



Conference: Congreso Interdisciplinario de Energías Renovables -
Mantenimiento Industrial - Mecatrónica e Informática

Booklets



RENIECYT

Registro Nacional de Instituciones y
Empresas Científicas y Tecnológicas

1702902

CONACYT

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

Title: Técnicas pasivas para la evaluación térmica de un concentrador solar

Author: Karla María, VELAZQUEZ-LUCHO

Editorial label ECORFAN: 607-8534
BCIERMMI Control Number: 2018-03
BCIERMMI Classification (2018): 251018-0301

Pages: 15
RNA: 03-2010-032610115700-14

ECORFAN-México, S.C.

244 – 2 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

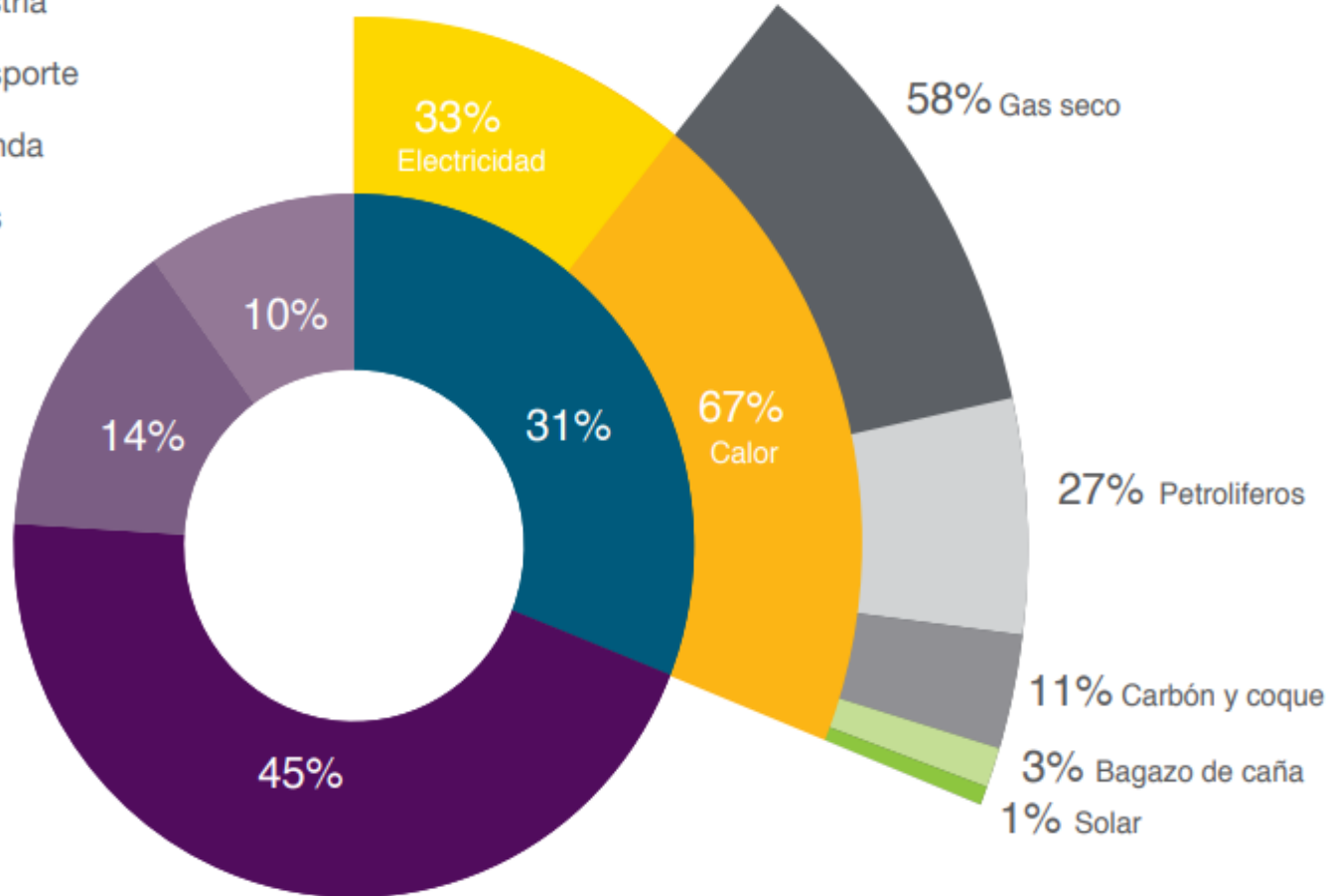
www.ecorfan.org

Holdings

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

Introducción

- Industria
- Transporte
- Vivienda
- Otros



Total 5,479.26 PJ
 Industria: 1,680.79 PJ
 Calor: 1,119.11 PJ

Agotamiento de hidrocarburos



Irradiancia de 5.5 kWh/m²/día



Ahorro económico

INDUSTRIA	BAJA	MEDIA	ALTA
	Por debajo de los 150 °C	150 a 400 °C	> 400 °C
Química	• Ebullición	• Destilación	
Alimentos y bebidas	• Secado • Ebullición • Pasteurización • Esterilización		
Maquinaria	• Limpieza • Secado		
Minería	• Refinado electrolítico de cobre • Procesos de secado mineral	• Fusión de nitratos	
Textil	• Lavado • Blanqueamiento	• Coloración	
Madera	• Vaporizado • Decapado • Cocción	• Compresión • Secado	

100 °C	150 °C	250 °C	350 °C
Plano	Tubos evacuados	Cilíndrico-parabólico / Fresnel lineal de pequeñas dimensiones sin receptor evacuado	Cilíndrico-parabólico / Fresnel lineal de grandes dimensiones con receptor evacuado
	Tubos evacuados CPC Plano evacuado		Plato parabólico

Objetivo general

- Evaluar la eficiencia teórica de un concentrador solar de canal parabólico con la implementación de promotores de flujo turbulento de acuerdo al estándar ASHRAE 93-2010.



Características del CCP

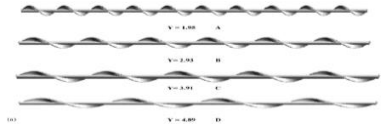

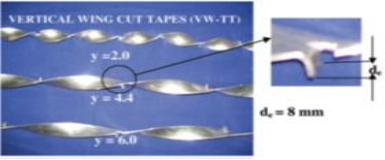
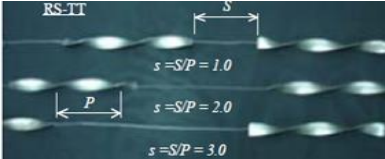
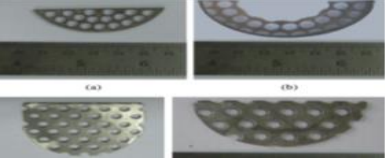

- El CCP utilizado es comercial con tubo receptor desnudo, considerado como control.



Figura 1 CCP de control. Fuente: propia.

Características	Datos
Área de apertura	4.0176 m ²
Longitud	2.48m
Diámetro externo	0.02675 m
Diámetro interno	0.0254m
Distancia focal	0.4m
Eficiencia óptica	0.71
Razón Concentración	18.9
Ángulo de borde	90°

Tabla 1 Especificaciones del CCP.
Fuente: (Montes, 2018)

Tipo de promotor	Autor	Características
	(Sivashanmugan & Suresh, 2006)	<ul style="list-style-type: none"> -Cinta atornillada helicoidal -Tubo circular equipado -Reynolds: 2,700-13,500
	(Promvonge, 2008)	<ul style="list-style-type: none"> -Cinta trenzada y bobina de alambre. -Generador-turbulador -Reynolds: 3,000-18,000
	(Mayilsamy, Suresh, & Murugesan, 2012)	<ul style="list-style-type: none"> -Cintas torcidas con cortes en ala. -Intercambiador de calor de doble tubería. -Reynolds: 4,000-30,000
	(Piriyarunroj, Eiamsa-ard, Thianpong, & Eiamsa-ard, 2014)	<ul style="list-style-type: none"> -Cinta retorcida espaciadas -Intercambiador de calor -Reynolds: 5,000-12,000
	(Reddy , Ruvan Kumar, & Ajay, 2014)	<ul style="list-style-type: none"> -Discos porosos -CCP
	(Jalil & Goudarzi, 2017)	<ul style="list-style-type: none"> -Helicoide -Evaporador de efecto simple -Reynolds: 2,000-10,000

Modelo térmico teórico

- El análisis térmico del CCP sin cambio de fase es similar a un colector de placa plana, considerando un balance de energía, el calor útil está dado por (Kalogirou, 2009):

$$Q_u = F_R [\eta_o A_a G_b - A_r U_L (T_{m,i} - T_a)]$$

A su vez, la eficiencia térmica instantánea η es obtenida de $Q_u / G_b A_a$ como sigue:

$$\eta = F_R \eta_o - F_R \frac{U_L}{C} \left(\frac{T_{m,i} - T_a}{G_b} \right)$$

Parámetro	Ecuación
Reynolds	$Re_D = \frac{4m}{\pi\mu_w D_i}$
Nusselt	$Nu_D = 0.023(Re)^{0.8}(Pr)^{0.4}$ $Nu = 0.042Re^{0.436}Pr^{-4.424}\left(\frac{P}{e}\right)^{4.418}$ $Nu = 0.22Re^{0.666}Pr^{0.4}\left(\frac{\rho}{w}\right)^{-0.6}$ $Nu = 0.0296Re^{0.853}Pr^{0.33}y^{-0.222}\left(1 + \frac{d_e}{W}\right)^{1.148}\left(1 + \frac{w}{W}\right)^{-0.751}$
Coefficiente de transferencia por convección	$h_w = \frac{kNu_D}{D_i}$
	$\overline{Nu_D} = (B)(\overline{Re_D})^m(Pr)^n\left(\frac{Pr}{Pr_r}\right)^{1/4}$
Reynolds para cilindro cruzado	$\overline{Re_D} = \frac{VD_o}{\nu}$
Coefficiente de pérdidas por viento	$h_v = \overline{Nu_D} \frac{k_v}{D_o}$
Temperatura media a la salida del tubo	$T_{m,o} = \frac{\eta_o C_o G_B (\pi D_o L)}{\dot{m} C_p} + T_{m,i}$

Temperatura del receptor	$T_r = \frac{\eta_o A_a G_B}{h_w} + T_{m,o}$
Coefficiente de transferencia por convección	$h_w = \frac{kNu_D}{D_i}$
Coefficiente radiativo de transferencia de calor	$h_r = 4\sigma\epsilon T_r^3$
Coefficiente global de pérdidas	$U_L = h_r + h_v$
Factor de eficiencia	$F' = \frac{1}{\overline{U_L}}$ $\frac{1}{\overline{U_L}} = \frac{1}{U_L} + \frac{D_o}{h_w D_i} + \left(\frac{D_o}{2k_w} \ln\left(\frac{D_o}{D_i}\right)\right)$
Factor de remoción	$F_R = \frac{mC_p}{A_r U_L} \left[1 - \exp\left(-\frac{U_L F' A_r}{mC_p}\right)\right]$
Eficiencia	$\eta_I = F_R \eta_o - F_R \frac{U_L}{C_o} \left(\frac{T_{m,i} - T_a}{G_B}\right)$

INSERTAR DATOS

concepto	PEC	CT	PEA	PSC	PSA	PCTC	PCTA
Dtubo			0.02675	0.02675	0.02675		0.02675
Ion. Tubo	2.98	2.98	2.98	2.98	2.98	2.98	2.98
Acolector	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62
Icolector	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48
flujo masico	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
reflectividad	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94
absortividad	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
transmitancia	1	1	1	1	1	1	1
factor de int	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
theta	0	0	0	0	0	0	0
viscosidad c	0.000769	0.000769	0.000769	0.000769	0.000769	0.000769	0.000769
kw	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62
angulo de b	89.8358	89.8358	89.8358	89.8358	89.8358	89.8358	89.8358
Wa	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62
foco	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
radiación	850	850	850	850	850	850	850
cp	4182	4182	4182	4182	4182	4182	4182
velv	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
tempaire	298.15	298.15	298.15	298.15	298.15	298.15	298.15
tmi	298.15	298.15	298.15	298.15	298.15	298.15	298.15
visdin	0.000769	0.000769	0.000769	0.000769	0.000769	0.000769	0.000769
er	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
viscosidad c	1.589E-05	1.589E-05	1.589E-05	1.589E-05	1.589E-05	1.589E-05	1.589E-05
kvaire	0.0263	0.0263	0.0263	0.0263	0.0263	0.0263	0.0263
Co	20.3	18.9846	18.9846	18.9846	18.9846	20.3	18.9846
pr							
praire	0.706	0.706	0.706	0.706	0.706	0.706	0.706

Procesamiento de datos en hoja de cálculo, considerando Aluminio y Cobre


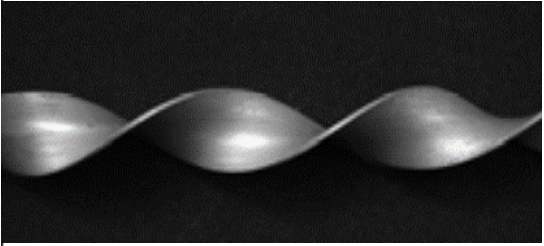
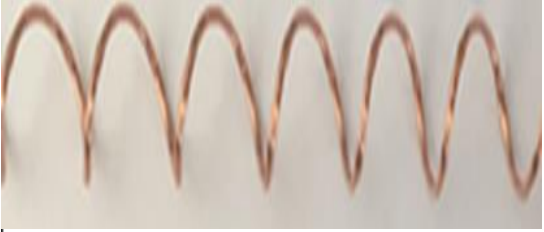


Especificaciones del estándar AHSRAE 93

- Flujo másico constante
- Velocidad del viento entre 2.2y 4.5 m/s
- Temperatura ambiente entre 15 y 30°C
- Velocidad del fluido de 0.02Kg/m²s
- Irradiancia solar directa de 790 ± 32 W/m²

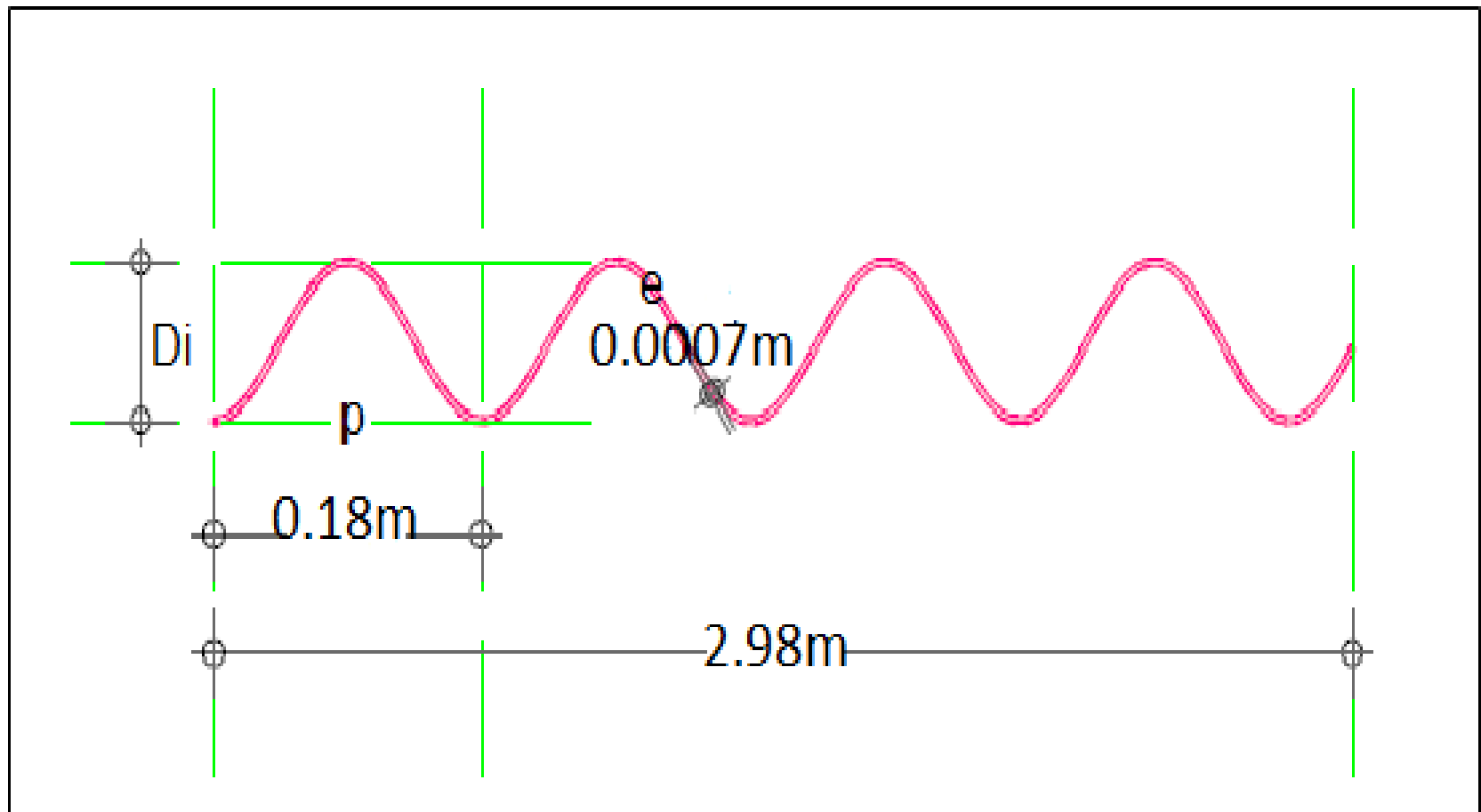
- Eficiencia térmica teórica de control: 57% (AHSRAE 93)

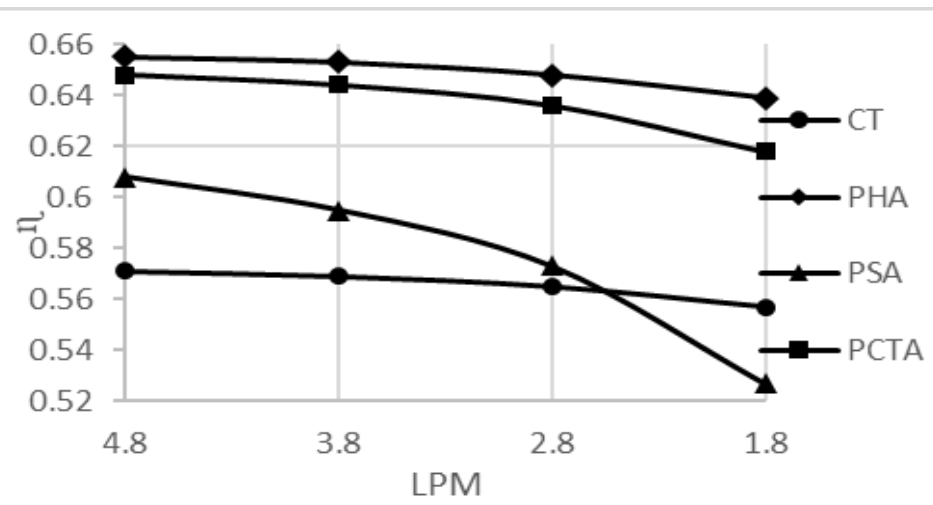
Selección de inserto

Tipo de promotor	Autor	Ecuación
	<p>P. Murugesan, K. Mayilsamy, S. Suresh y P.S.S. Srinivasan</p>	$N_u = 0.0296Re^{0.853}Pr^{0.33}y^{-0.222} \left(1 + \frac{d_e}{W}\right)^{1.148} \left(1 + \frac{w}{W}\right)^{-0.751}$
	<p>S. Eiamsa-ard, C. Thianpong y P. Eiamsa-ard</p>	$N_u = 0.22Re^{0.66}Pr^{0.4} \left(\frac{y}{w}\right)^{-0.6}$
	<p>E. Jalil y K. Goudarzi</p>	$N_u = 0.042Re^{0.436}Pr^{-4.424} \left(\frac{p}{e}\right)^{4.418}$

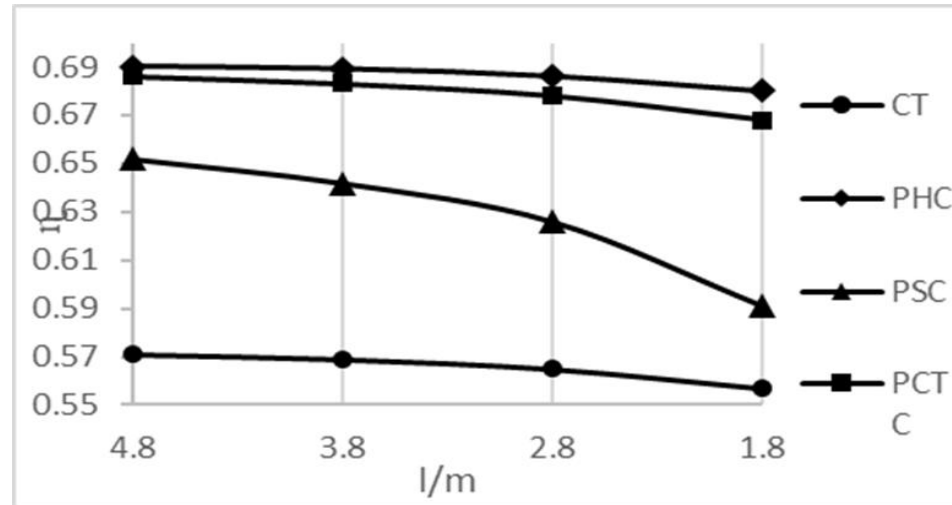
Resultados

Configuración geométrica propuesta

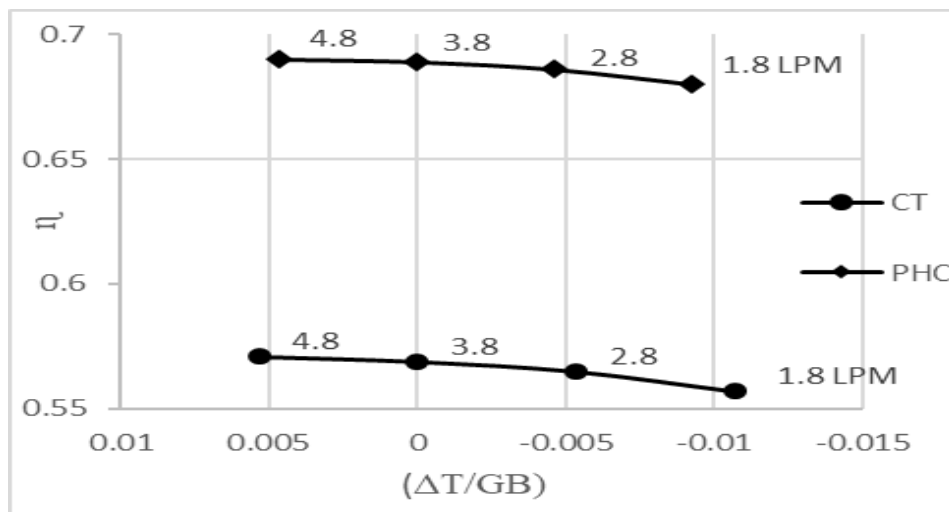




Gráfica 1 Eficiencias del CCP en tubo receptor de aluminio. Fuente: propia



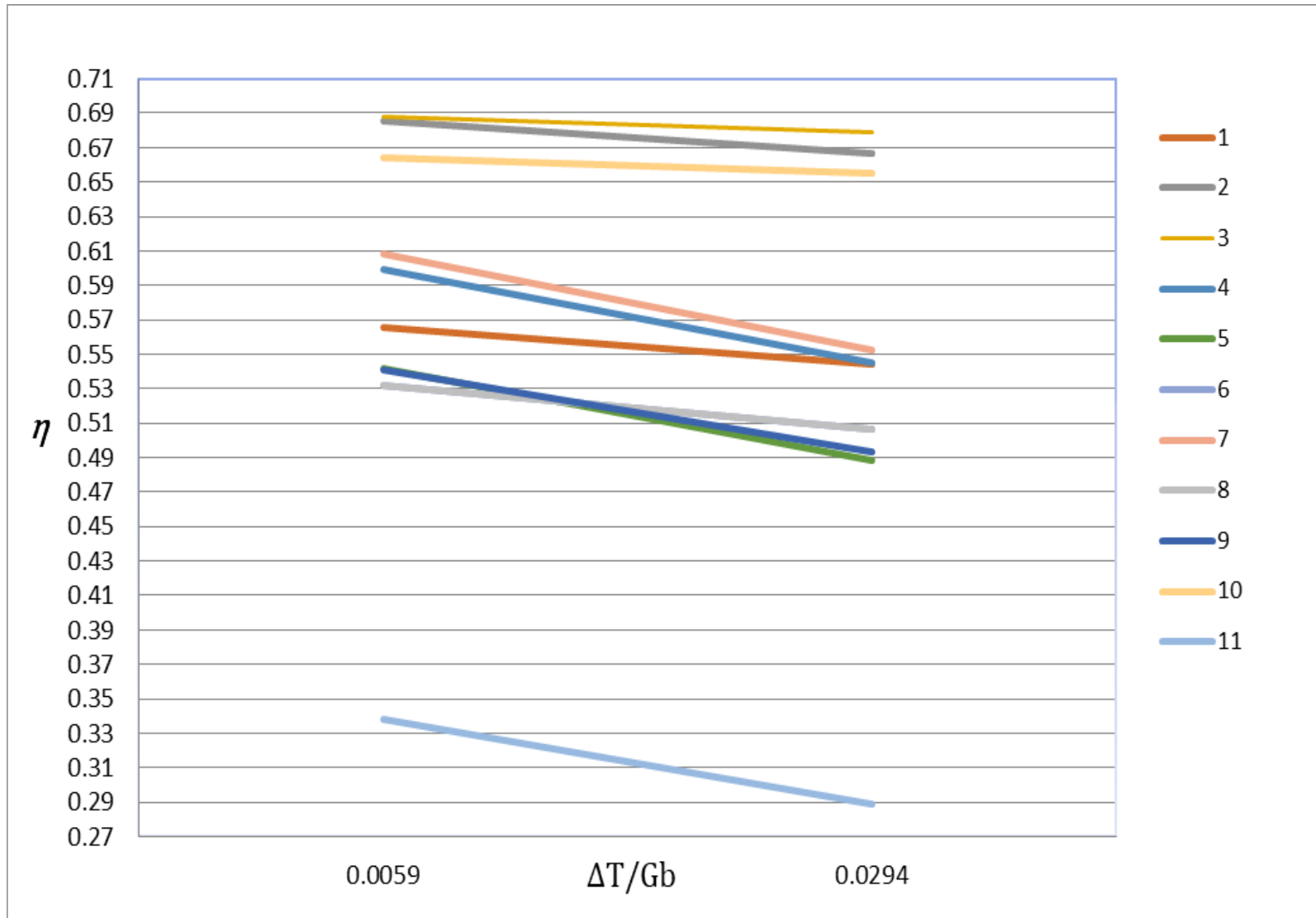
Gráfica 2 Eficiencia del ccp en tubo receptor de cobre. Fuente: propia



Gráfica 3 Comparación CCP-CT con CCP-PEC.

Fuente: propia

Autor	Características	Eficiencia
1. Este trabajo (control)	$\varphi=90^\circ$, receptor desnudo	$0.571 \pm 0.909(\Delta T/Gb)$
2. Este trabajo (PHC)	$\varphi=90^\circ$, receptor desnudo	$0.69 \pm 0.797(\Delta T/Gb)$
3. Arasu <i>et al.</i> , (2007)	$\varphi=90^\circ$, receptor con cubierta	$0.69 \pm 0.39(\Delta T/Gb)$
4. Jaramillo <i>et al.</i> , (2013)	$\varphi=90^\circ$, receptor desnudo	$0.6128 \pm 2.3025(\Delta T/Gb)$
5. Tajik <i>et al.</i> , (2017)	$\varphi=90^\circ$, receptor desnudo	$0.5547 \pm 2.256(\Delta T/Gb)$
6. Tajik <i>et al.</i> , (2017)	$\varphi=90^\circ$, receptor desnudo	$0.5381 \pm 1.193(\Delta T/Gb)$
7. Jaramillo <i>et al.</i> , (2016)	$\varphi=90^\circ$, receptor desnudo	$0.6224 - 2.368(\Delta T/Gb)$
8. Brooks <i>et al.</i> , (2005)	$\varphi=82.2^\circ$ receptor con cubierta	$0.538 \pm 1.059(\Delta T/Gb)$
9. Brooks <i>et al.</i> , (2005)	$\varphi=82.2^\circ$ receptor desnudo	$0.5523 \pm 2.009(\Delta T/Gb)$
10. Reddy <i>et al.</i> , (2014)	$\varphi=65^\circ$, receptor desnudo	$0.666 \pm 0.369(\Delta T/Gb)$
11. Jaramillo <i>et al.</i> , (2013)	$\varphi=45^\circ$, receptor desnudo	$0.351 \pm 2.117(\Delta T/Gb)$



Conclusiones y recomendaciones

- Las propiedades del cobre y la configuración geométrica del alambre helicoidal propuesta, se conjuntan para obtener el escenario más óptimo, dando pauta a la implementación del mismo para realizar futuras comparaciones de eficiencia con datos experimentales.
- Es importante analizar el escenario de inserción de promotor helicoidal y tubo receptor con cubierta.
- La implementación de insertos geométricos es una técnica prometedora para aumentar el rendimiento térmico de los concentradores solares de foco receptor lineal.

- ANSI/ASHRAE Standard, 93. (2010). *Methods of Testing to Determine the Thermal Performance of Solar Collectors*.
- Jalil, E., & Goudarzi, K. (2017). Experimental study of heat transfer enhancement in the evaporator of single-effect absorption chiller using new different tube insert. In *Applied Thermal Engineering* (pp. 1-9). ELSERVIER.
- Jaramillo, O., Venegas-Reyes, E., Aguilar, J., Castrejón-García, R. & Sosa-Montemayor, F. (2013). Parabolic trough concentrators for low enthalpy processes. Instituto de Energías Renovables. Universidad Nacional Autónoma de México. *Renewable Energy* (pp. 529-539). ELSERVIER.
- Ortega, H. (2018). *Energía Solar Térmica para Procesos Industriales en México*. Ciudad de México.
- Reddy , K. S., Ruvan Kumar, K., & Ajay, C. S. (2014). Experimental investigation of porous disc enhanced receiver for solar parabolic trough collector. In *Renewable Energy* (pp. 308-319). ELSERVIER.
- Tajik, M., Abad, J., Seyfollah, S., & Aminy, M. (2017). Experimental investigation on a solar parabolic trough collector for absorber tube filled with porous media. In *Renewable Energy*.



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)