

**INSTALACIÓN DE CALOR SOLAR DE PROCESO EN UNA FÁBRICA DE CORCHO EXTREMEÑA****Frasquet M.\*, Trinidad M.J.\*\*, Cuellar S.\*\*, García R.\*\*, Fernández M.\*\*, Terruzzi C.\*\*\*, Silva M.\***

\*Ingeniería Energética, Universidad de Sevilla, Camino de los Descubrimientos, s/n, 41092 Sevilla

\*\*Instituto del Corcho, la Madera y el Carbón Vegetal – CICYTEX. Pol. Industrial El Prado, C/ Pamplona, s/n,  
06800 Mérida, Badajoz

\*\*\*SOLATOM, Universidad Politécnica de Valencia, C/ Pedro Duque, 7, 46022 Valencia

<https://doi.org/10.34637/cies2020.2.4147>

## RESUMEN

En Extremadura se produce 1/3 de la producción total de corcho de España. La mayor parte de este corcho se destina a la fabricación de tapones de corcho natural. En el proceso de fabricación de los tapones, el corcho natural tiene que ser cocido para que se vuelva más flexible. Durante el cocido, el corcho se sumerge en agua a 99 - 100 °C. Generalmente este agua se calienta mediante un quemador de pellets. En este trabajo se describe la instalación de concentración solar ubicada en la corchera Natural Cork. Esta instalación genera agua caliente para el proceso de cocido de la corchera. Esta instalación se ha probado durante la temporada de cocido de 2019-2020 consiguiendo aportar el agua de cocido de caldera desde los depósitos de almacenamiento de la planta.

PALABRAS CLAVE: Energía Solar, Corcho, Corchera, Media Temperatura

## ABSTRACT

1/3 of the total cork production in Spain is produced in Extremadura. Most of this cork is used to make cork stoppers. In the process of making cork stoppers, the cork has to be boiled to make it more flexible. During boiling, the cork is immersed in water at 99-100 °C. This water is usually heated by a pellet burner in a boiler. This work describes a solar plant located in the cork factory Natural Cork. This installation provides hot water for the cork boiling process. This installation has been successfully tested during the 2019-2020 cork boiling season, managing to supply the boiler hot water from the plant's storage tanks.

KEYWORDS: Solar Energy, Cork, Cork factory, Medium Temperature

## INTRODUCCIÓN

Al año se extraen 61.700 toneladas de corcho en España, lo que supone el 30% de la producción de corcho a nivel mundial. Entre las comunidades Españolas con mayor relevancia se encuentra Extremadura, donde se producen alrededor de 21.820 toneladas al año (1/3 de la producción total de España). La mayor parte de este corcho se destina a la fabricación de tapones de corcho natural. Antes de ser procesado en tapones, el corcho natural tiene que ser cocido para que se vuelva más flexible. El proceso de cocido dura aproximadamente una hora, en la que el agua caliente aumenta el volumen del corcho alrededor de un 20%, tornándolo más liso y suave, luego más fácil de trabajar. El proceso de cocido es un proceso térmico donde el agua contenida en la caldera de cocido, se calienta hasta los 99 °C mediante hornos de leña (los cuales han ido siendo sustituidos progresivamente por quemadores de pellet).

Extremadura cuenta con una radiación solar excelente, la zona de Badajoz por ejemplo tiene una irradiación global media diaria de 5,02 (Aemet, 2012), por lo que la sitúa como una de las áreas españolas con mayor potencial para las aplicaciones solares. En este trabajo se describe la implementación y los resultados de una planta de concentración solar (ver Fig. 1) para suministrar agua caliente a la caldera de cocción de la corchera Natural Cork ubicada en San Vicente de Alcántara (a 63 km de Badajoz).

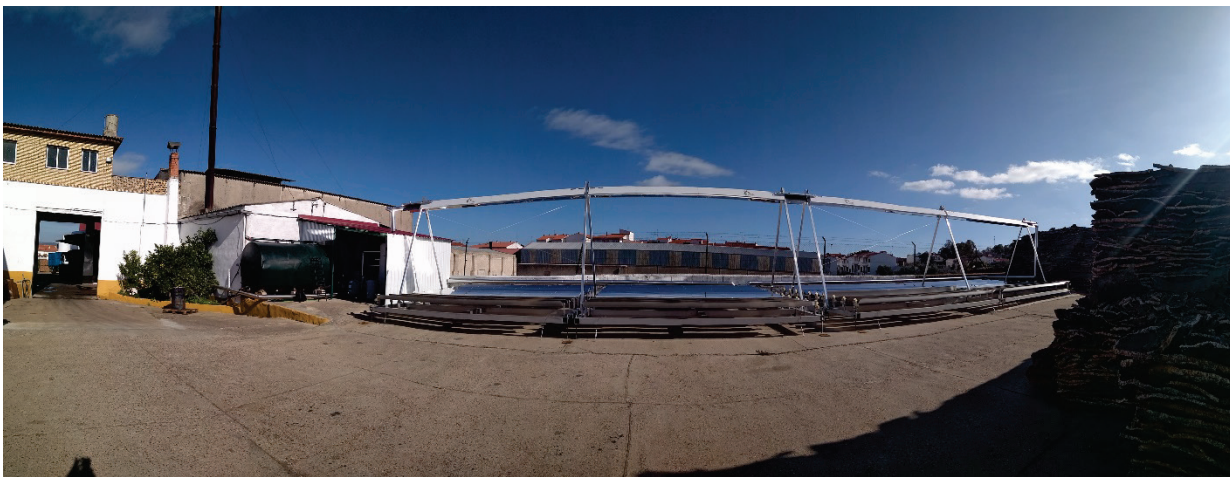


Fig. 1 Planta solar de concentración en Natural Cork

## PROCESO DE COCIDO DE CORCHO EN NATURAL CORK

El cocido del corcho en Natural Cork se realiza mediante una única caldera de cocido. La caldera es de acero inoxidable y tiene alrededor de 10,12 m<sup>3</sup> de volumen (2,25 x 1,5 x 3 m). La caldera de cocción se calienta a través de un quemador de pellets de 300 kW situado en la parte inferior de la caldera. El corcho se introduce por la parte de arriba en fardos, y se sumerge en el interior de la caldera. El volumen interno de agua de la caldera es de 6.000 litros (descontando el volumen del fardo de corcho). El agua de llenado de la caldera proviene de un depósito al que alimenta un pozo. El llenado de la caldera se realiza mediante una válvula manual, por diferencia de nivel entre el depósito de alimentación y la caldera. La Fig.2 muestra una imagen de la caldera de cocción de corcho de Natural Cork.

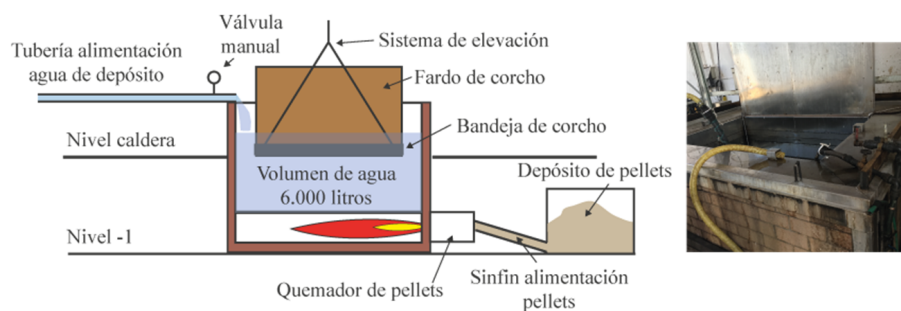


Fig. 2 Esquema e imagen de la caldera de cocción de corcho de Natural Cork

En una semana de operación normal en Natural Cork se suele dejar preparada la caldera con el agua limpia el viernes, para comenzar a operar el lunes siguiente a primera hora de la mañana. El domingo el quemador se pone en marcha unas horas (de 15:00 a 19:00 horas aproximadamente), para ir calentando el agua. Durante el calentamiento previo a la jornada de producción, el consumo es de aproximadamente 250 kg de pellets, y la temperatura del agua en el interior de la caldera pasa de 22 °C a 75 °C. La caldera se tapa para mantener la temperatura lo máximo posible. El lunes, 5 horas antes de comenzar a cocer, el quemador se pone nuevamente en marcha para completar el calentamiento del agua, y una vez alcanzada la temperatura de consigna (99 – 100 °C), el quemador reduce la potencia. Se destapa la caldera y comienzan a introducirse los fardos de corcho. Durante un día de cocido normal se realiza entre 7 y 8 cocidos o “calderadas”. Cada calderada dura entre 70 y 75 minutos. En cada calderada, se va añadiendo agua fría manualmente para reponer las pérdidas debidas a la evaporación y a la absorción del corcho. Esta agua fría debe ser calentada por el quemador de pellet. El quemador de pellet opera alrededor de 40 min para mantener la temperatura de cocido cercana a los 97 °C. Con cada calderada el agua de la caldera se hace más turbia, siendo necesaria cambiarla por completo 2 veces por semana. Durante los fines de semana no se cuece corcho.

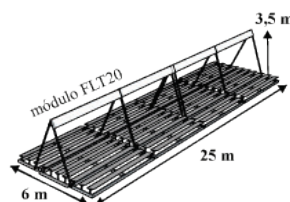
### INSTALACIÓN SOLAR

El objetivo de la instalación solar instalada en Natural Cork es precalentar el agua de alimentación de la caldera de cocción para así reducir el consumo del quemador de pellets. El campo solar está compuesto por 4 módulos de concentración solar FLT20 del fabricante SOLATOM. Los módulos tienen una óptica Fresnel lineal y cada uno de ellos tiene una potencia nominal de 14,5 KWt, y un área de apertura de 26,4 m<sup>2</sup>. Los 4 módulos están ubicados en serie con una orientación Norte-Sur (con un desvío de 13° a Este). La superficie total ocupada por el campo solar es de aproximadamente 150 m<sup>2</sup>, y está localizada en la parte Sur de la fábrica, a escasos 7 metros de la caldera de cocido (ver Fig. 3).

San Vicente de Alcántara (Badajoz) Lat:39.361308, Long: -7.144506



3D del campo solar



Características de los módulos FLT20

Datos para 1 módulo	
Potencia entregada*	14,5 kWt
Apertura neta de espejos	26,4 m <sup>2</sup>
Superficie necesaria	36 m <sup>2</sup>
Peso específico (relativo al área del colector)	26 kg/m <sup>2</sup>
Max. velocidad de viento en operación	70 km/h
Max. velocidad viento (en protección)	150 km/h
Vida útil	20 años

\* Condiciones de referencia: DNI=900 W/m<sup>2</sup>, T<sub>amb</sub>=15 °C, T<sub>amb</sub>=180 °C, T<sub>amb</sub>=-30 °C, θ<sub>inc</sub>=15°, θ<sub>inc</sub>=0°

Fig. 3 Localización del campo solar y sus principales características

El campo solar está conectado a dos depósitos, mediante un intercambiador de calor. El circuito primario o solar, utiliza una mezcla de agua glicolada trabajando a 6 bar de presión. El circuito secundario trabaja con agua a 5 bar de presión. Los depósitos pequeño y grande, son de 1.000 y 5.000 litros respectivamente. La función del depósito pequeño es la de proporcionar agua caliente a la balsa de cocido durante las “calderadas”, el depósito grande tiene como objetivo aportar agua caliente a la balsa cuando esta se reemplaza (ver Fig. 4).

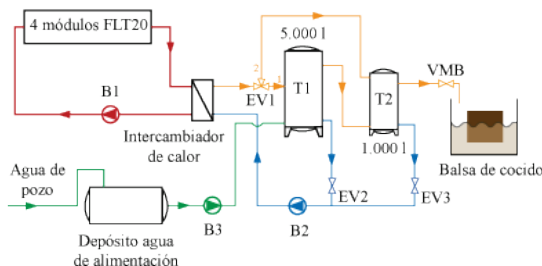


Fig. 4 Esquema hidráulico e implementación en campo

MODOS DE OPERACIÓN

Durante el funcionamiento normal el campo solar se activa cuando la radiación solar supera los 200 W/m<sup>2</sup> medida en el piranómetro de la planta. Al activarse el campo la bomba B1 arranca y el fluido comienza a circular en el primario del campo solar. Este modo de operación se denomina precalentamiento (modo 1 en Fig. 5). Cuando la temperatura en el primario supera la temperatura del secundario, la bomba B2 arranca, y la energía del primario empieza a calentar los depósitos de almacenamiento. Entre semana el campo solar calienta el depósito de 1.000 litros, el cual únicamente da servicio al agua entre calderadas. Para ello se pone en posición 2 la electroválvula de 3 vías EV1, se cierra la electroválvula EV2, y se abre la EV3 (modo 2 en Fig. 5). Durante los fines de semana, cuando no hay cocido de corcho, el campo solar calienta ambos depósitos. Para ello la EV1 se pone en posición 1, la EV2 se cierra, y la EV3 se abre. Las bombas B1 y B2 están en funcionamiento (modo 4 en Fig. 5). Si el depósito de 1.000 litros estaba cargado previamente y se desea únicamente cargar el depósito de 5.000 litros la válvula EV2 se abre mientras que la EV1 permanece cerrada (modo 3 en Fig. 5).

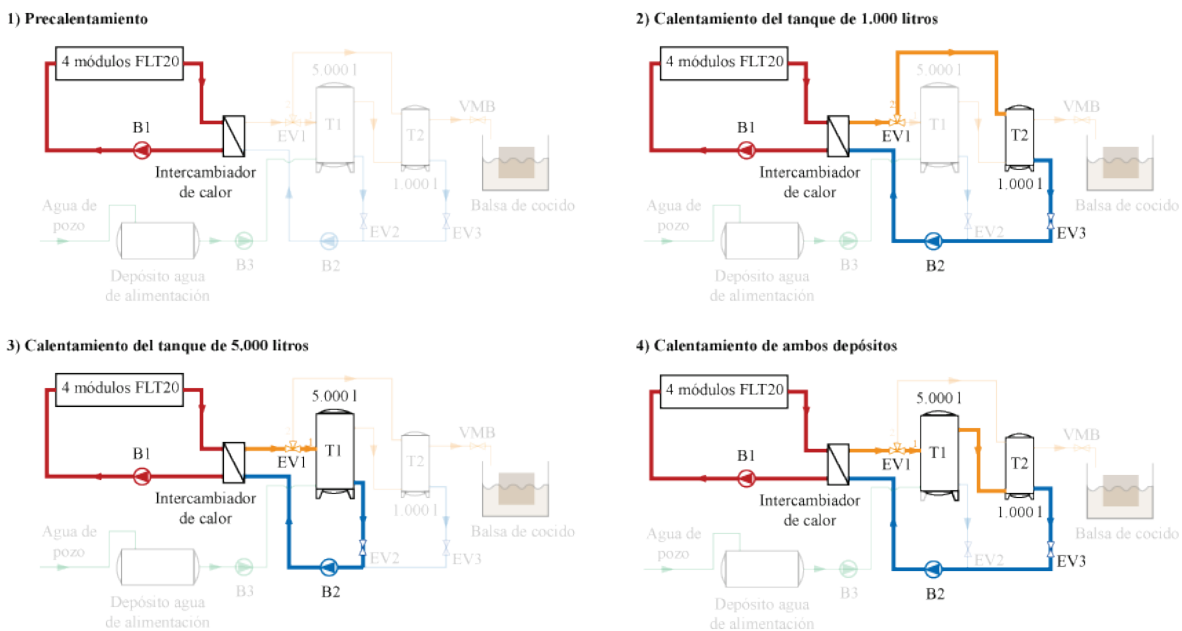


Fig. 5 Modos de operación de carga utilizados en la planta solar

Cuando se desea rellenar la caldera de cocido con agua caliente, se abre la válvula manual VMB y el agua comienza a circular. La presión del secundario cae progresivamente y cuando alcanza los 3 bares la bomba B3 se activa introduciendo agua del depósito, y presurizando de nuevo el circuito. La descarga puede realizarse mientras los depósitos están cargándose (modo 6 en Fig. 6) o cuando no existe carga del campo solar (modo 5 en Fig. 6)

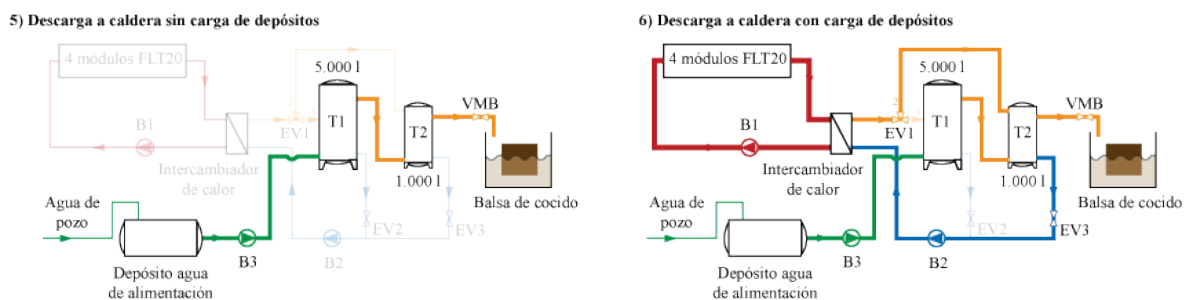


Fig. 6 Modos de operación de descarga utilizados en la planta solar

## OPERACIÓN

La planta solar ha tenido un funcionamiento continuado desde Octubre 2019, cuando la planta se puso en funcionamiento, hasta Mayo 2020, cuando terminó la temporada de cocido. Desde Junio 2020 la planta se ha puesto en funcionamiento en momentos puntuales para analizar su comportamiento en los meses de verano.

La figura 7 muestra la operación de la planta durante el día 2 de Septiembre de 2020. Durante este día no hay cocido de corcho por lo que la planta únicamente carga los depósitos aumentando su temperatura hasta la temperatura objetivo (82 °C en este caso). La operación comienza a las 9:30 cuando la bomba B1 del campo se pone en funcionamiento y la planta solar empieza a precalentar (modo 1 Fig. 5). A las 9:45 el campo solar está más caliente que el depósito T2 de 1.000 litros, y por tanto ya es posible empezar a calentar el depósito. La planta solar pasa a modo 2. La temperatura del depósito T2 comienza a subir desde los 38 °C iniciales, hasta que a las 12:10 se alcanza la temperatura objetivo. En ese momento las electroválvulas actúan y se cambia el modo al 3. En este modo el campo solar calienta el depósito T1 de 5.000 litros. A las 18:00 el modo vuelve a cambiar al 2 ya que el depósito T2 ha bajado su temperatura. En apenas 10 minutos el campo solar vuelve a poner el depósito T2 a la temperatura objetivo y de nuevo se reanuda la carga del T1. La operación de la planta para alrededor de las 20:00. Al final del día el depósito T2 ha alcanzado su temperatura objetivo, subiendo de 38 a 82 °C, y el depósito T2 ha subido de 39 °C a 80 °C.

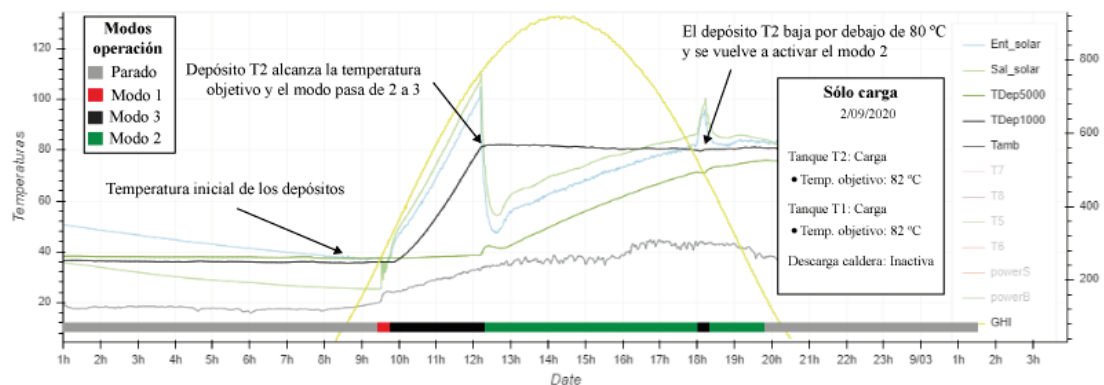


Fig. 7 Operación el 2 de Septiembre de 2020

En el ejemplo de operación anterior la corchera no está cociendo por lo que no se descarga agua caliente a la caldera. A continuación se presenta un caso donde además de cargar los depósitos, también se descarga a la caldera. La figura 8 muestra la operación de la planta durante el día 18 de Mayo de 2020, uno de los últimos días de cocido de la temporada. Durante este día el campo solar calienta el depósito T2 a 80 °C (temperatura objetivo para ese día), cuando lo consigue pasa a calentar el depósito T1. Durante este día se producen 6 calderadas. En cada calderada se descargan 1.000 litros de agua caliente del depósito T2 a la caldera de cocción. El modo de funcionamiento cuando hay descarga a caldera y carga a depósitos es el 6 (ver Fig. 5). Tal y como se puede observar con cada descarga la temperatura del depósito T2 (línea negra "TDep1000") cae al ser rellenado por agua más fría del depósito T1. El campo solar consigue recuperar la temperatura del depósito T2 a 80 °C antes de la siguiente calderada. La temperatura del depósito T1 (línea verde "TDep5000") va cayendo también con cada calderada al ser rellenado con agua fresca del tanque de alimentación. A las 17:10 termina la última calderada y el campo solar calienta de nuevo el depósito T2 (modo 2 Fig. 5), quien llega a los 80 °C objetivo a las 18:40. En ese momento el campo pasa a calentar el depósito T1 (modo 3 Fig. 5), quien termina a 51 °C al finalizar el día. Durante el atardecer y noche de ese día, los depósitos sufren un enfriamiento progresivo. La pérdida de temperatura durante la noche en el depósito T1 es de 1,23 °C, mientras que en el depósito de 1.000 litros es de 3,89 °C.

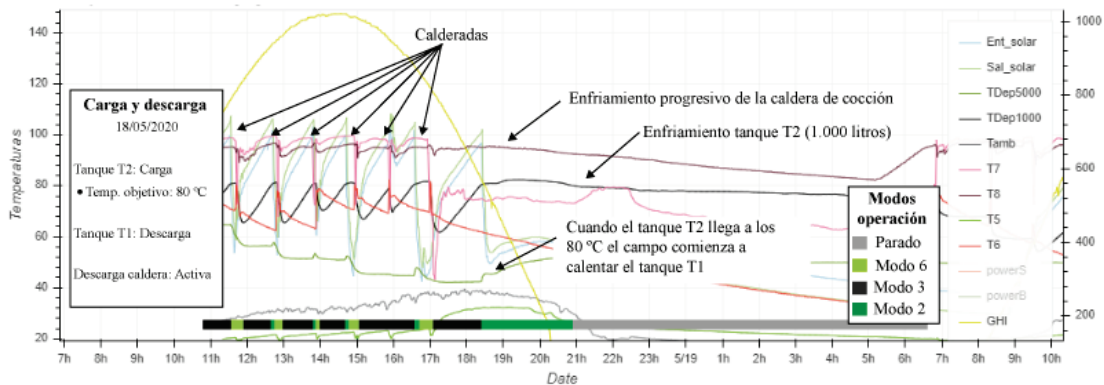


Fig. 8 Operación el 18 de Mayo de 2020

## CONCLUSIONES

El sector del corcho natural en España presenta un gran potencial para integrar sistemas solares de concentración. Además de estar la mayoría de corcheras ubicadas en una de las zonas con mayor radiación del país, las temperaturas necesarias en el proceso de cocción son fácilmente alcanzables por captadores de concentración de media temperatura. La operación de la planta solar de concentración de Natural Cork ha demostrado como una instalación de estas características es capaz de aportar agua caliente durante las calderadas, así como durante el relleno de la caldera.

## AGRADECIMIENTOS

A la empresa Natural Cork, por su total colaboración en este trabajo, facilitando la instalación y el manejo del sistema solar y de su sistema de producción. Este trabajo está enmarcado en el proyecto IDERCEXA (Investigación, Desarrollo y Energías Renovables para la mejora del tejido empresarial en Centro, EXTremadura y Alentejo), el cual está cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional FEDER a través del Programa Interreg V-A España-Portugal (POCTEP) 2014-2020.

## REFERENCIAS

Aemet. 2012, “Atlas de Radiación Solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMETSAT”