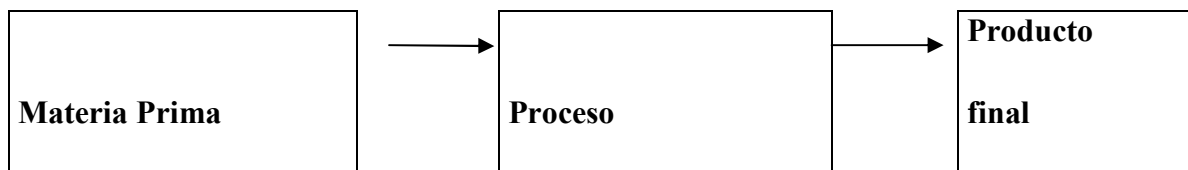


Figura 1. Vista frontal de la cocina solar



Figura 2. Vista posterior y acceso a la caja térmica

## METODOLOGIA



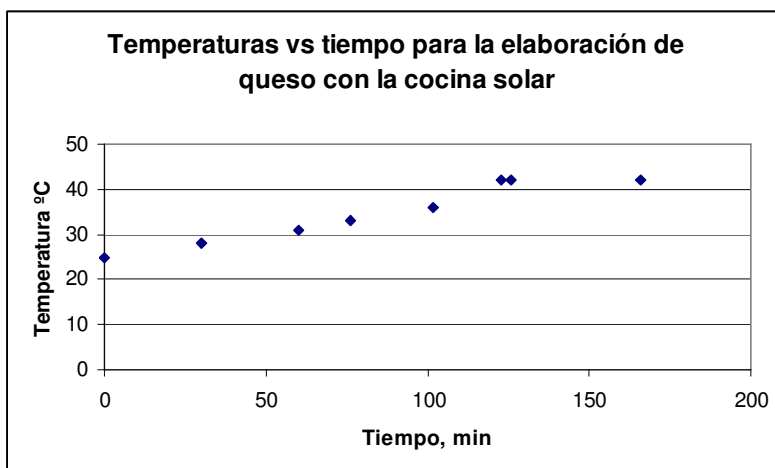
<b>Variables</b>	<b>Variables</b>	<b>Variables</b>
Parámetros químicos	Transferencia Térmica	Prueba de Aceptación (Análisis sensorial)
Parámetros Físicos	Tiempo	Análisis químico Proximal
Parametos Microbiológicos	Temperatura	Análisis Microbiológico

. Las condiciones de operación de la cocina solar se establecen según el proceso respectivo: producción de queso, producción de yogurt, de néctar

## RESULTADOS.

Tabla nº 1. Temperaturas vs tiempo para la elaboración de queso con la cocina solar

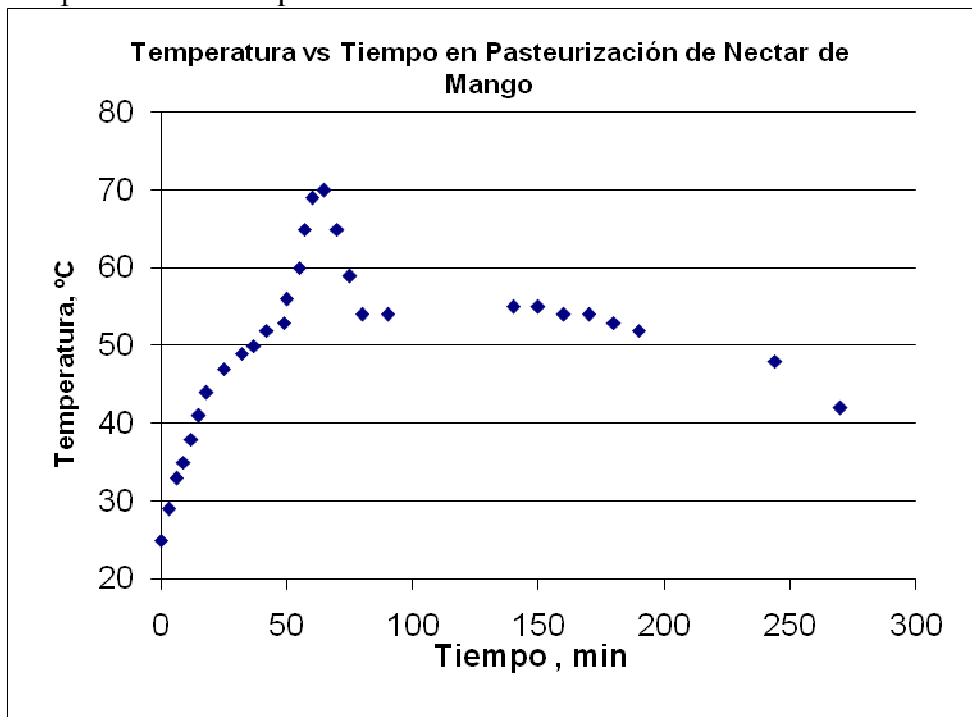
Tiempos horarios	T° de la leche
0 minutos (11:00 a.m)	25°C
30 minutos (11.30 a.m)	28°C
60 minutos (12:00 a.m)	31°C
76 minutos (12:16 a.m)	33°C
102 minutos (12:42 a.m)	36°C
123 minutos (1:03 a.m)	42°C
126 minutos (1:05 a.m)	42°C
166 minutos (1:45 a.m)	42°C



- A la 1:05 se agrego el cuajo a la leche la cual esta se cubrió para formar una cámara la cual pueda mantener la temperatura y así pudiendo hacer la cuajada de la leche.
- A la 1:45 la leche estaba cuajada con suero alrededor donde sacamos la leche de la cocina solar para el previo prensado y elaboración de queso.

Tabla Nº 2. Seguimiento Temperatura vs Tiempo en Pasteurización Envases de Néctar

Tiempo, min	Temperat, °C
0	25
3	29
6	33
9	35
12	38
15	41
18	44
25	47
32	49
37	50
42	52
49	53
50	56
55	60
57	65
60	69



65	70
70	65
75	59
80	54
90	54
140	55
150	55
160	54
170	54
180	53
190	52
244	48
270	42

Para el caso presente los datos de temperatura obtenidos nos indican el comportamiento de la misma a través del tiempo, sin embargo para operar la pasteurización se procede luego de permanecer el tiempo idóneo a 65°C-70°C a un enfriamiento rápido para evitar la ZPT (Zona de Peligro de Temperatura que se da entre 4-60°C)



## **DISCUSIONES**

- \* El proyecto pretende evaluar la aplicación de la energía solar en los procesos de elaboración de alimentos
- \* Existe antecedentes de aplicación en varias partes del mundo con éxito
- \* La innovación radica en la evaluación de la aplicación de la energía solar en la región Arequipa y proceder a la transferencia tecnológica en los ámbitos productivos de la región como Majes, La Joya y campiña arequipeña...La experiencia fue llevada a cabo en el mes de diciembre del 2008
- \* Los elevados índices de radiación solar media mensual que oscilan de 4635 a 7771 W/m<sup>2</sup> (Estación MAP La Pampilla) unidos a las horas de sol media mensual que alcanzan hasta 11 horas en el mes de noviembre favorecen significativamente el aprovechamiento de la energía solar en la región de Arequipa.

\* En términos generales las aplicaciones de la energía solar en la industria como fuente de energía térmica se dirigen a:

- Calentamiento de agua para piscinas
- Calefacción
- Secado
- Calentamiento en aplicaciones industriales
- Desaladoras
- Sistemas de refrigeración
- Arquitectura bioclimática
- Conversión termodinámica: centrales solares.

\* En lo referente a impacto ambiental, la energía solar es renovable, inagotable, limpia y respetuosa con el medio ambiente. Contribuye a la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> y otros gases de efecto invernadero, ayudando a cumplir con los acuerdos adoptados en el Protocolo de Kioto.

## REFERENCIAS.

- Página en Internet de Solar Cookers International: <http://solarcooking.org/plans.htm>
- RINCÓN, E. Y F. OSORIO. «Los hornos y los comales solares Tolokatsin». *Memorias XXVI Semana Nacional de Energía Solar*, 11-15 noviembre, Chetumal, pp. 269-276, ANES, México, 2002.
- RINCÓN, E. Y F. OSORIO. «A Novel Solar Hot-Plate for Cooking». *Proceedings of ISES Millennium Solar Forum 2000*, 17-21 Sep. pp. 211-214, ISES-ANES, México, 2000.
- RINCÓN, E., *et al.* «El nuevo comal solar Tolokatsin II». *Libro de Actas del XII Congreso Ibérico y VII Congreso Iberoamericano de Energía Solar*, 14-18 sep., pp. 613-618, AEES, Vigo, España, 2004.
- RINCÓN, E. *et al.* «El aprovechamiento de las fuentes renovables de energía en los desarrollos turísticos del Caribe». *Memoria XXIX Semana Nacional de Energía Solar*, 4-8 oct., Tuxtla Gtz, ANES, México, 2005.
- LENTZ, A. Y E. RINCÓN. «Experiencias en cocción de alimentos con una estufa solar tipo CMC». *Memoria XXX Semana Nacional de Energía Solar*, Veracruz, 4-8 oct., 2006. (En prensa).
- ESTRADA, V. Y R. ALMANZA. *Irradiaciones global, directa y difusa en superficies horizontales e inclinadas, así como irradiación directa normal para la República Mexicana*. Series del Instituto de Ingeniería, Investigación y Desarrollo SID/646, UNAM, México, 2005.