



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

**Title:** Estudio teórico-experimental de la transferencia de calor en el tubo receptor de un colector solar de canal parabólico

**Authors:** VALENCIA-VEGA, Gustavo A., MONTIEL-GONZÁLEZ, Moisés, ROMERO-DOMÍNGUEZ, Rosenberg J. y ALVARADO-JUÁREZ, Roberto.

Editorial label ECORFAN: 607-8695

BCIERMMI Control Number: 2019-277

BCIERMMI Classification (2019): 241019-277

Pages: 10

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](http://www.ecorfan.org)

**Holdings**

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

# Introducción

## Tecnologías termosolares con y sin CS

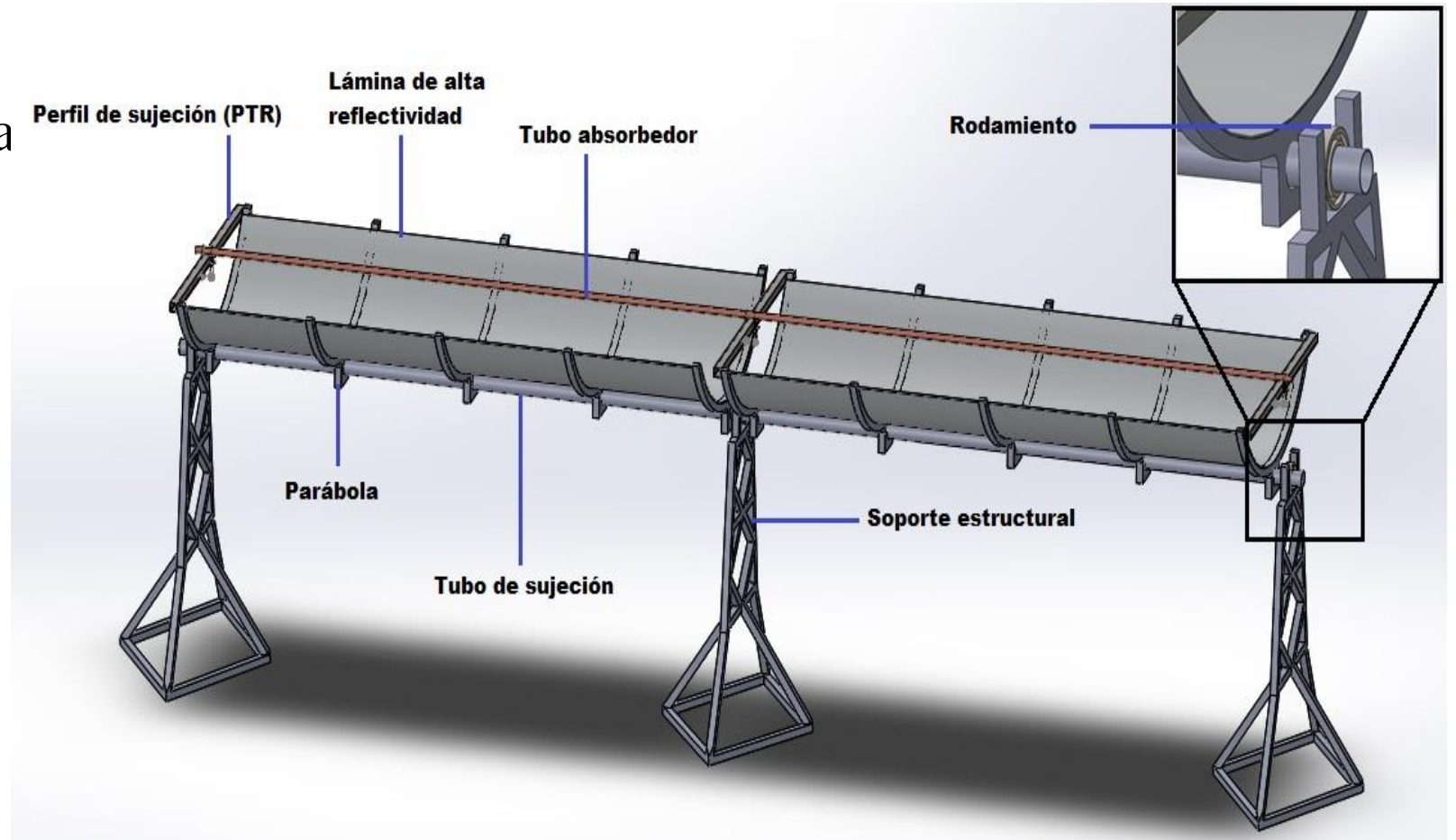


	Concentración (Soles)	Temperatura (°C)	Seguimiento
Plano	$C = 1$	$30 < T < 80$	Estacionario
Tubo evacuado	$C < 1$	$50 < T < 190$	Estacionario
CPC	$1 < C < 15$	$70 < T < 290$	Est. ó un eje
Reflectores Fresnel	$15 < C < 80$	$60 < T < 290$	Un eje
Canal parabólico	$15 < C < 80$	$70 < T < 400$	Un eje
Plato parabólico	$80 < C < 1000$	$70 < T < 1000$	Dos ejes
Torre central	$100 < C < 1500$	$130 < T < 1600$	Dos ejes
Horno Solar	$1500 < C < 18,000$	$600 < T < 3000$	Dos ejes

# Introducción

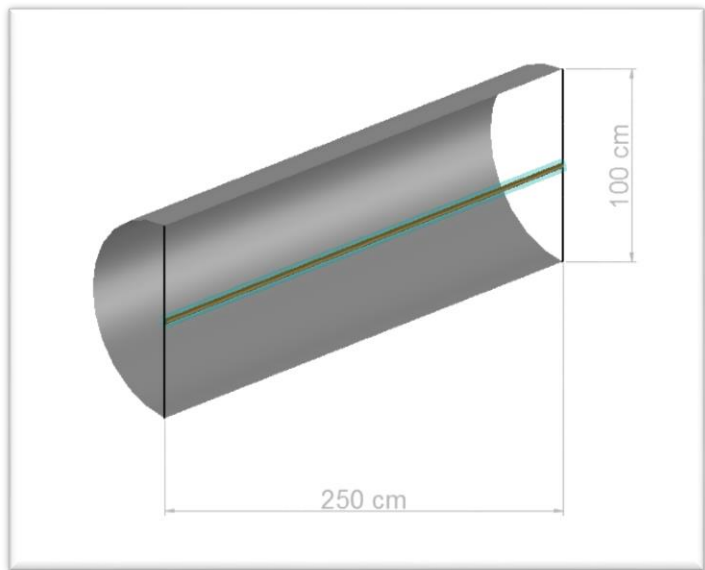
La captación de energía solar mediante colectores de canal parabólico (CCP):

- ER Disponible y Limpia
- Tecnología Madura
- Tecnología Sustentable
- Permite la I+D+i

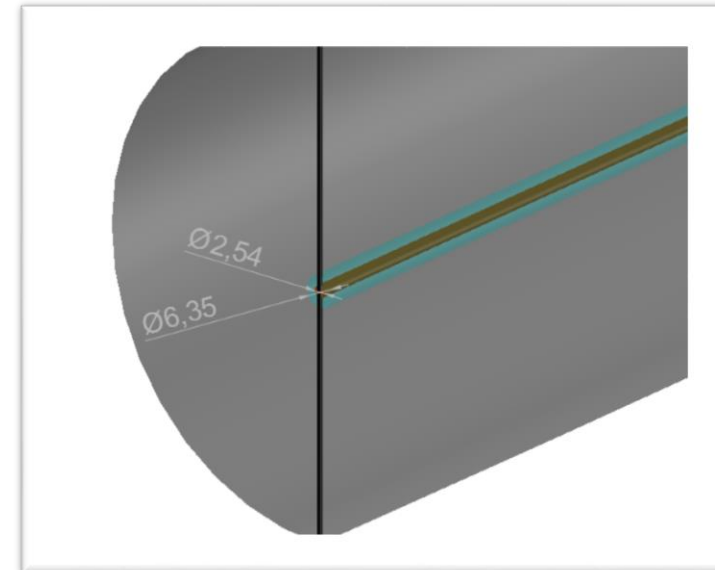


# Modelo Teórico

Se desarrolló un código computacional para determinar el coeficiente de transferencia de calor global, el factor de remoción, el calor útil y la eficiencia del CCP. Estos se calcularon con base en las ecuaciones de J. A. Duffie y W. A. Beckman (2013). También se modeló y simuló la dinámica de fluidos y la transferencia de calor en el tubo receptor mediante CFD.



**Figura 2.** Modelo físico del CCP, vista isométrica.



**Figura 3.** Vista isométrica del tubo receptor cubierto con un tubo de vidrio.

# Modelo Físico

PARÁMETRO O DIMENSIÓN	MAGNITUD	UNIDAD
TEMPERATURA AMBIENTE	25-35	°C
TEMPERATURA DE ENTRADA	20 - 35	°C
TEMPERATURA DE SALIDA	80 - 95	°C
RADIACIÓN DIRECTA	600 - 1100	W/m <sup>2</sup>
LONGITUD DEL TUBO	4.88	m
AREA DEL COLECTOR	5.18	m <sup>2</sup>
DIAMETRO TUBO DE COBRE	0.0254	m
DIAMETRO TUBO DE VIDRIO	0.0635	m
AREA TUBO DE COBRE	0.000506707	m <sup>2</sup>
AREA TUBO DE VIDRIO	0.003166922	m <sup>2</sup>
APERTURA DEL CCP	1.063	m
ÁNGULO DE BORDE	90	°
DISTANCIA FOCAL	0.266	m

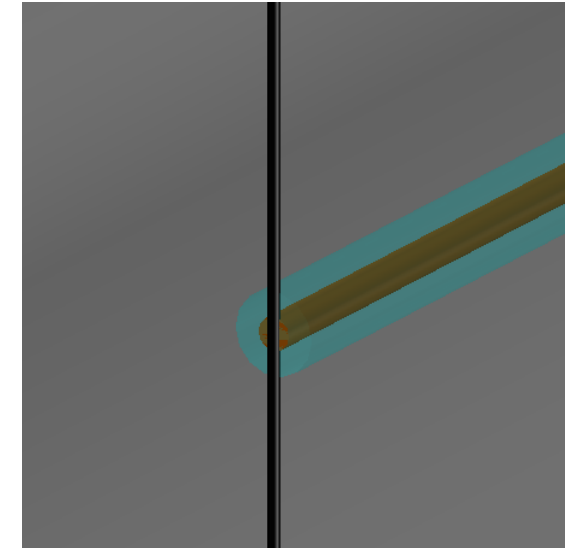
**Tabla 1.** Parámetros y dimensiones del CCP.

PROPIEDADES DEL AGUA	MAGNITUD	UNIDAD
VISCOSIDAD (85 °C)	3.33E-04	kg/m s
DENSIDAD (85 °C)	968.1	kg/m <sup>3</sup>
Cp (85 °C)	4201	J/kg K
CONDUCTIVIDAD (85 °C)	0.673	W/m K
Pr (85 °C)	2.08	

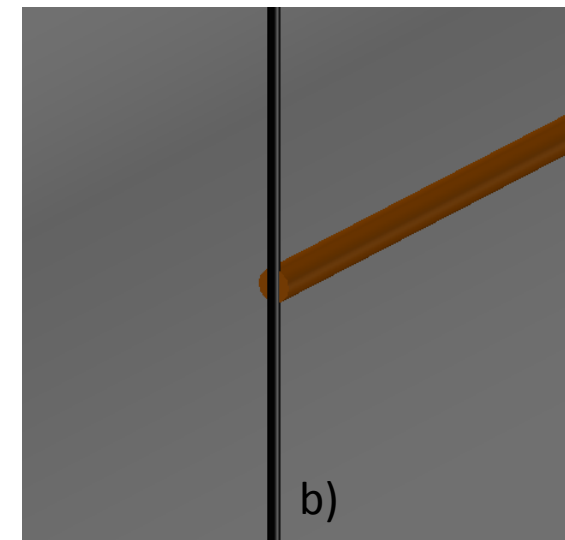
**Tabla 2.** Propiedades del agua. *Yunus A. Çengel, 8va. Edición*

PROPIEDADES DEL AIRE	MAGNITUD	UNIDAD
VISCOSIDAD (85°C)	2.10E-05	kg/m s
DENSIDAD (85°C)	0.9994	kg/m <sup>3</sup>
Cp (85°C)	1008	J/kg K
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (85°C)	0.02953	W/m K
Pr (85°C)	0.7154	

**Tabla 3.** Propiedades del aire. *Yunus A. Çengel, 8va. Edición*



a)



b)

**Figura 4.** Vista isométrica del tubo receptor a) con tubo exterior de vidrio, b) sin tubo exterior de vidrio.

# Metodología Experimental

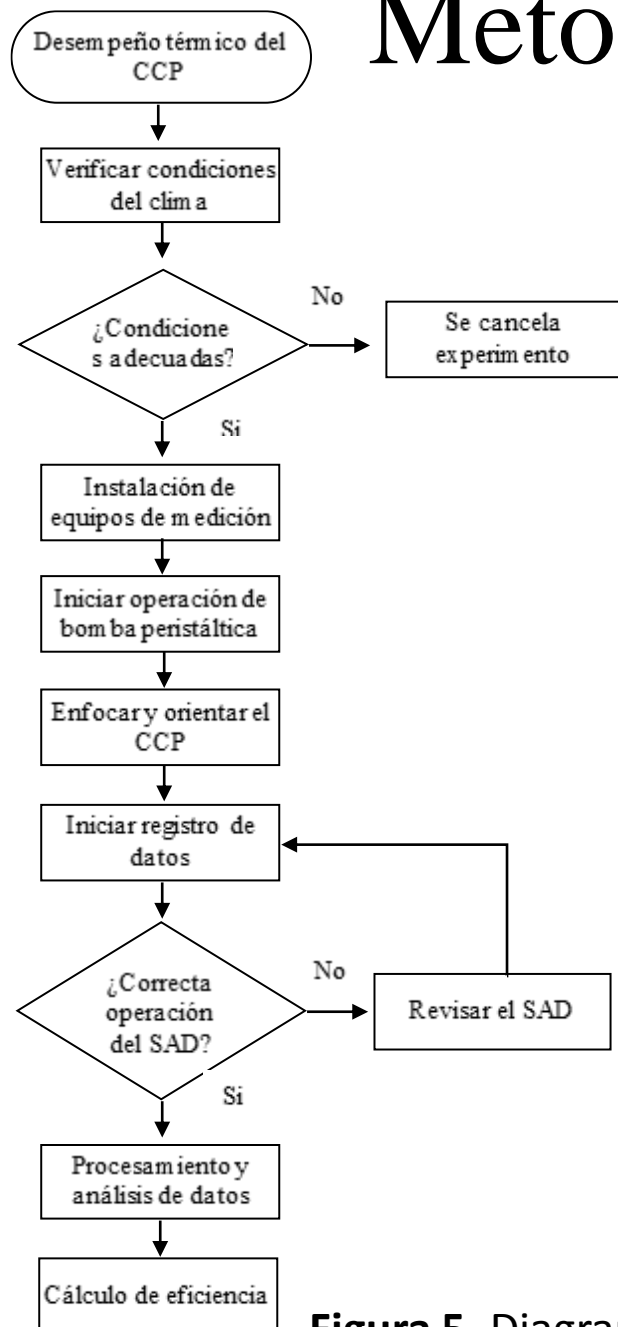


**Figura 5.** Fotografía del tubo receptor del CCP

Para evaluar el desempeño del CCP:

- Irradiancia solar directa (mayor a  $790 \pm 32$  W/m<sup>2</sup>)
- Velocidad del viento (2.2 – 4.5 m/s)
- Temperatura ambiente (15 – 30 °C)
- Temperatura del fluido a la entrada y salida del colector (variación  $\pm 1$  °C)
- Flujo másico ( $0.02$  kg/s · m<sup>2</sup>  $\pm 2\%$ )

# Metodología Experimental



Equipo e Instrumentos de medición necesarios para realizar las pruebas experimentales:

- Termopares tipo T
- Termotanque de 120 L.
- Actuador neumático lineal
- Sistema de seguimiento integrado por 4 celdas FV de 3 V
- Bomba peristáltica
- Medidor de flujo digital
- 2 Piranómetros

**Figura 5.** Diagrama de flujo de la metodología experimental.

# Metodología Experimental



**Figura 6.** Piranómetros utilizados

Piranómetros:

- Incertidumbre de  $\pm 3\%$
- Sensibilidad  $75 \mu\text{A} \times 1000 \text{ Wm}^2$
- Tiempo de respuesta  $-1\mu\text{s}$
- Temperatura de operación  $-40^\circ\text{C}$  a  $65^\circ\text{C}$

Bomba peristáltica:

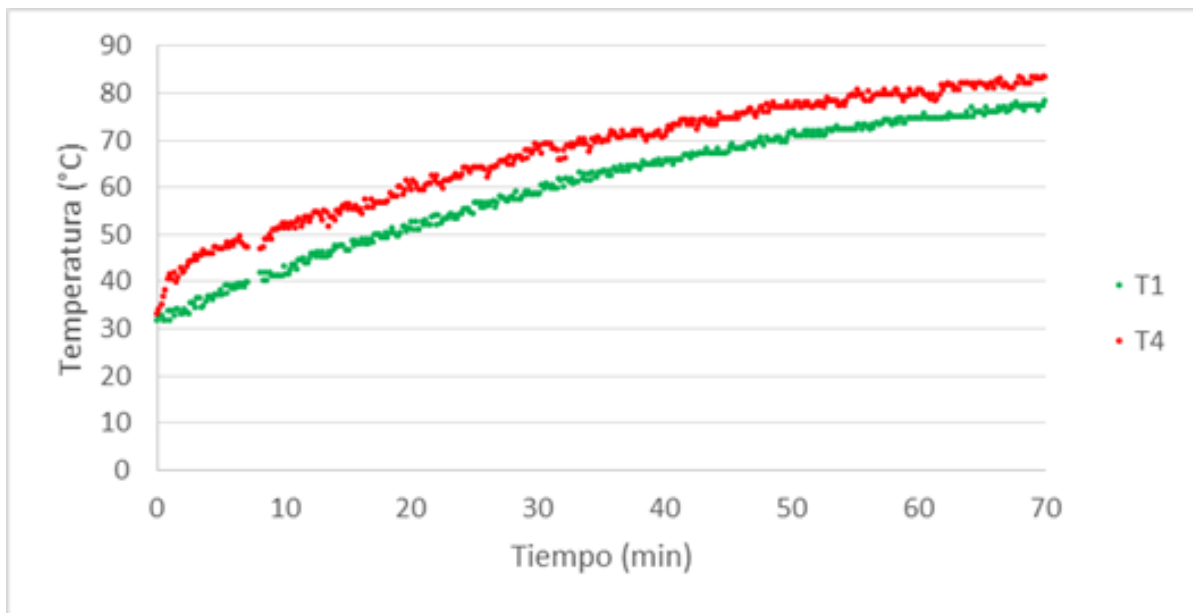
- Rango de operación de 6 – 650 rpm, alcanza un caudal máximo de 8 LPM.
- Precisión de  $\pm 0.25\%$
- Soporta una presión máxima del sistema de 2.7 bar.



**Figura 7.** Bomba peristáltica y SAD.

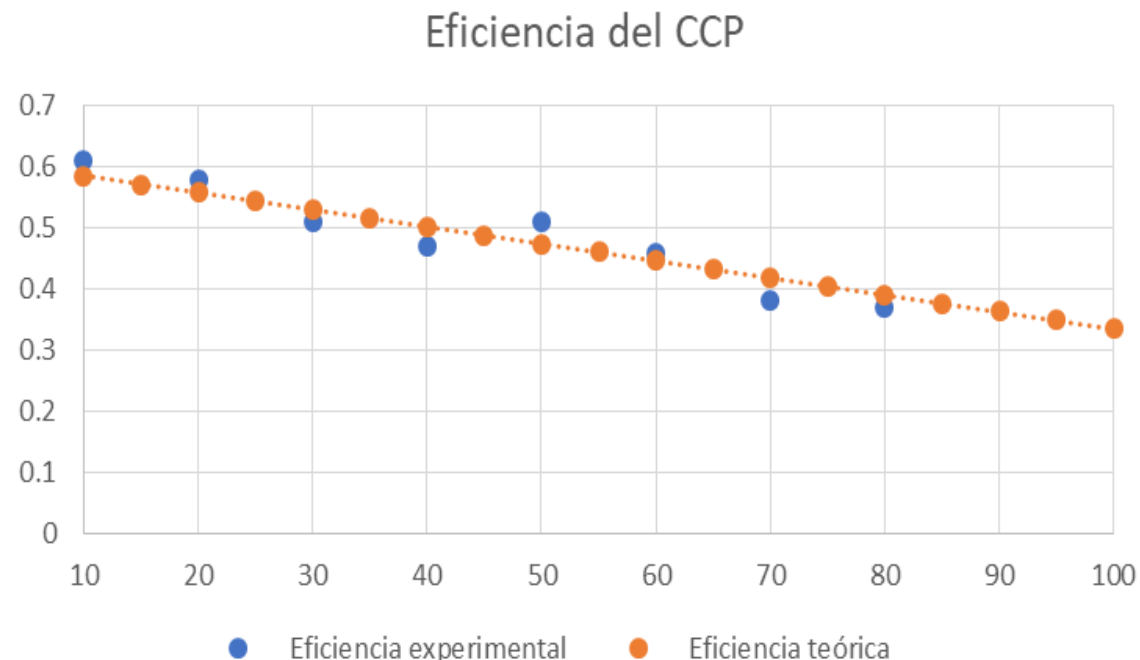


# Resultados



**Figura 8.** Temperatura en el tubo receptor respecto al tiempo.

- T1 es la temperatura del agua a la salida del tubo receptor, cuando está desnudo, representado por los puntos verdes.
- T4 es la temperatura del agua a la salida del tubo receptor, cuando está cubierto por el tubo de vidrio, representado por los puntos rojos.



**Figura 9.** Eficiencia del CCP.

$$\eta = 0.6128 - 2.324 \left( \frac{\Delta T}{G_B} \right)$$

# Conclusiones

1. Se desarrolló un código computacional que permite el uso de diferentes fluidos de trabajo, parámetros y condiciones de operación del tubo receptor de un CCP.
2. La instrumentación, puesta en operación y experimentación del CCP, permitió validar los resultados teóricos con los experimentales.
3. Con los resultados experimentales se obtuvo la curva de eficiencia del CCP.
4. La diferencia entre los resultados teóricos con experimentales fue menor a 8 %.

# Referencias

- A. Fernández-García, E. Z. (2010). Parabolic-trough solar collectors and their applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 1695-1721.
- Adel. Kh. Alfozan, S. N.-A. (2015). Experimental Study of Parameters Affecting the Temperature of an Absorption Tube of Parabolic Trough Collector. *Defect and Diffusion Forum*, 84-91.
- Ahmet Lokurlu, F. R. (2005). High efficient utilisation of solar energy with newly developed parabolic trough collectors (SOLITEM PTC) for chilling and steam production in a hotel at the Mediterranean coast of Turkey. *Int. J. Energy Technology and Policy*, 137-146.
- Ashish K. Sharma, C. S. (2017). Solar industrial process heating: A review . *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 124-137.
- C. Chang, X. L. (2014). Experimental and numerical study of the heat transfer characteristics in solar thermal absorber tubes with circumferentially non-uniform heat flux. *Energy Procedia* 49, 305-313.
- C. Ramos, R. R. (2014). Potential assessment in Mexico for solar process heat applications in food and textile industries . *energy procedia* 49, 1879-1884.
- Forristall, R. (2003). Heat Transfer Analysis and Modeling of a Parabolic Trough Solar Receiver Implemented in Engineering Equation Solver. *National Renewable Energy Laboratory*.
- J.Subramania, P. O. (2017). Efficiency and heat transfer improvements in a parabolic trough solar 1 collector using TiO<sub>2</sub> nanofluids under turbulent flow regime. *Renewable Energy*.
- John A. Duffie, W. A. (2006). *Solar Engineering of Thermal Processes*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. Hoboken.
- Kalogirou, S. (2003). The potential of solar industrial process heat applications. *Applied Energy* 76, 337-361.
- M. Eswararmoorthy, S. S. (2010). Thermodynamic analysis of solar parabolic dish thermoelectric generator . *Int. J. Renewable Energy Technology*, 348-360.
- Marnay López Martínez, J. L. (s.f.). ANÁLISIS DE TRAZADO DE RAYOS DE UN CONCENTRADOR DE CANAL PARABÓLICO (CCP) MEDIANTE EL SOFTWARE SOLTRACE . *XLIII semana nacional de energía solar* (pág. 6). ciudad de mexico: international solar energy society.
- Martínez, C. M. (2018). Diseño de un Concentrador de Canal Parabólico (CCP) para suministro de energía térmica. *UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NAYARIT*.
- Mohammed Hasan Abbood, M. M. (2018). Experimental and Theoretical Investigation to Generate Steam by Parabolic Trough Solar Collector with Using Different Heat Transfer Fluids. *International Journal of Mechanical & Mechatronics Engineering*, 11-22.
- N. Galanis, E. C. (2009). Electricity Generation from Low Temperature Sources. *Journal of Applied Fluid Mechanics*, 55-67.
- P.Selvakumar, P. ,. (2014). An Experimental Study on Evacuated Tube Solar Collector using Therminol D-12 as Heat Transfer Fluid Coupled with Parabolic Trough. *International Journal of Engineering and Technology (IJET)*, 110-117.
- Ricardo Vasquez Padilla, G. D. (2011). Heat transfer analysis of parabolic trough solar receiver. *Applied Energy*, 5097-5110.
- Wu Yu-ting, L. B.-f. (2009). Convective heat transfer in the laminar-turbulent transition region with molten salt in a circular tube. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 1128-1132.
- Wu Yu-ting, L. B.-f. (2009). Convective heat transfer in the laminar-turbulent transition region with molten salt in a circular tube. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 1128-1132.
- Xiaoping Yang, X. Y. (2012). Numerical simulation study on the heat transfer characteristics of the tube receiver of the solar thermal power tower. *Applied Energy*, 142-147.
- Z.D Cheng, Y. H. (2010). Three-dimensional numerical study of heat transfer characteristics in the receiver tube of parabolic trough solar collector. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 782-787.



**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/](http://www.ecorfan.org/) booklets)