



Received: 16-05-2018  
Accepted: 09-06-2018

Anales de Edificación Vol. 4,  
Nº 3, 25-33 (2018)  
ISSN: 2444-1309  
Doi: 10.20868/ade.2018.3797

## Aplicaciones del Captador Solar de Placa Plana y del Captador de Tubo de Vacío en la Edificación. Applications of the Flat Plate Solar Collectors and the Vacuum Tube Solar Collectors in Building.

Daniel Ferrández <sup>1</sup>, Carlos Morón <sup>1</sup>, Jorge Pablo Díaz <sup>1,2</sup> & Pablo Saiz <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidad Politécnica de Madrid (España, daniel.ferrandez.vega@alumnos.upm.es; carlos.moron@upm.es), <sup>2</sup> Institución Profesional Salesiana, Salesianos Carabanchel (jdiaz@salesianoscarabanchel.com), <sup>3</sup> Universidad Rey Juan Carlos (pablo.saiz@urjc.es)

---

**Resumen**— El actual Código Técnico de la Edificación (CTE) pone de manifiesto la necesidad de cubrir parte de la demanda energética requerida para el abastecimiento de agua caliente sanitaria y climatización de piscinas cubiertas mediante sistemas de aprovechamiento de la energía solar térmica. En este artículo se presenta una comparativa entre las dos principales tipologías de captadores solares térmicos que existen en el mercado: el captador de placa plana y el captador de tubo de vacío, atendiendo a criterios de fracción solar, diseño e integración arquitectónica. Todo ello a fin de discernir en qué circunstancias es más favorable el uso de uno u otro sistema, comparando los resultados obtenidos mediante programas de simulación con la toma de medidas in situ.

**Palabras clave**— Energía solar térmica, Captador de placa plana, Captador de tubo de vacío, Rendimiento energético, Termografía infrarroja.

---

**Abstract**- The current Technical Building Code (CTE) highlights the need to cover part of the energy demand required for the supply of hot water and heating of indoor swimming pools using solar thermal systems. This article presents a comparison between the two main types of solar thermal collectors that exist in the market: the flat plate solar collector and the vacuum tube solar collector, according to criteria of solar fraction, design and architectural integration. All of this in order to discern in what circumstances the use of one or the other system is more favourable, comparing the results obtained through simulation programs with the taking of measurements in situ.

**Index Terms**— Energía solar térmica, Captador de placa plana, Captador de tubo de vacío, Rendimiento energético, Termografía infrarroja.

---

D. Ferrández es doctor en Innovación Tecnológica en Edificación y colabora con el Departamento de Tecnología de la Edificación de la Universidad Politécnica de Madrid, unido al grupo de Investigación Sensores y Actuadores.

C. Morón es catedrático de universidad por la Universidad Politécnica de Madrid y director del Departamento de Tecnología de la Edificación de la Escuela Técnica Superior de Edificación.

J.P. Diaz es profesor de la Institución Profesional Salesiana de Carabanchel en el Ciclo de Eficiencia Energética y Energía Solar Térmica. Actualmente es doctorando de la Escuela Técnica Superior de Edificación.

P. Saiz es profesor de la Universidad Rey Juan Carlos en el Departamento de Economía Financiera, Contabilidad e Idioma Moderno. Es doctor por la Universidad Politécnica de Madrid.

## I. INTRODUCCIÓN

Nadie duda ya de la importancia que han adquirido las energías renovables en la sociedad actual. Los alarmantes niveles de contaminación y la escasez de recursos energéticos han propiciado el desarrollo de nuevos sistemas más eficientes y menos perniciosos para el medio ambiente (Mella, J.M. 2015). Dentro de la amplia variedad de energías renovables que existen en el mercado para su uso en generación de agua caliente sanitaria (ACS), quizá la más extendida sea la energía solar térmica. El actual Código Técnico de la Edificación en su documento básico referente al ahorro de energía (CTE DB – HE 4) establece la contribución mínima de energía solar térmica en función de la zona climática y de la demanda de ACS o climatización de piscina del edificio (CTE DB HE-4, 2013). Se puede afirmar que un captador solar es un dispositivo diseñado para absorber la radiación solar y transmitir la energía térmica así producida a un fluido caloportador que circula por su interior (García de Jalón, A. et al. 2006). Se trata pues, de un elemento pasivo y casi siempre estático, que debe aprovechar al máximo la radiación incidente sobre su superficie para producir agua caliente.

Existen tanto a nivel nacional como internacional, varios centros acreditados que se encargan de certificar y validar los nuevos equipos y sistemas de captación de energía solar térmica. Estos laboratorios someten a los captadores a ensayos que permiten obtener entre otros, su rendimiento óptico, factores de pérdidas, presiones máximas y caudales óptimos de trabajo para un correcto funcionamiento en condiciones normales de producción energética.

Es conveniente que estos captadores minimicen las pérdidas térmicas que se pueden producir por los tres medios de transferencia de calor (conducción, convección y radiación), así como ofrecer las mejores prestaciones en las condiciones de funcionamiento habitualmente tipificadas. Para ello se establecen diferentes criterios de diseño y elección de materiales constitutivos, según vayan a ser las condiciones de trabajo de estos equipos (Jamar, A. et al. 2016). Por tanto, se busca que estos sistemas dispongan de una elevada temperatura de equilibrio (relación entre la energía que capta en su superficie y la que transfiere al ambiente), ya que esto será síntoma de que las pérdidas son reducidas (Díaz Velilla, J.P. 2015).

Para poder utilizar esta fuente energética es necesario entonces contar con una superficie suficiente donde poder instalar estos colectores solares (Maurer, C. et al. 2017). Uno de los mayores retos a los que se enfrenta la arquitectura actual es el diseño de edificios que permiten integrar las nuevas instalaciones, aprovechando al máximo los espacios y sin romper con la estética de la fachada o cubierta.

Además, la evaluación de la fracción solar aportada por cada tipo de captador y las condiciones que permiten su mejor

aprovechamiento, son imprescindibles para obtener el máximo rendimiento global de la instalación. Una de las técnicas más punteras en la evaluación de paneles solares es el empleo de fotografías termográficas (Suarez, F.J. et al. 2015). Con esta metodología se pueden ver de forma clara las averías internas (deterioro de aislamiento, pérdida de propiedades físicas) dentro de los captadores, y permiten la detección de fugas en las tuberías y anomalías en el funcionamiento de los colectores solares (Morón, C. et al. 2016).

En la actualidad, se dispone de una gran variedad de programas tanto gratuitos como comerciales para el análisis del rendimiento energético de las instalaciones implementados en los edificios. En estos softwares, se deben definir los parámetros físicos que fijen las condiciones de partida para la posterior realización del análisis de la instalación. Muchos investigadores coinciden en la veracidad de los resultados volcados con este tipo de programas y su relación con las medidas reales tomadas en una instalación (Sailor, D.J. 2008), (Asdrubali, F. et al. 2012), ya que en general se obtienen informes fácilmente interpretables y que permiten conocer de primera mano el estado actual de la instalación, así como, definir líneas de actuación para la mejora de su rendimiento, y visualizar el efecto que dichas medidas producen sobre el conjunto del edificio (Taki, M. et al. 2017).

Así pues, en este trabajo, se evalúan los rendimientos de dos captadores solares térmicos muy empleados en viviendas, con el objetivo de determinar en qué situaciones es más favorable el empleo del captador de placa plana y en cuales el captador de tubo de vacío. Para ello, se han llevado a cabo una serie de simulaciones mediante programas de uso reconocido teniendo en cuenta las especificaciones técnicas de dichos paneles, y posteriormente se ha llevado a cabo una toma de medidas in situ a fin de corroborar la información mostrada por los programas de simulación.

## II. DISPOSITIVO EXPERIMENTAL

En este estudio solo se tendrán en cuenta los sistemas de producción de baja temperatura, es decir, aquellos que cubren temperaturas del agua por debajo de 150 oC (circunstancias de estancamiento térmico, típicamente en verano) y que son los más empleados en edificación. Las aplicaciones de estos sistemas son básicamente: producción de agua caliente sanitaria (ACS), climatización de piscinas cubiertas y apoyo a los sistemas de calefacción.

En estado estacionario la expresión del rendimiento térmico de un captador solar, se ajusta a la siguiente expresión (García de Jalón, A. et al. 2006):

$$\eta = \eta_0 - a_1 \cdot \frac{T_m - T_a}{G} - a_2 \cdot G \cdot \left( \frac{T_m - T_a}{G} \right)^2 \quad (1)$$

donde  $\eta_0$  es el coeficiente de rendimiento óptico;  $a_1$  y  $a_2$  son los coeficientes de pérdidas lineal y cuadrático

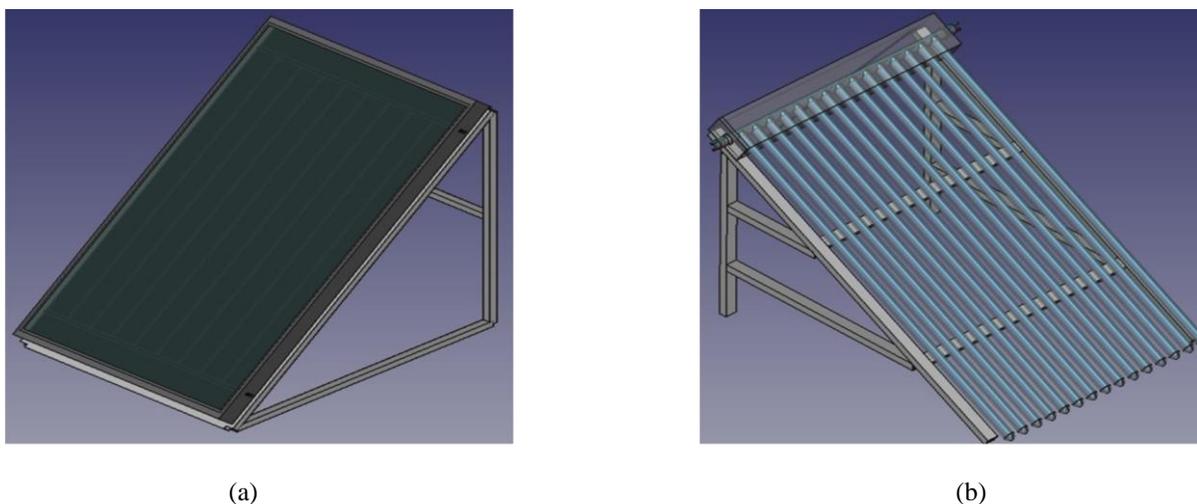


Fig. 1. Diseño en FreeCad 3D. (a) Captador solar de placa plana; (b) Captador solar de tubos de vacío.

TABLA I  
PROPIEDADES DE LOS CAPTADORES SOLARES EMPLEADOS

Captador de Placa Plana	Captador de tubo de vacío
Tipología: <i>Maxol 2.0 4T</i>	Tipología: <i>SONENKRAFT VK25</i>
Superficie absorbedor: 1.84 m <sup>2</sup>	Superficie absorbedor: 2.36 m <sup>2</sup>
Peso: 39.2 Kg	Peso: 42 Kg
Cubierta: vidrio solar endurecido (e=4mm)	Tubos de vidrio de borosilicato
Tubos colectores: cobre Ø 7 mm	Número de tubos: 14
Fluido: Propilenglicol + Agua al 40%	Fluido: Propilenglicol + Agua al 40%
Aislamiento térmico de lana de roca	Aislamiento térmico de lana de roca
$\eta_0 = 0.799$	$\eta_0 = 0.605$
$a_1 = 3.849$	$a_1 = 0.850$
$a_2 = 0.010$	$a_2 = 0.010$
Modificador del ángulo de incidencia = 0.10	Modificador del ángulo de incidencia = 0.10
Área de captación total: 73.6 m <sup>2</sup> (40 Uds.)	Área de captación total: 66.3 m <sup>2</sup> (28 Uds.)

respectivamente;  $T_m$  es la temperatura media del captador;  $T_a$  es la temperatura ambiente y  $G$  la irradiancia solar.

Los laboratorios especializados son los encargados de ensayar y certificar (generalmente en estado estacionario) los captadores solares térmicos y determinar los tres coeficientes indicados en la ecuación anterior. En nuestro caso, partiremos de dos captadores ya ensayados y de los cuales conocemos todas sus características, lo cual nos permitirá evaluar su comportamiento cuando se encuentran sometidos a las mismas hipótesis de partida. El diseño 3D de ambos captadores se muestra en la Figura 1.

Las características técnicas de ambas tipologías de captadores estudiadas se muestran en la Tabla 1. Ambos captadores se modelizaron en FreeCAD para analizar tridimensionalmente su posible integración espacial, programa

que muestra elevadas prestaciones para esta aplicación y que ha sido empleado en otros trabajos de investigación (Falck, D.Y. 2012), además de ser software libre que permite su implementación en otros programas. Posteriormente se realizó una simulación dinámica bajo algoritmo TRANSYS en el programa de evaluación de instalaciones solares térmicas AC-Sol 2.5©. En ambos casos y con el objeto de poder comparar los resultados obtenidos se empleó una instalación multifamiliar con acumulación centralizada. Este tipo de instalación es el más común en edificios de viviendas con dotación de energía solar térmica (Kazanci, O.B. et al. 2014). Las simulaciones se llevaron a cabo bajo las mismas condiciones de irradiación solar, orientación y situación geográfica, en ambos casos tomando como referencia la zona de Carabanchel en Madrid, al ser los datos disponibles por el

TABLA II  
SIMULACIÓN CON AC-SOL 2.5 CAPTADOR SOLAR DE PLACA PLANA

<i>Mes</i>	<i>Fracción solar [%]</i>	<i>Rendimiento primario [%]</i>	<i>Factor utilización [%]</i>	<i>Horas de funcionamiento primario [h]</i>	<i>Horas en sobre-calentamiento (<math>T_{col} &gt; 110^{\circ}\text{C}</math>) [h]</i>	<i>Pérdidas radiación TOTAL [%]</i>	<i>Pérdidas inclinación y orientación [%]</i>
AÑO	71.67	30.81	23.06	2147.50	513.00	-0.07	-0.07
JAN	55.95	42.03	34.25	198.50	1.00	0.23	0.23
FEB	65.45	40.63	31.20	197.50	2.00	0.14	0.14
MA	74.85	34.66	26.85	202.50	21.50	0.02	0.02
APR	74.56	32.26	24.61	194.50	35.50	-0.13	-0.13
MY	80.87	29.85	22.41	190.00	50.00	-0.25	-0.25
JUN	80.68	27.71	19.94	167.00	69.00	-0.34	-0.34
JUL	83.11	22.41	15.24	151.50	104.50	-0.31	-0.31
AUG	83.69	21.24	13.89	154.50	106.00	-0.20	-0.20
SEP	82.11	25.86	18.38	152.00	78.50	-0.02	-0.02
OCT	75.14	31.71	23.66	177.00	39.50	0.11	0.11
NOV	63.13	40.93	31.63	181.50	5.50	0.21	0.21
DEC	56.81	42.45	35.81	181.00	0.00	0.26	0.26

TABLA III  
SIMULACIÓN CON AC-SOL 2.5 CAPTADOR SOLAR DE TUBO DE VACÍO

<i>Mes</i>	<i>Fracción solar [%]</i>	<i>Rendimiento primario [%]</i>	<i>Factor utilización [%]</i>	<i>Horas de funcionamiento primario [h]</i>	<i>Horas en sobre-calentamiento (<math>T_{col} &gt; 110^{\circ}\text{C}</math>) [h]</i>	<i>Pérdidas radiación TOTAL [%]</i>	<i>Pérdidas inclinación y orientación [%]</i>
AÑO	77.53	28.42	20.77	2330.00	814.50	-0.07	-0.07
JAN	64.08	42.25	32.66	222.50	6.00	0.23	0.23
FEB	74.72	39.62	29.65	217.50	15.50	0.14	0.14
MA	81.70	32.57	24.40	223.00	46.50	0.02	0.02
APR	80.19	29.48	22.04	214.50	62.50	-0.13	-0.13
MY	84.40	26.24	19.47	199.50	88.00	-0.25	-0.25
JUN	83.81	24.35	17.24	180.50	106.00	-0.34	-0.34
JUL	86.22	19.74	13.16	159.50	143.50	-0.31	-0.31
AUG	85.38	18.40	11.80	160.50	144.50	-0.20	-0.20
SEP	84.76	22.64	15.80	161.00	114.00	-0.02	-0.02
OCT	80.56	29.13	21.12	190.50	66.50	0.11	0.11
NOV	70.99	39.14	29.61	198.50	18.50	0.21	0.21
DEC	65.50	42.87	34.37	202.50	3.00	0.26	0.26

centro donde se realizaron los ensayos.

### III. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en este trabajo para establecer la comparativa se pueden clasificar según el método empleado.

#### A. Simulaciones

En las Tablas 2 y 3, se pueden ver los resultados obtenidos tras la parametrización de ambos captadores mostrando sus prestaciones globales.

Como se puede apreciar en ambos casos, ninguno de las dos instalaciones simuladas tiene un porcentaje de fracción solar por debajo del 70% para ambos captadores, que es el mínimo exigido por el CTE para las demandas de agua caliente sanitaria (ACS). No obstante, para las mismas condiciones de parametrización y con un número inferior de captadores, se puede ver que el colector de tubo de vacío de flujo directo supera en fracción solar al captador de placa plana, teniendo por tanto un rendimiento mayor con un número inferior de captadores.

En la Figura 2, se muestra la comparación en términos energéticos entre ambos captadores en función del aporte solar, aporte auxiliar y pérdidas energéticas en el circuito.

En ambas simulaciones, se han sometido a ambos conjuntos de colectores a las mismas condiciones de partida al objeto de comparar hipótesis homogéneas, habiéndose buscado garantizar el 70% de fracción solar para ambas tipologías y posicionar un número par de colectores para un fácil equilibrado hidráulico.

Como se puede apreciar, el aporte solar es mucho mayor en el caso de los captadores de tubo de vacío ensayados bajo las mismas condiciones, lo que permite reducir la demanda

energética en términos de aporte auxiliar con el consiguiente ahorro económico y reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Además, para ese mismo ensayo, los captadores de placa plana presentan mayores pérdidas energéticas mensuales en el conjunto de la instalación. Se puede decir, que, en media, con 28 captadores de tubo de vacío obtenemos un aporte energético anual de unos 40538 kWh, frente a los 41255 kWh obtenidos con las 40 unidades de captador de placa plana. De tal forma, que los primeros presentan un rendimiento mayor de cara a ser implementados en un bloque de viviendas.

#### B. Termografías

Por otro lado, se llevó a cabo una inspección termográfica para evaluar a tiempo real la eficiencia de ambos captadores sometidos a un mismo nivel de irradiancia. Muchos investigadores han empleado esta técnica para la inspección y caracterización de paneles solares térmicos (Lucchi, E. 2018), convirtiéndose en una herramienta de fácil interpretación y que presenta unos resultados fiables.

La energía irradiada en forma de calor viene dada por la Ley de Stefan-Boltzman:

$$Q_r = \sigma \cdot \varepsilon \cdot A_s \cdot T_s^4 \quad [W] \quad (2)$$

donde  $\sigma$  es la constante de Stefan-Boltzman  $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$ ,  $\varepsilon$  es la emisividad del cuerpo,  $A_s$  es su superficie en  $\text{m}^2$  y  $T_s$  es la temperatura superficial en  $\text{K}^4$ .

Las termografías muestran que los puntos calientes de ambos paneles se encuentran distribuidos de forma uniforme, lo cual indica que no existen fugas en ninguno de los captadores (téngase presente además que el efecto invernadero impide la salida de radiación infrarroja del interior del captador). En estas condiciones de trabajo, la temperatura de emisión del captador de placa plana es muy superior al del colector de tubo de vacío.

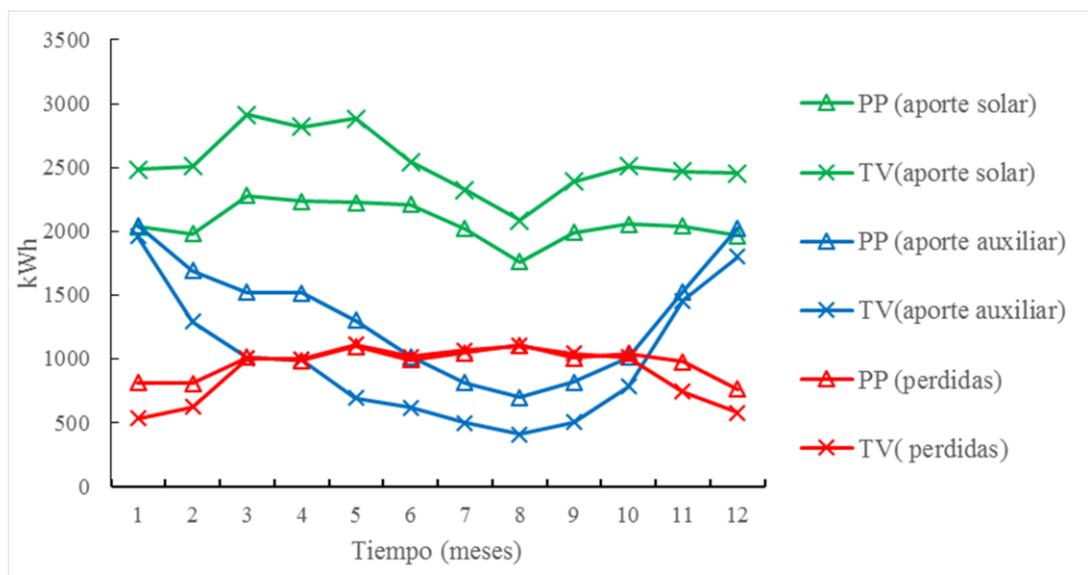


Fig. 2. Comparativa en términos energéticos entre captadores.

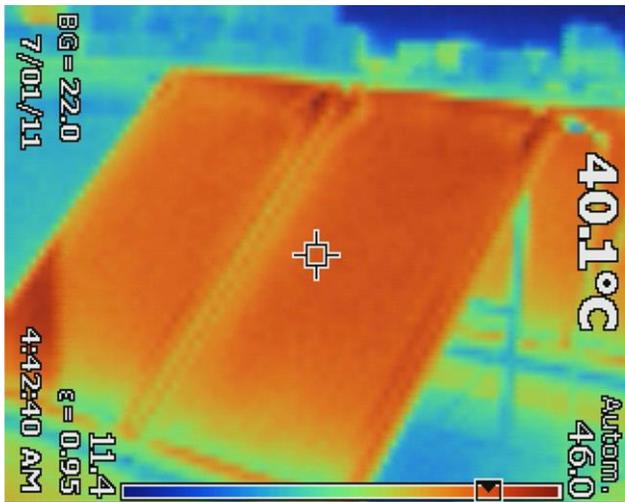


Fig. 3. Imagen Termográfica captador de placa plana.

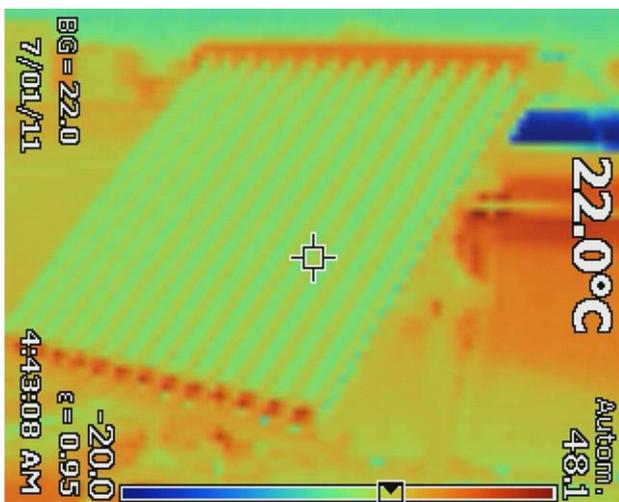


Fig. 4. Imagen Termográfica captador de tubo de vacío.

### C. Medidas in situ

En la Figura 5 se muestra el equipo experimental implementado para la toma de medidas a in situ con los captadores físicamente sometidos a las mismas condiciones de trabajo y a los mismos niveles de radiación y temperatura exterior. En la Figura 6 se muestran los resultados obtenidos tras la toma de datos.

Este tipo de instalaciones es el más apropiado cuando se cuenta como sistema de apoyo a la calefacción, ya que en invierno toda la energía se dirige al ACS, mientras que en verano los excedentes de energía se emplean para calentar el agua de la piscina. El equipo fue montado sobre paneles de acero inoxidable con los paneles inclinados sobre perfilera móvil como se puede ver en la imagen, los equipos eléctricos se encontraban debidamente protegidos para la toma de medidas en días de lluvia.

La instalación se encuentra en Madrid con una latitud de  $40,37^\circ$  y una longitud de  $-3,75^\circ$ , la toma de medidas se llevó a cabo con la ayuda de sondas de temperatura ubicadas a la salida de los captadores, midiéndose también los niveles de radiación incidente sobre la superficie del panel. El sistema se encontraba debidamente equilibrado, y ambos captadores en perfectas condiciones, las medidas se tomaron durante cuatro meses (agosto a noviembre) a la 13:00 horas.

Como se puede apreciar en la Figura 6, la temperatura de salida en el colector de tubo de vacío pone de manifiesto su mayor eficiencia al sobrepasar en media  $15^\circ\text{C}$  la temperatura de salida del captador de placa plana.

En las Figuras 7 y 8 se muestra la correlación existente entre los niveles de radiación incidentes sobre la superficie del captador y la temperatura de salida del fluido caloportador en el momento de la medida. Esta correlación se puede mejorar alcanzando valores cercanos al 100% si se dota a la instalación de un sistema mecatrónico de seguimiento a dos ejes (Morón,



Fig. 5. Instalación para la toma de medidas in situ. Salesianos Carabanchel.

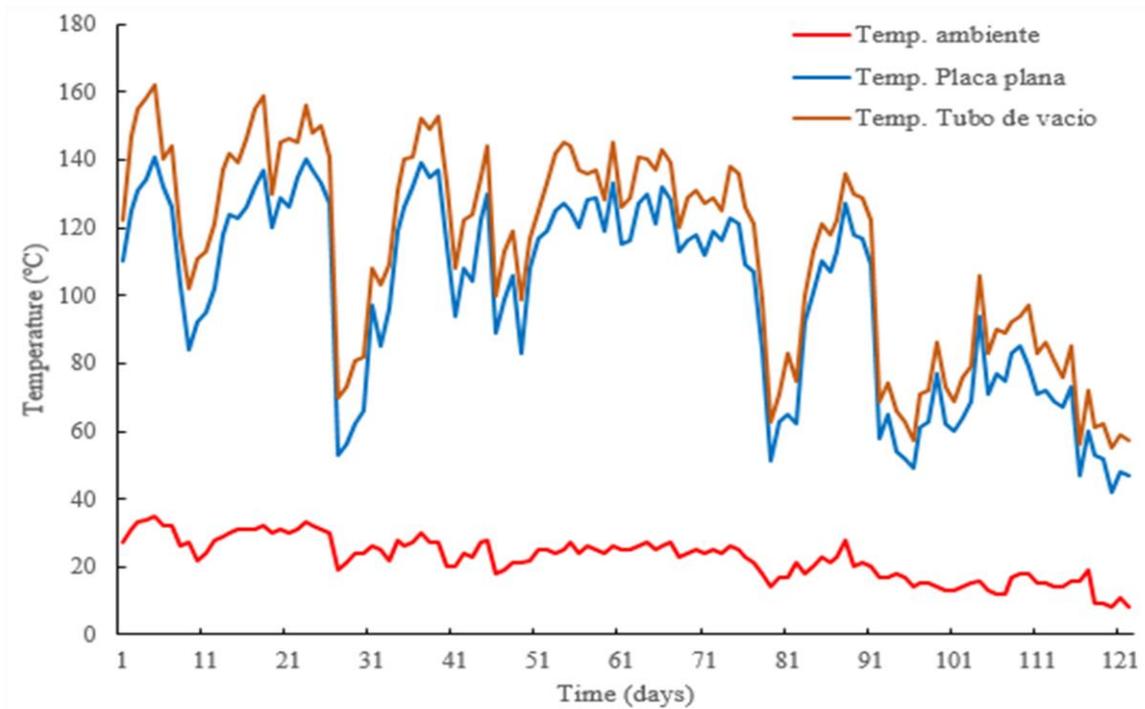


Fig. 6. Medidas experimentales tomadas sobre la instalación in situ.

C. et al. 2016). Aunque las diferencias no son muy significativas, se puede ver como el factor de concentración óptico que poseen los captadores de tubo de vacío de flujo directo, hace que cuando se encuentran estáticos posean una correlación menor que en el caso de los captadores de placa plana.

Por último, indicar, que si el proyecto se ciñera a un criterio puramente arquitectónico en el cual la mayor preocupación es como cumplir con las exigencias del CTE sin que estas perjudiquen al diseño del edificio, hoy en día existen múltiples soluciones que permiten integrar las instalaciones de energía

solar térmica en la edificación (Reviriego, A. et al.2005).

Dentro de los captadores solares de placa plana encontramos soluciones como: los tejados solares “solar roof” a modo de

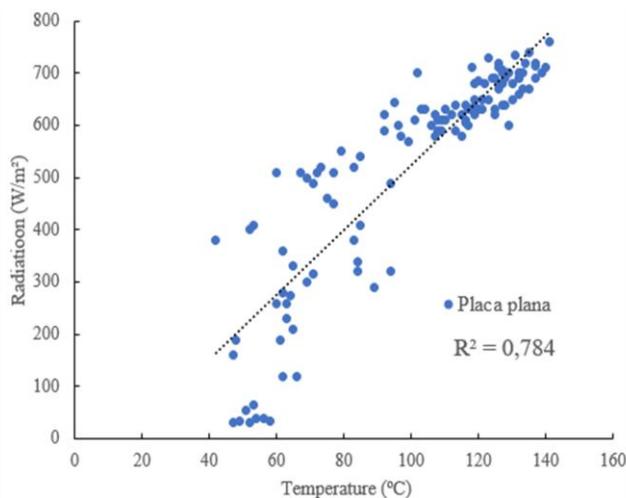


Fig. 7. Correlación Radiación-Temperatura. Placa plana.

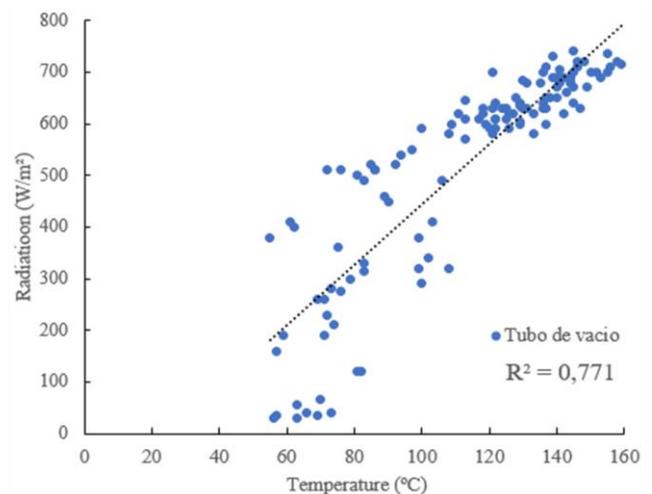


Fig. 8. Correlación Radiación-Temperatura. Tubo de vacío.

cubierta inclinada a dos aguas (Hu, Z. et al. 2018), fachadas solares conformadas por los paneles ubicados en posición vertical a modo de fachada ventilada o bien su incorporación a modo de tragaluces o ventanas de cubierta.

Para los captadores de tubo de vacío de flujo directo como el empleado en este trabajo, también existe la posibilidad de ubicarlos en forma vertical incorporados a las fachadas de los

edificios, esta solución es estéticamente la más recomendable y además una solución óptima desde el punto de vista energético ya los tubos se pueden orientar según la ubicación del edificio (O'Hegarty, R. et al. 2016). También existe la posibilidad de instalarlos en horizontal integrados en azoteas planas. Cabe destacar los captadores "heat pipe", mucho más eficientes y con mayor rendimiento que sus homólogos de flujo directo, que presentan mayores ventajas de cara al mantenimiento ya que permiten la sustitución de cada uno de los tubos en caso de avería, sin tener que reemplazar todo el captador.

#### IV. CONCLUSIONES

La superficie total y el número total de unidades que instalar de captadores de placa plana obtenidos tras la simulación en AC-Sol 2.5© (73,6 m<sup>2</sup> y 40 unidades), es mayor que el que se obtiene para la misma instalación si se realiza con captadores de tubos de vacío (66,3 m<sup>2</sup> y 28 unidades). Además, la fracción solar lograda con los primeros es un 6% menor que la obtenida con los captadores de tubo de vacío. Así pues, según la simulación realizada los captadores de placa plana ofrecen peores prestaciones para una misma aplicación, además de presentar mayores dificultades de cara al mantenimiento posterior de la instalación y a su integración arquitectónica.

Por otro lado, en los ensayos experimentales realizados se puede apreciar un mayor rendimiento en los captadores tubos de vacío, que presentan en media una temperatura de salida aproximadamente 15°C superior a la de los captadores de placa plana, sometidos a las mismas condiciones de temperatura exterior, orientación y niveles de radiación. Además, estando ambos captadores en perfectas condiciones el análisis termográfico muestra que las pérdidas energéticas por emisión son superiores en los captadores de placa plana. Únicamente las posibles diferencias de precio sustanciales existentes podrían posicionar favorablemente al captador de placa plana como solución más óptima de cara implementación en un proyecto de obra nueva.

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo no hubiese sido posible sin la colaboración de los alumnos del Ciclo Formativo de Grado Superior (CFGS) de Eficiencia Energética y Energía Solar Térmica del centro Salesianos Carabanchel.

#### REFERENCIAS

- Asdrubali, F. Baldinelli, G. Bianchi, F. (2012). A quantitative methodology to evaluate thermal bridges in buildings. *Applied Energy*, 97, 365–373. doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.12.054.
- Código Técnico de la Edificación (2013). Documento Básico de Ahorro de Energía. CTE DB – HE 4: Contribución solar mínima al agua caliente sanitaria. BOE del 08/11/2013.
- Díaz Velilla J.P. (2015). *Sistemas de Energías Renovables*, PARANINFO, 2015, ISBN: 8497324676.
- Falck, D.Y. (2012). *Colle'e, B. Freecad [How-To]*, 1st ed.; Packt Publishing: London, UK, pp. 1–70.
- García de Jalón, A. Ramírez, L. Blanco, M. (2006). Rendimientos de los captadores solares térmicos que se comercializan en España. Centro Nacional de Energías Renovables (CENER). Informe anual, 66 – 73.
- Hu, Z. Luo, B. He, W. Hu. D. Ji, J. M, J. (2018). Performance study of a dual-function roof solar collector for Chinese traditional buildings application. *Applied Thermal Engineering*, 128, 179-188. doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2017.09.019.
- Jamar, A. Majid, Z.A.A. Azmi, W.H. Norhafana, M. Razak, A.A. (2016). A review of water heating system for solar energy applications. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 76, agosto 2016, 178-187. doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2016.05.028.
- Kazanci. O. B. Skrupskelis, M. Sevela, P. Pavlov, G.K. Olesen, B.W. (2014). Sustainable heating, cooling, and ventilation of a plus-energy house via photovoltaic/thermal panels. *Energy and Buildings*, 83, 122-129. doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.12.064.
- Lucchi. E. (2018). Applications of the infrared thermography in the energy audit or buildings: A review. *Renewables and Sustainable Energy Reviews*, (82), 3077-3090. doi.org/10.1016/j.rser.2017.10.031.
- Maurer, C. Cappel, C. Kuhn, T. E. (2017). Progress in building-integrated solar thermal systems. *Solar Energy*, 154, 158-186. doi.org/10.1016/j.solener.2017.05.065.
- Mella J.M. (2015). Ciudades sostenibles: Claves para hacerlas posibles. *Energías Renovables*, 146, noviembre 2015, 38 – 40.
- Morón, C. Ferrández, D, Saiz, P. Díaz, J.P. (2016). Protocolo para la evaluación técnica de una instalación solar térmica. *Anales de edificación*, 2(2), 21-27, ISSN: 2444-1309.
- Morón, C. Díaz, J.P. Ferrández, D. Ramos, M.P. (2016). Mechatronic prototype of parabolic solar tracker. *Sensors*, 16, 882, 1-15, doi:10.3390/s16060882.
- O'Hegarty, R. Kinnane, O. McCormack, S.J. (2016). Review and analysis of solar thermal façades. *Solar Energy*, 135, 408-42. doi.org/10.1016/j.solener.2016.06.006.

- Reviriego A. Fernández-Pacheco J. (2005). “Tejados y fachadas solares. Campos de captadores “Solar Roof”: Una interesante alternativa”. Tribuna Técnica, Wagner Solar, Julio/Agosto 2005, pp. 50 – 54.
- Sailor, D.J. (2008). A green roof model for building energy simulation programs. *Energy and Buildings*, 40, 1466–1478. doi.org/10.1016/j.enbuild.2008.02.001.



**Reconocimiento – NoComercial (by-nc):** Se permite la generación de obras derivadas siempre que no se haga un uso comercial. Tampoco se puede utilizar la obra original con finalidades comerciales.