

## **ENSAYO DE SUPERFICIES VIDRIADAS DE DISTINTA TRANSMITANCIA PARA DESTILADORES SOLARES – PRIMEROS RESULTADOS**

**Javier A. Carletto<sup>1</sup>, Omar Masini<sup>1</sup>, Juan P. Demichelis<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratorio de Energías Renovables – Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias  
Universidad Nacional de San Luis (UNSL)  
Ruta Prov. 55 Ex. 148 Ext. Norte - 7530 - Villa Mercedes - San Luis - Argentina  
Tel - Fax: 054 2657 531000 - e-mail: jcarletto@unsl.edu.ar

*Recibido 16/08/19, aceptado 22/10/19*

**RESUMEN:** Se presenta en este trabajo los ensayos realizado sobre prototipos de destiladores solares con superficies vidriadas de distintas transmitancias con el objeto de encontrar la cubierta vidriada de que maximice el rendimiento de un destilador solar simple. Concretamente se ensaya vidrio común, vidrio antireflex y doble vidrio hermético (DVH) como cubierta superior de prototipos pequeños de destiladores de batea liviana. Se analizan las gráficas de rendimiento en función de la temperatura ambiente promedio y radiación solar promedio y la comparativa entre ellos, detectando que la mejor superficie es el vidrio antireflex que mejora el rendimiento un 32 % con respecto al vidrio común.

**Palabras clave:** destilación solar, agua destilada, transmitancia.

### **INTRODUCCIÓN**

La destilación solar es una alternativa ecológica y económica para la producción de agua destilada de calidad, (Carletto et al., 2014) que posee como gran ventaja que no se necesita ni electricidad ni agua de enfriamiento para la condensación como los equipos comerciales compactos, los que consumen aproximadamente 1 KWh, de energía eléctrica y de 20 a 25 litros de agua generalmente potable (de red), que normalmente es arrojada a la red cloacal según estudios. (Fasulo et al., 2004).

Además del uso de una energía renovable, la ventaja de los destiladores solares es que trabajan a bajas temperaturas, por lo que la evaporación es lenta (sin turbulencia), lo que implica una minimización de la posibilidad de contaminación del producto a obtener, (Masini et al., 2012) lográndose generalmente agua destilada de calidad equivalente a los destiladores convencionales, con una conductividad específica, de entre 3 y 4  $\mu\text{s/cm}$ . (Fasulo et al., 1987).

La construcción de los destiladores solares de batea es ampliamente conocida, una batea, con superficie de color negro, contiene el agua salobre. Su parte superior está cubierta con un techo a dos aguas de un material de alta transmitancia a la radiación solar y alta conductividad térmica. El techo desagua en canaletas situadas a ambos lados de la bandeja. Los rayos solares atraviesan la cubierta y son absorbidos por el fondo, de color negro, de la batea, que contiene de 2 a 5 cm del agua cruda a destilar. A medida que se calienta el agua su presión de vapor sube, el vapor de agua condensa en la cara inferior del techo formándose una película uniforme de líquido que corre hacia las canaletas, que conducen el agua destilada a un tanque de almacenamiento. El destilador funciona como una trampa de calor, ya que el techo es transparente a la luz solar incidente, pero opaco a la radiación infrarroja emitida por el agua caliente. El techo impide que se escape el vapor y que el viento enfríe el agua salada. (Esteban et al., 2000).

Estos destiladores son utilizados desde el siglo XVII y prácticamente no han cambiado en su forma constructiva, sin embargo, estudios anteriores han mostrado que cambiado constructivamente parte de la superficie vidriada a modo de lograr una cámara de agua “a destilar” entre dos vidrios, produce un

precalentamiento del agua que ingresa al destilador, y un enfriamiento de la superficie de condensación, que mejora el rendimiento, y cuyos resultados fueron presentados por Carletto et al., 2014 y Carletto et al., 2016.

Resultados anteriores de investigación fueron contundentes, con las reformas constructivas se logró obtener mejoras en el rendimiento de hasta un 82 % comparando siempre con un destilador convencional en un prototipo que posee una doble cubierta de vidrio parte posterior (Carletto et al., 2016.)

Habiendo optimizado la ubicación de la cámara de doble vidriado, y con el afán de aumentar aún más el rendimiento con el objetivo de construir equipos de menor tamaño e igual producción, se construyeron dos nuevos prototipos donde se reemplazó la cubierta superior de los destiladores con distintos tipos de vidrio.

Los prototipos ensayados con anterioridad fueron construidos con vidrio común de 3 mm de espesor. Para este trabajo se ensayaron dos nuevos prototipos, uno con la utilización de DVH (doble vidrio hermético) en la cubierta superior, y otro con vidrio difuso de 2 mm de espesor. El vidrio difuso, también conocido como vidrio antireflex es el utilizado en cuadros (fotos u obras de arte) normalmente recomendado por preferencia estética o ante la necesidad de anular el reflejo de la luz sobre el cuadro debido a su alta transmitancia. Según algunos fabricantes, la trasmisión de la luz puede llegar al 98,5 % con una reflexión inferior al 1 % lo cual motivó a realizar algunos ensayos para ver el comportamiento con respecto a la radiación solar, los cuales arrojaron valores mayores al posicionar el medidor bajo un vidrio antireflex del orden de entre un 15 % y 20 % comparado con un vidrio monolítico.

Si bien es sabido que el DVH produce una aislación térmica en cuanto al ingreso de radiación hacia el destilador se decide ensayarlo con el objeto de verificar fácticamente si la conservación del calor interior del destilador compensa dicho aislamiento.

Se presentan los detalles constructivos y los primeros resultados observados, comparando los rendimientos entre sí, y analizando los rendimientos en función de la radiación solar y la temperatura.

Se contrastan los resultados con los prototipos anteriores ensayados con el fin de inferir la optimización del modelo constructivo.

## **DESCRIPCIÓN DE LOS PROTOTIPOS ENSAYADOS**

La construcción de los equipos ya fue presentada en detalle por Masini et al. en el 2013 y Carletto et al. en el 2014, por lo que solo se repetirán los detalles menores para la correcta lectura del trabajo.

Son tres prototipos de destilador solar fabricado con materiales livianos, económicos y de fácil utilización y de tamaño pequeño (30 cm x 40 cm), aproximadamente 0,12 m<sup>2</sup> de área de calentamiento.

El dispositivo consta por un lado la batea propiamente dicha, y por otro la cubierta que contiene el condensador vidriado, los canales colectores de agua destilada y laterales de apoyo y cierre con la batea.

Los 3 equipos ensayados, Figura 1, son de construcción tradicional (sin intercambiador), utilizando tres configuraciones distintas de superficie superior: vidrio común (también llamado vidrio de sílice, cal y sosa o monolítico) de 4 mm, DVH 4+9+4 (dos vidrios de 4mm separados por una cámara de 9 mm) y vidrio antireflex de 2 mm.

Para la provisión de agua de las bateas, se utilizaron equipos con válvula de corte y flotante individuales para cada destilador.



Figura 1: Vistas de los prototipos de destiladores en funcionamiento

Tal como se describió en Carletto et al., 2014, en funcionamiento es simple, el agua pasa por el regulador de alimentación, e ingresa a la batea, la cual está comunicada con la botella de regulación de nivel. Cuando la botella llega al nivel de aproximadamente 1 cm en la batea, el flotante colocado en la botella cierra la alimentación. A medida que se consume agua por evaporación, baja el nivel, baja el flotante y nuevamente se completa el nivel por alimentación de agua cruda. Según se muestra en el esquema de la Figura 2.

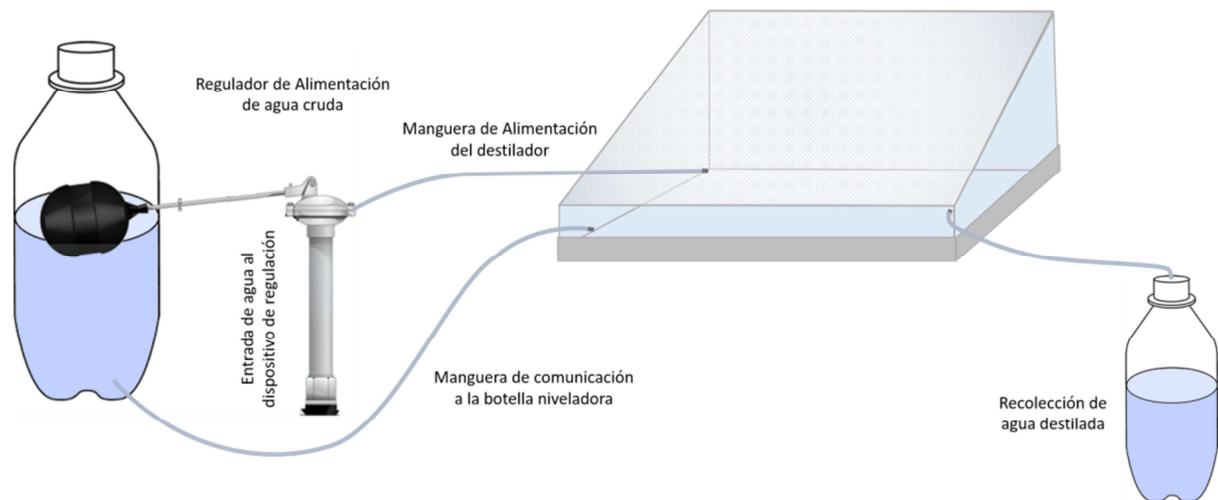


Figura 2: Esquema de funcionamiento equipo 2 (vidrio antireflex)

## RESULTADOS OBTENIDOS

Se controló diariamente la cantidad de agua destilada obtenida y se registraron los valores de rendimiento de los tres equipos. Adicionalmente se tomaron los valores de las variables climáticas necesarias de una central meteorológica del Laboratorio de Energías Renovables (LER) de la facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de San Luis, con los cuales se cruzaron los datos.

Basándonos en los ensayos analizados por Carletto et al. en el 2014, se decide compilar la misma información con el fin de lograr una comparación con los resultados anteriores e inferir las mejoras que pudieran lograrse.

La siguiente tabla, muestra un resumen de los resultados promedios de rendimientos por equipo, temperatura ambiente y radiación solar promedio para el año 2019 desde el mes de febrero a julio. Se toman datos promedios diarios de todas las variables.

Mes	Temperatura ambiente Promedio	Radiación Promedio [W/m <sup>2</sup> ]	RENDIMIENTO PROMEDIO [cm <sup>3</sup> /día]		
			Vidrio Común	Vidrio Antireflex	DVH
Febrero	22,21	445,76	216	311	187
Marzo	17,75	329,86	172	174	113
Abril	16,25	307,38	94	168	113
Mayo	12,27	217,80	68	72	48
Junio	9,01	215,07	70	97	60
Julio	8,01	232,10	58	83	48

Tabla 1: Comparación de temperaturas radiación y rendimiento de los equipos

Podemos apreciar gráficamente los valores de la Tabla 1, como se muestra a continuación. En la Figura 3, se puede observar que si bien la tendencia de los tres prototipos es similar el destilador con vidrio antireflex tiene una producción de agua destilada por encima de los otros dos. Adicionalmente se han realizado estudios preliminares de temperaturas de batea, dando valores 30 % mayores, lo que deberá verificarse con mediciones sistematizadas.

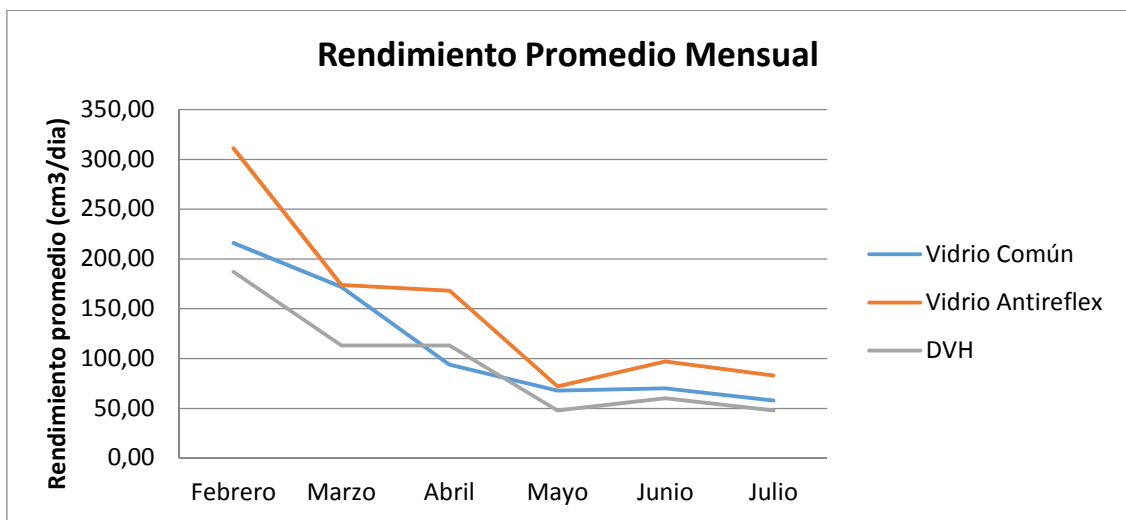


Figura 3: Gráfica de rendimientos promedios mensuales

En las Figuras 4 y 5 se puede observar esto mismo, pero contrastados con los datos de radiación y temperatura respectivamente.

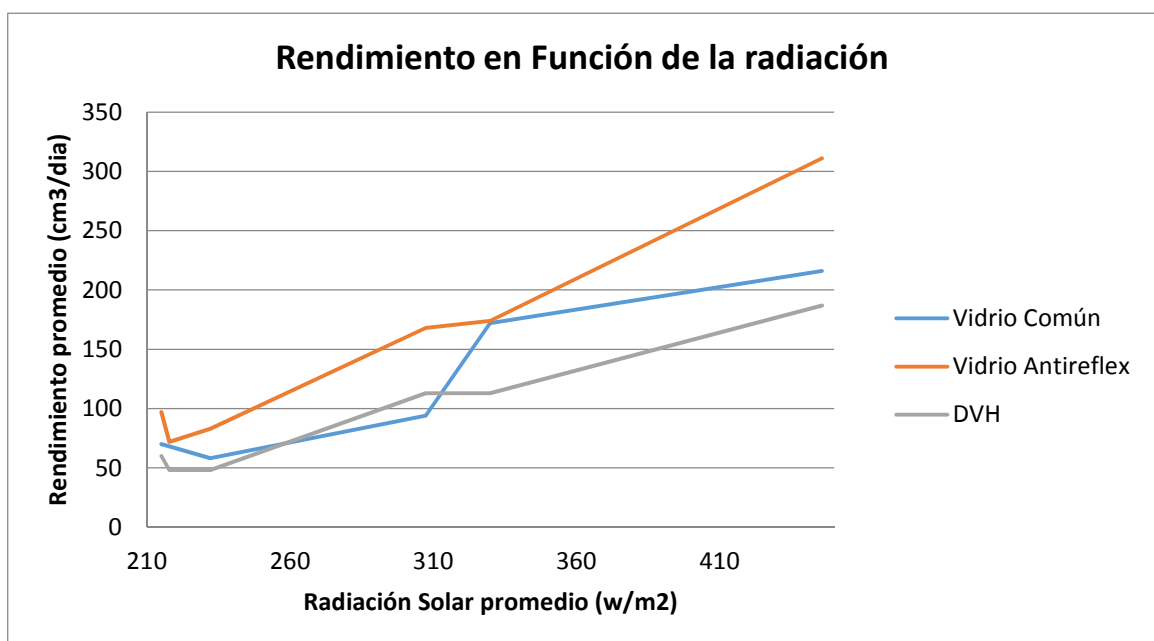


Figura 4: Gráfica de rendimientos promedios en función del promedio mensual de la radiación solar

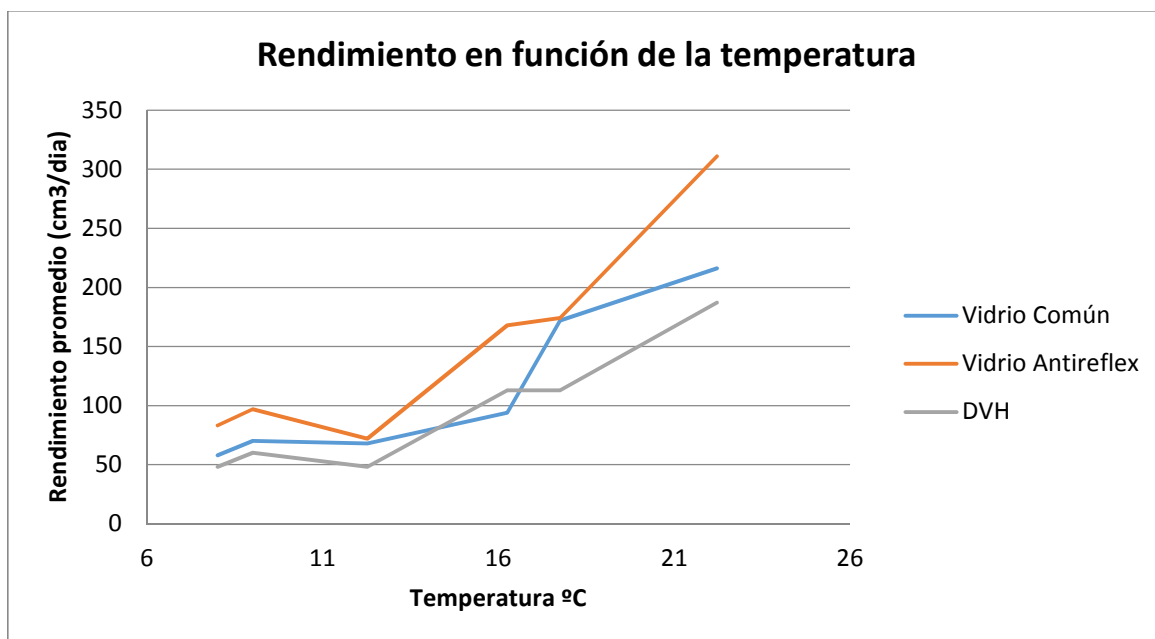


Figura 5: Gráfica de rendimientos promedios en función del promedio mensual de temperaturas

Si bien la cantidad de meses ensayados genera gráficas sencillas, se observa claramente la diferencia de rendimiento que en general se respeta a distintos valores de radiación y temperatura. Resta ensayar los equipos en los meses de mayor radiación, pero se estima que el comportamiento se mantendrá con la misma tendencia.

### ANÁLISIS DE RENDIMIENTO MÁXIMO

Si calculamos el rendimiento promedio con todos los datos obtenidos (sumatoria de todos los valores diarios obtenidos dividido por la cantidad de días registrados) el vidrio común arroja un rendimiento de 140,33 cm³/día, el vidrio antireflex 186 cm³/día y el DVH 117,83 cm³/día.

Realizando un cálculo simple, vemos que el vidrio antireflex mejora un 32 % la producción con respecto al vidrio común, y el DVH arroja un rendimiento un 16 % menor, valor esperable, teniendo en cuenta que la transmitancia térmica ( $2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) es aproximadamente la mitad del valor de la del vidrio común.

Con este análisis, y considerando los ensayos anteriores que demuestran que un intercambiador de calor en la parte posterior mejora un 82 % el rendimiento (Carletto et al., 2016) podría generarse como hipótesis para futuros trabajos, que la configuración ideal para un destilador podría ser la utilización de cámara de intercambio por doble vidriado en la parte posterior y un vidrio difuso (antireflex en la cubierta superior).

Con esta consideración podríamos tomar como una nueva hipótesis, que un destilador con intercambiador de calor en su parte posterior, el que mejora un 82 % (Carletto et al., 2016) la producción de un destilador estándar, con vidrio antireflex como cubierta superior sería la mejor configuración.

### CONCLUSIONES

Si bien los ensayos son durante un periodo de tiempo acotado, los resultados obtenidos ratificaron las hipótesis planteadas al menos para los meses ensayados. El vidrio antireflex produce un aumento en la producción de agua destilada, y el vidrio DVH una disminución con respecto a una cubierta de vidrio común.

El vidrio antireflex mejora un 32 % la producción con respecto al destilador tradicional, y el DVH arrojó un rendimiento un 16 % menor. Algunas mediciones preliminares que deberán ser sistematizadas para llegar a las conclusiones, probarían que el aumento de la producción de agua destilada se condice con un incremento notable de la temperatura del agua de la batea del destilador con vidrio antireflex, aunque sería imprudente una cuantificación.

## REFERENCIAS

- Carletto J, Masini O, Gimeno, Demichelis J, Rodrigo V (2014) Estudio comparativo de rendimiento de destiladores solares con precalentadores de agua – V Congreso Internacional sobre Gestión y tratamiento integral del agua.
- Carletto J, Gimeno P, Demichelis J, Masini O Rodrigo V. (2016) Nuevo modelo de destilador solar con precalentador de agua, Prototipo y primeros resultados y comparativa con equipos similares – VI Congreso Internacional sobre Gestión y Tratamiento Integral del Agua.
- Carletto J., Demichelis J., Masini O., Bergoglio F., Gimeno P. (2017) Provisión de agua destilada mediante energía solar para los laboratorios de la FICA-UNSL. Cálculo de destiladores, inversión y amortización - CAYER 2017 - IV Congreso Internacional de Ambiente y Energías Renovables. Villa María. Córdoba. ISBN: 978-987-1930-35-7.
- Esteban C., Franco J. y Fasulo A. (2000) Destilador Solar Asistido Con Colector Solar Acumulador. Actas de ASADES.
- Fasulo A., Cortinez V., Odicino L (1987). Planta de destilación solar de agua para la Facultad de Química Bioquímica y Farmacia de la UNSL. Actas de ASADES.
- Fasulo A., J. Follari, J. Adaro, J. Marchesi, L. Odicino y R Monasterollo (2004) Planta de Destilación Solar-Eléctrica en la U.N.S.L. Actas de la 27ª Reunión de trabajo de ASADES y 13ª de IASEE-Vol 8 pp 03 .07-10.
- Masini, O. Carletto J, Rodrigo L., Rodrigo V, (2012) Diseño de un destilador solar modular de agua, de bajo costo para la Facultad de Ingeniería y Ciencias Económico Sociales, Villa Mercedes, San Luis, evaluación de rendimiento y alternativas de optimización - ASADES 2012.
- Masini O., Carletto J., Gimeno P., Rodrigo V. – (2013) Diseño Y Estudio Comparativo De Destiladores Solares Con Precalentadores De Agua - Resultados Preliminares – ASADES.

## TEST OF DIFFERENT TRANSMITTANCE GLASSED SURFACES IN SOLAR DISTILLERS

**ABSTRACT:** This paper presents the tests carried out with solar distiller prototypes with different transmissions glazed surfaces in order to find the glazed cover that maximizes the performance of a simple solar distiller. Specifically, common glass, antireflex glass and double airtight glass (DVH) are tested as the upper cover of small prototypes of light-plate distillers. It's analyzed the performance graphs based on the average ambient temperature and average solar radiation and the comparison between the different distiller prototypes. We detect that the best surface is the anti-reflective glass. This cover improves the performance by 32 % with respect to the common glass.

**Keywords:** solar distillation, distilled water, transmittance.