



RENIECYT - LATINDEX - Research Gate - DULCINEA - CLASE - Sudoc - HISPANA - SHERPA UNIVERSIA - E-Revistas - Google Scholar
DOI - REDIB - Mendeley - DIALNET - ROAD - ORCID

Title: Estudio experimental del rendimiento térmico de un colector solar de tubos
evacuados para calentar aire de secado

Authors: FLORES-MONTIJO, Noe A. y CABANILLAS-LOPEZ, Rafael E.

Editorial label ECORFAN: 607-8695
BCIERMMI Control Number: 2019-260
BCIERMMI Classification (2019): 241019-260

Pages: 11
RNA: 03-2010-032610115700-14

ECORFAN-México, S.C.
143 – 50 Itzopan Street
La Florida, Ecatepec Municipality
Mexico State, 55120 Zipcode
Phone: +52 1 55 6159 2296
Skype: ecorfan-mexico.s.c.
E-mail: contacto@ecorfan.org
Facebook: ECORFAN-México S. C.
Twitter: @EcorfanC

www.ecorfan.org

Holdings		
Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua

Introducción

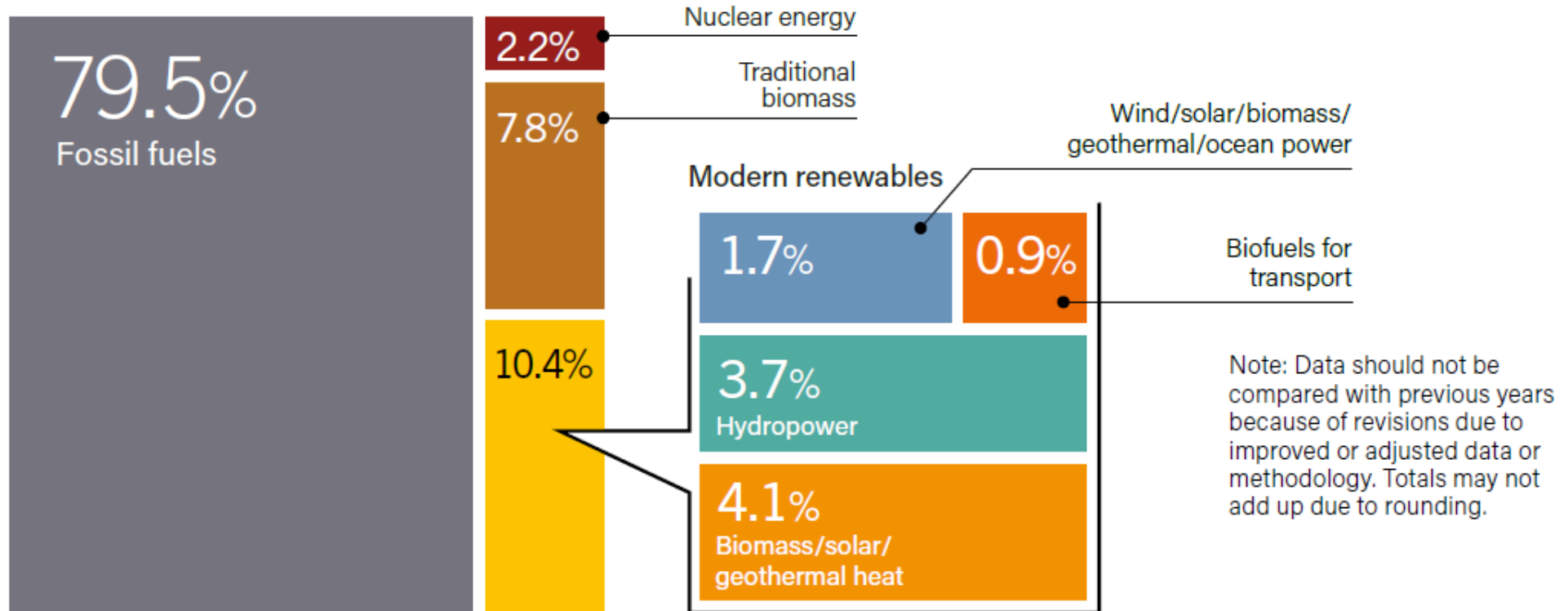


Fig. 1. Porcentaje estimado de energía renovable en el consumo total final de energía (REN21, 2017).

Introducción

Secado

El secado es una de las prácticas más utilizadas para la preservación de alimentos y de cultivos agrícolas.

Esto ha sido realizado particularmente mediante energía solar por secado al aire libre bajo cielo abierto.

El término secado solar es aplicado cuando se utiliza algún equipo para aprovechar de mejor manera la radiación solar y destinarla a alguna aplicación en específico (Sharma 2008).



Fig. 2. *Secado libre al sol.*

Introducción

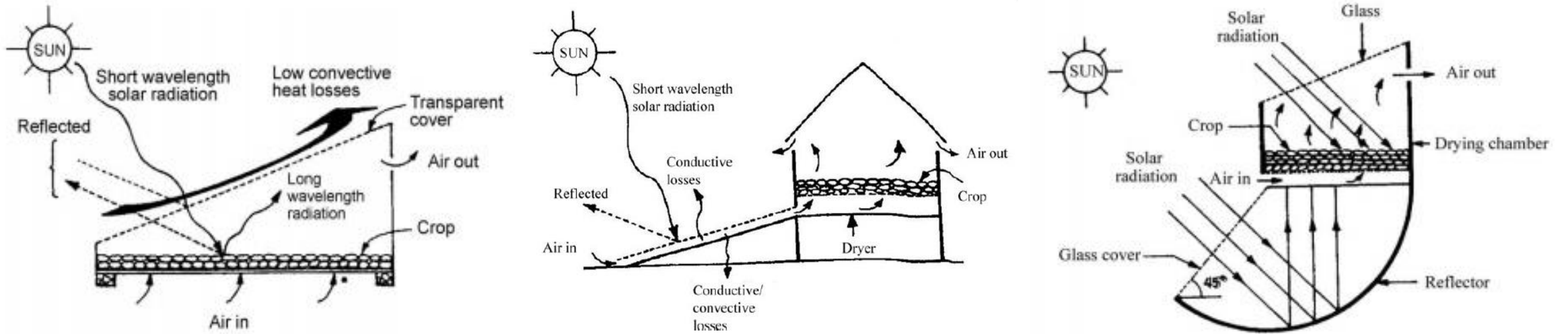


Fig.3. Principio de trabajo de los secadores solares directo, indirecto y mixto (Sharma, 2008).

De acuerdo a la forma en que se reciben los rayos del sol se clasifican en:

- Secadores solares directos
- Secadores solares indirectos
- Secadores mixtos
- Secadores solares híbridos (Fudholi, 2009).

En la industria del secado de alimentos y cultivos la temperatura de secado (Sharma, 1993).

Reeb muestra que para el secado de madera se tienen condiciones de secado entre 80 y 115 °C (1997).

Fig. 4. Tubo evacuado.

Los tubos evacuados son colectores de media temperatura.

Tienen la capacidad de llegar a temperaturas de 200°C.

Tienen eficiencias entre el 50% y 60%.

Metodología

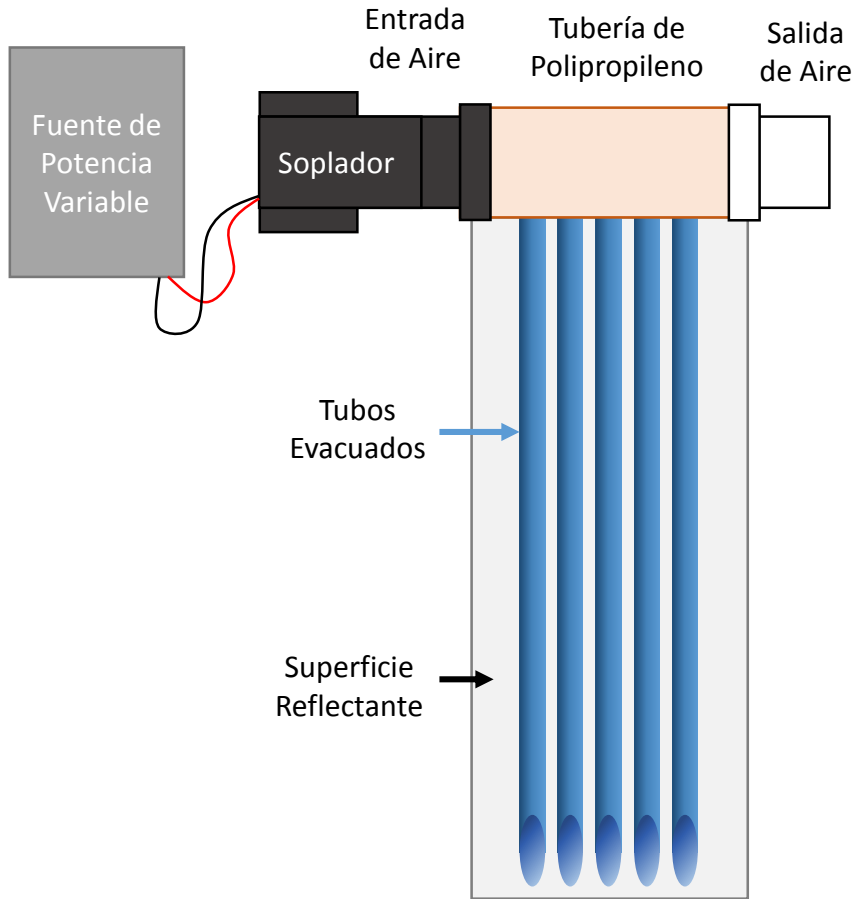


Fig. 5. Esquema del colector con los sensores de medición.

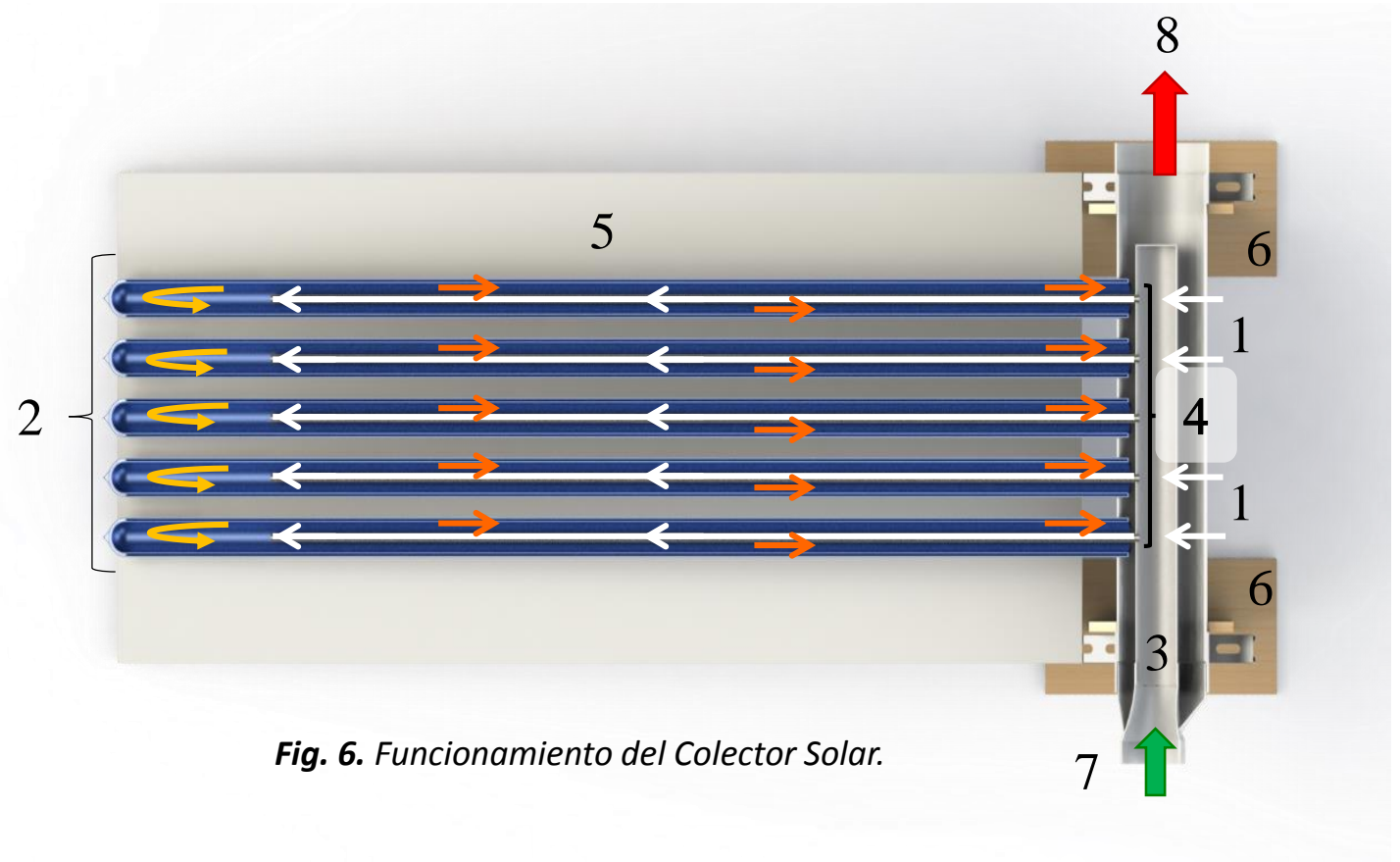


Fig. 6. Funcionamiento del Colector Solar.

Diseño del secador:

- | | | | |
|----|------------------------|----|------------------------|
| 1. | Tubo de polipropileno | 5. | Superficie reflectante |
| 2. | Tubos evacuados | 6. | Soportes de madera |
| 3. | Tubo Acero | 7. | Entrada de aire |
| 4. | Tubos de pared delgada | 8. | Salida de aire |

Metodología

Instrumentos de Medición:

- Temperatura del aire de entrada y de salida: Termopares tipo K
- Intensidad de la radiación solar: Piranómetro CMP11
- Flujo de aire: Anemómetro de alambre caliente Extech
- Se contó con adquirentes de datos Campbell Scientific CR1000



Fig. 9. Anemómetro de alambre caliente Extech 407119A.



Fig. 7. Termopar tipo K.



Fig. 8. Piranómetro Campbell Scientific CMP11.

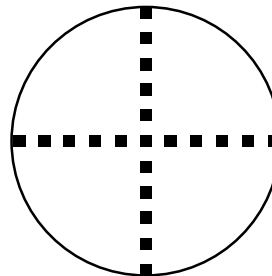


Fig. 10. Puntos de medición de velocidad del aire en la sección transversal de la tubería del colector.

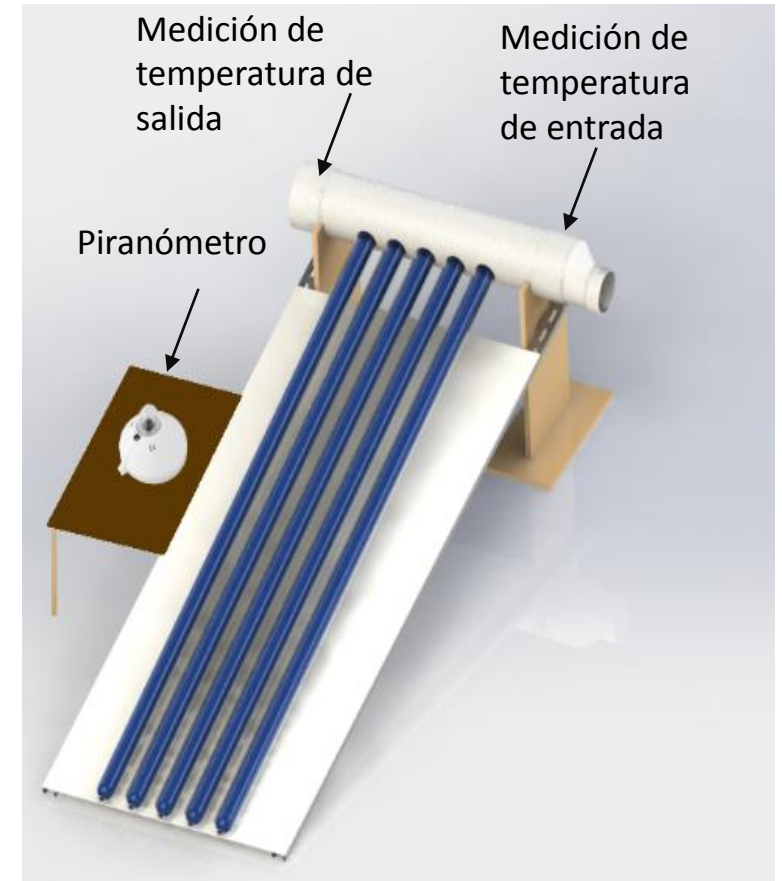


Fig. 11. Esquema del colector solar de tubos evacuados mostrando la posición de los sensores de radiación y temperatura.

Metodología

Calculo de Parámetros de Evaluación

La primera parte fue calcular el calor instantáneo:

$$Q = mC_p\Delta T \quad (1)$$

Donde:

m = flujo másico (kg/s)

ΔT = Diferencia de temperatura de salida y entrada (°C)

C_p = calor específico (J/kg K)

Q = flujo de calor (J/s)

Para obtener el calor total se integró la ec. (1):

$$Q_u = \int_{t_1}^{t_2} Q dt \quad (2)$$

Para la energía total recibida:

$$E = \int_{t_1}^{t_2} I A dt \quad (3)$$

Donde:

E = Energía total recibida (J)

I = Irradiación recibida (J/m²)

A = Área (m²)

La eficiencia se calculó de la siguiente forma:

$$\eta = \frac{Q_u}{E} \times 100 \quad (4)$$

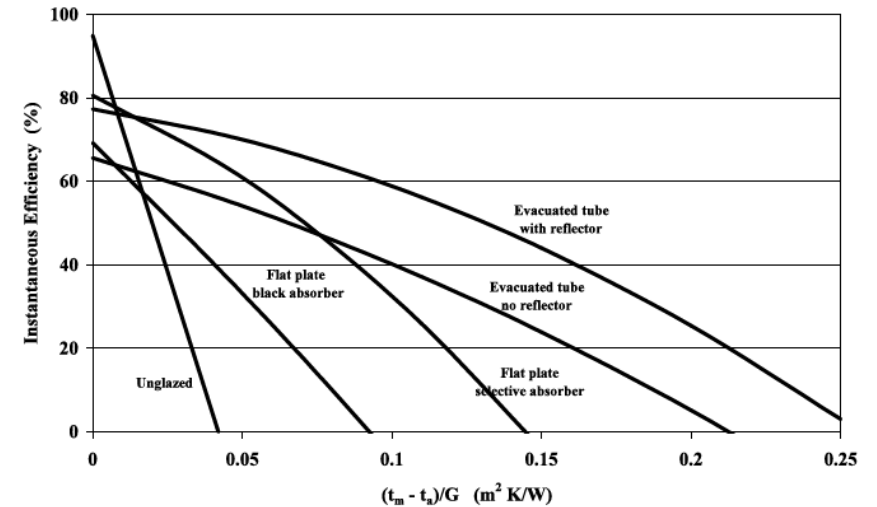


Gráfico 1. Curvas de eficiencia instantánea para varios tipos de colectores solares (MPMSAA, 2009)

Correlación para la eficiencia instantánea del colector (Genersys, 2003):

$$\eta' = \eta_0 - a_1 T_r - a_2 T_r^2 \quad (5)$$

Donde:

η_0 = eficiencia sin pérdidas de calor

T_a = temperatura ambiente

a_1, a_2 describen las pérdidas de calor

T_r = Temperatura reducida = $\frac{T_m - T_a}{I}$

T_m = Temperatura media = $\frac{T_{in} + T_{out}}{2}$

Resultados

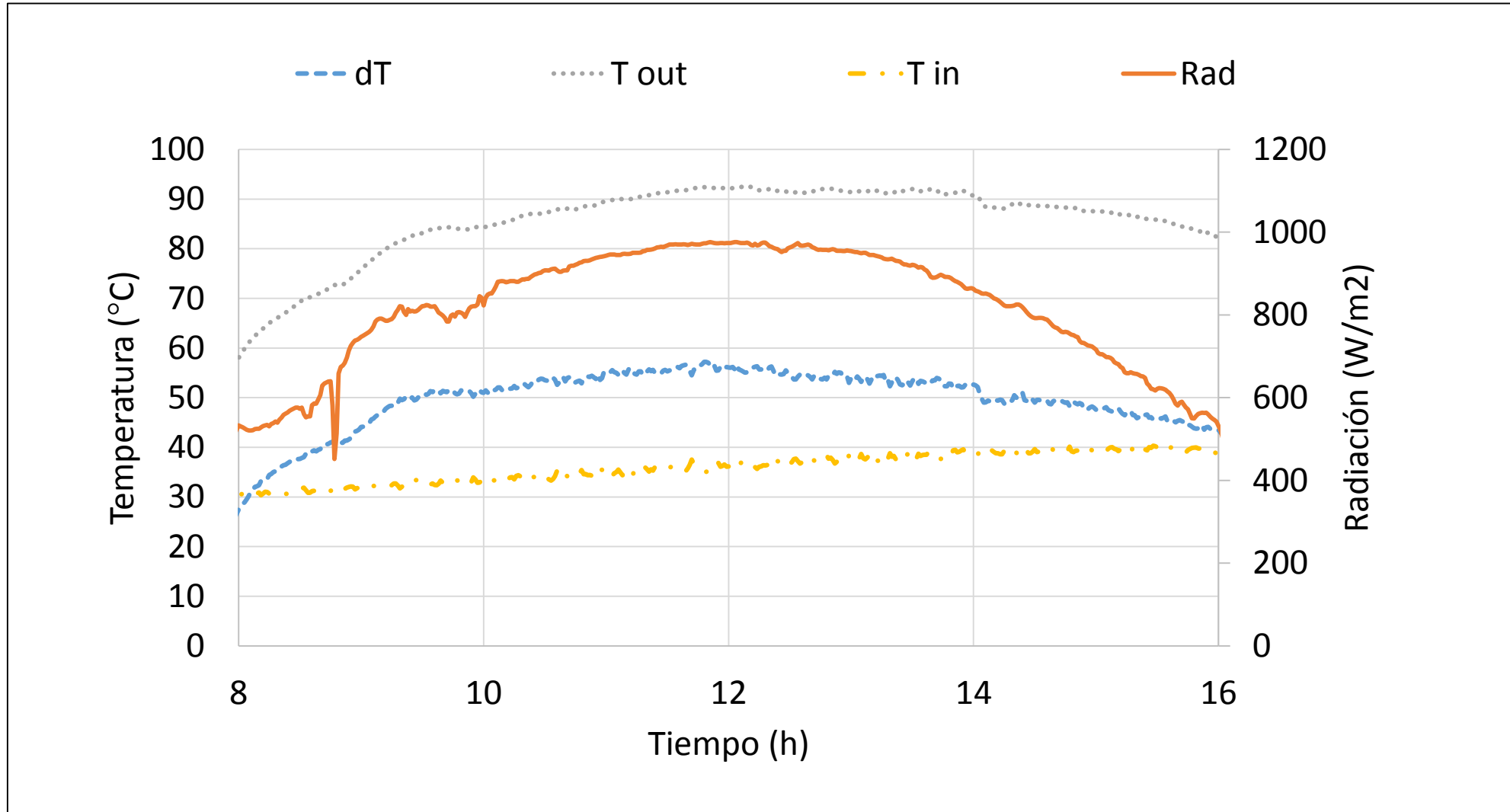


Gráfico 2. Temperaturas de entrada, de salida, diferencia de temperaturas e irradiancia con un flujo de 12.7 kg/h.

Resultados

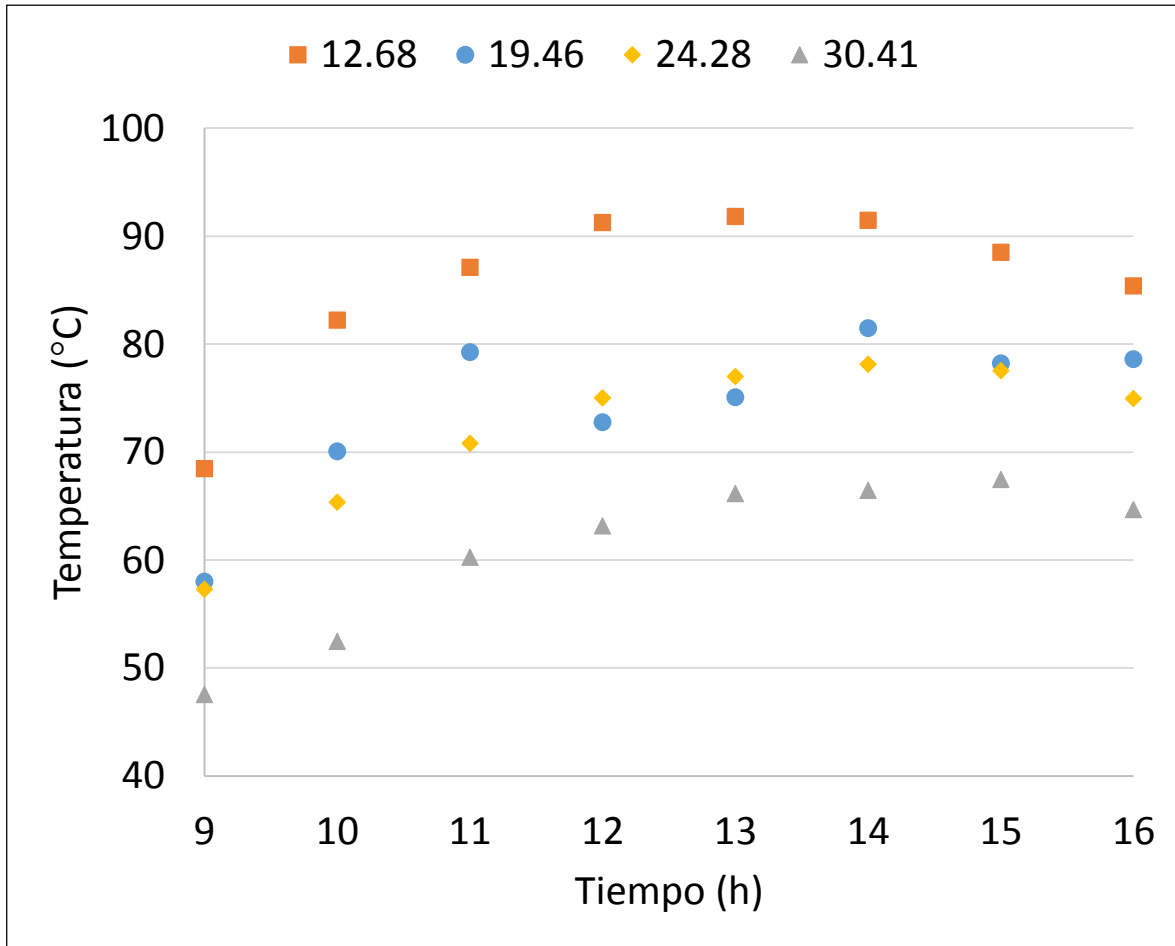


Gráfico 3. Temperatura de salida a diferentes flujos másicos (kg/h) variando con el paso del tiempo.

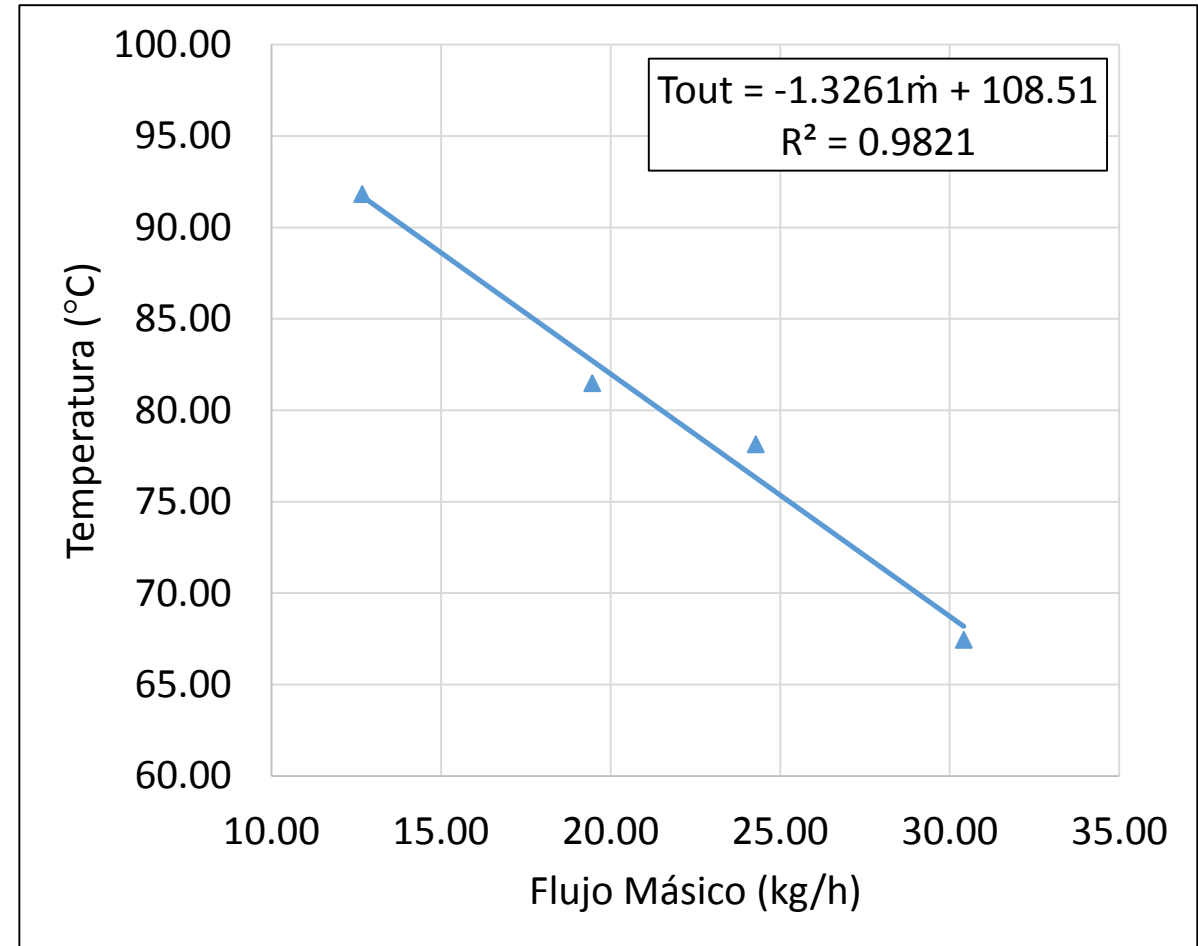


Gráfico 4. Temperatura máxima de salida al variar el flujo másico.

Resultados

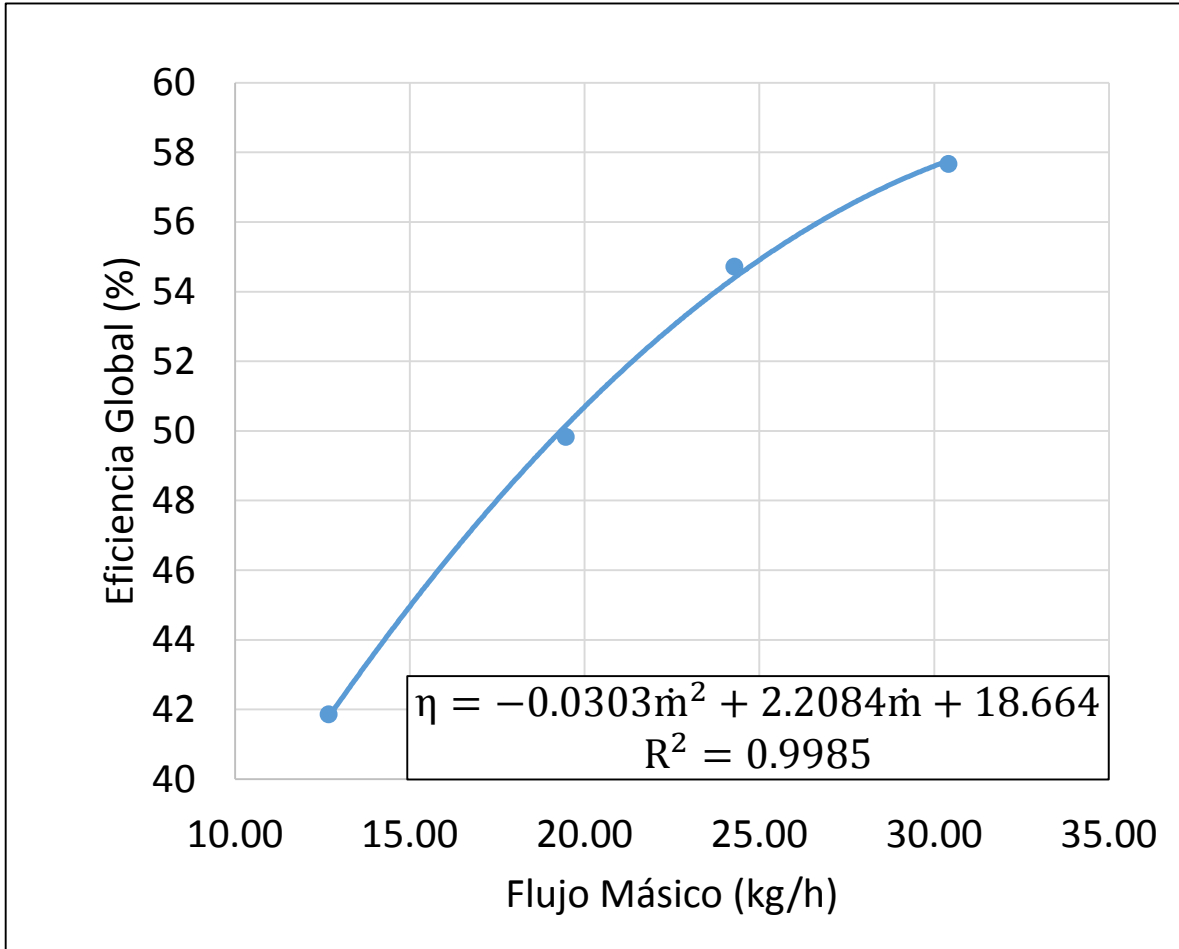


Gráfico 6. Eficiencia global de acuerdo con el flujo másico.
Flujo = 30 kg/h
Eficiencia = 58.8%

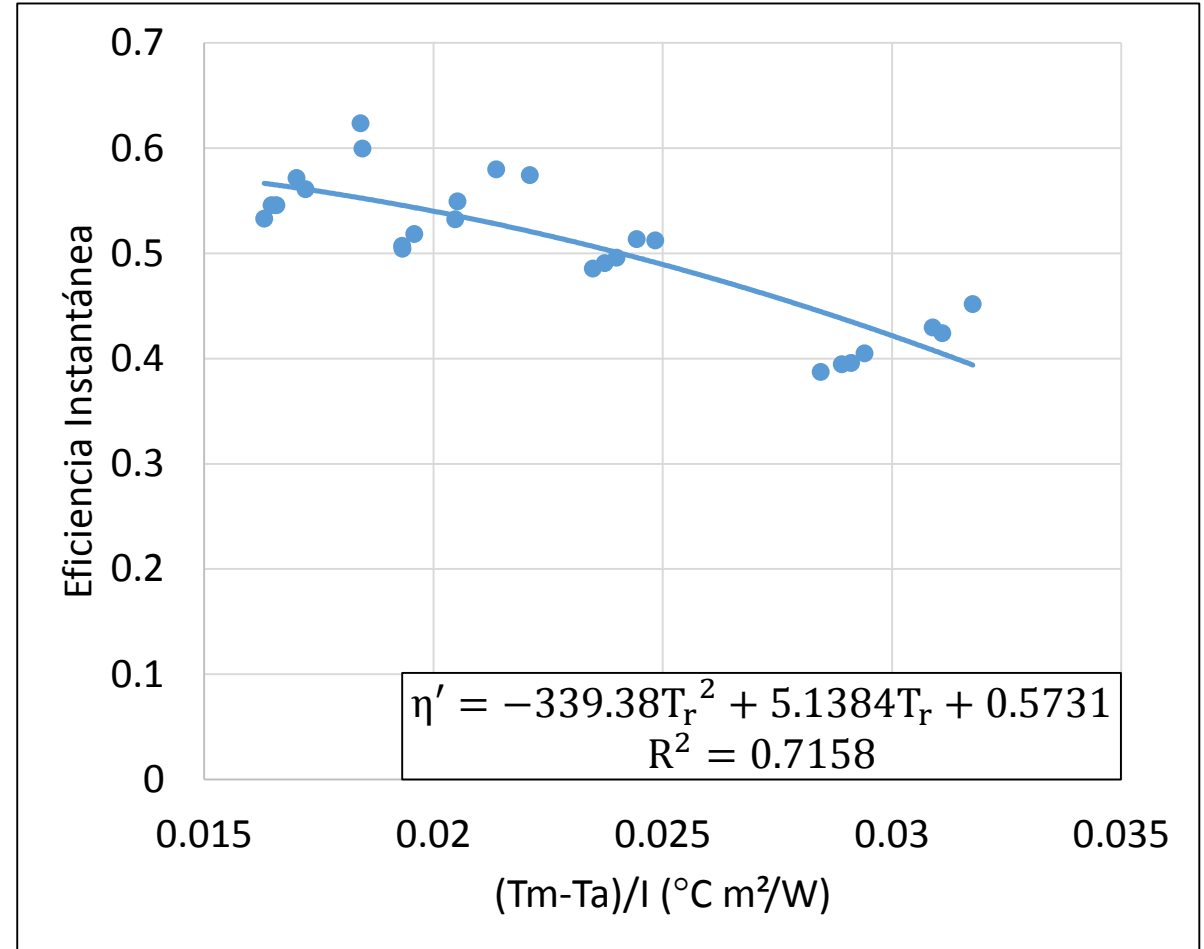


Gráfico 7. Eficiencia instantánea de acuerdo con las variaciones ambientales y de radiación.
Eficiencia = 57.3%

Conclusiones

- Se construyó y se analizó el rendimiento térmico de un colector solar de tubos evacuados para calentar aire presentando buenos resultados.
- Este sistema tiene el potencial de calentar una cantidad considerable de aire a temperaturas elevadas:
 - Flujos altos puede aumentar la temperatura hasta **65°C (30 kg/h)**
 - Flujos bajos se puede llegar hasta los **90°C (12 kg/h)**
 - Posibilidades de superar los **100°C**
- El comportamiento **lineal** observado para la temperatura de salida permite implementar un control sencillo manipulando el flujo másico
$$T_{\text{out}} = 108.51 - 1.3261\dot{m}$$
- Presenta eficiencias entre 50% y 60% (**57%**)

Referencias

- Fudholi, A., Sopian, K., Ruslan, M.H., Alghoul, M.A., y Sulaiman M.Y. (2009). Review of solar dryers for agricultural and marine products, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 14, No. 1, p.1-15.
- Genersys, P. (2003). Collector test according to EN 12975-1,2. Freiburg.
- MPMSAA, S. (2009). Large Scale Solar Thermal Systems Design Handbook.
- Reeb, J.E. (1997). Drying Wood, Cooperative Extension Service, University of Kentucky, p. 1-5.
- REN21. (2017). Renewables 2017 Global Status Report. Paris: REN21.
- Sharma, A., Chen, C.R., y Vu Lan, N. (2008). Solar-energy drying systems: A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 13, No. 6, p. 1185-1190.



ECORFAN®

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- (www.ecorfan.org/ booklets)