

HYDROSOLAR 21. FRÍO E HIDRÓGENO MEDIANTE ENERGÍAS RENOVABLES

Luis R. Rodríguez Cano¹ y Gabriel García Herbosa²

I. Las energías renovables y el almacenamiento de energía.

Las necesidades energéticas mundiales, imprescindibles para el mantenimiento de la vida en nuestro planeta, están conduciendo a un notable desgaste de las fuentes de energía no renovables, como el carbón, el petróleo, el gas natural, o el uranio. Hasta ahora la humanidad se ha dedicado casi exclusivamente a consumir los enormes depósitos de carbón y petróleo generados a lo largo de millones de años, perturbando con ello el ciclo del dióxido de carbono (CO₂) y contribuyendo en consecuencia al calentamiento global, derivado del efecto invernadero, cuyas consecuencias comienzan a manifestarse. En un periodo de tiempo ínfimo para la esperanza de vida en la Tierra, estimada en unos mil millones de años, estas fuentes estarán agotadas; incluso los recursos alternativos, como las pizarras bituminosas y las arenas asfálticas habrán corrido la misma suerte. Cabe pensar que antes de que se consuma este agotamiento, la humanidad habrá resuelto el problema del abastecimiento energético, como por ejemplo haciendo viable la fusión nuclear, que por el momento resulta demasiado esquiva para las técnicas actuales. Mientras tanto, los efectos potenciales del cambio climático que estamos viviendo son muy serios y, lo más importante de todo, irreversibles. Europa no puede permitirse esperar más y debe perseguir el ideal de un sistema energético sostenible y libre de emisiones contaminantes.

Mientras se alcanza el estado de desarrollo científico-técnico necesario para un abastecimiento estable a partir de la fusión nuclear y teniendo presente que, con contaminación o sin ella, se usará de una forma u otra hasta el último gramo de combustible fósil o nuclear, la humanidad se enfrenta al problema del abastecimiento energético universal y limpio. Con el grado de conocimiento actual, las energías renovables pueden ser la solución al problema. El estado de desarrollo de las mismas está en fase de resolución avanzada en el campo científico y adolece de un desarrollo decidido por parte de los sectores industrial y social. Es en este último terreno donde los poderes públicos tienen su campo de actuación y la capacidad de liderazgo imprescindible para la implantación de una nueva cultura del uso de la energía.

La necesidad de ajustar la oferta energética a la demanda exige en general una etapa de almacenamiento de la energía. Esta exigencia es más patente en el caso de las energías renovables de origen solar o eólico debido a su carácter de intermitencia causado por las condiciones meteorológicas locales. El hidrógeno se perfila en estos momentos como la solución más probable al almacenamiento energético. Se inicia por ello la denominada era del hidrógeno. La transición hacia esta era no va a ser repentina sino paulatina. Para adaptarse a los cambios que conllevará esta transición la Unión Europea ha encargado la realización de una "hoja de ruta" que nos lleve desde la actual economía basada en los combustibles fósiles hasta una economía basada en el hidrógeno y las pilas de combustible. Para ello, en octubre de 2002 se creó y comenzó a trabajar el llamado "High Level Group for Hydrogen and Fuel Cells" (Grupo de Alto Nivel para el Hidrógeno y las Pilas de Combustible), que en junio de 2003 presentó en Bruselas un informe con una serie de recomendaciones que necesitan abordarse desde este momento y con una perspectiva de veinte a

¹ Coordinador Universitario de HYDROSOLAR 21. Director del "Grupo de Energía Solar y Medio Ambiente Atmosférico" de la Universidad de Burgos

² HYDROSOLAR 21. Director del "Grupo AMIDO (Investigación en Hidrógeno)" de la Universidad de Burgos

treinta años vista. La primera de un total de ocho recomendaciones, se refiere a la necesidad de crear un marco político coherente entre el transporte, la energía y el medio ambiente que premie aquellas tecnologías que ayuden a alcanzar los objetivos políticos. La segunda, apuesta por un incremento sustancial del presupuesto para la investigación científica y técnica en las tecnologías de hidrógeno y de las pilas de combustible, desde los programas de ciencia fundamental hasta los de validación de las tecnologías aplicadas.

En esta segunda recomendación, se enmarca el proyecto LIFE05ENV/E/000333 - HYDROSOLAR 21, recientemente concedido por la Comisión de la Comunidad Europea a la “Asociación Plan Estratégico Ciudad de Burgos”. El proyecto pretende mostrar en forma de experiencia piloto, por un lado la conversión y el almacenamiento de las energías solar y eólica en forma de hidrógeno, y por otro la posibilidad de la refrigeración autónoma de edificios a partir de la energía solar. En este proyecto figura como socio la Universidad de Burgos. El cometido de esta institución es la resolución de la parte científico-técnica del mismo. Con este proyecto la ciudad de Burgos y su Universidad se sitúan en la parrilla de salida de la transición hacia la economía del hidrógeno.

II. El Hidrógeno.

Uno de los escenarios que se consideran para sustituir al petróleo, antes de su extinción definitiva, es el hidrógeno. Este elemento no es una fuente primaria de energía como el carbón, el petróleo o el gas natural. No lo encontramos libre en la naturaleza. Se trata de un “transportador de energía”, como la electricidad, por lo que como ella tiene que ser producido a partir de otras formas de energía. Ambos, electricidad e hidrógeno, se denominan “vectores” energéticos. Son formas “nobles” de energía, y complementarias: se pueden transformar una en otra, y aprovechar las ventajas de cada una de ellas sobre la otra en las cuestiones de almacenamiento, transporte, producción y uso. En el proyecto HYDROSOLAR 21 se contempla la producción de hidrógeno como vector energético con el fin de generar a partir del mismo energía eléctrica para la iluminación de un edificio anejo al Centro Europeo de Empresas e Innovación (CEEI) de Burgos.

El hidrógeno puede obtenerse mediante energías renovables a partir del agua. Su consumo en una pila de hidrógeno libera energía y agua, esta última en la misma cantidad inicial necesaria para su obtención. Se cierra así un ciclo en el que mediante energías renovables se produce hidrógeno y se quema éste liberando energía y el agua que se necesitó para su obtención.

En el proyecto que describimos, el hidrógeno se producirá por electrolisis del agua, empleando como fuente energética dos formas de energía renovable: la eólica y la fotovoltaica. Esto permitirá, además de establecer un buen ejemplo de aplicación de las energías renovables, comparar ambas formas de obtención en un clima continental riguroso como es el de la ciudad de Burgos, evaluando el grado de cobertura que pueden proporcionar estas fuentes como suministro energético. En la figura 1 se ilustra el proceso mediante el cual se obtiene y se consume el hidrógeno a partir de células fotovoltaicas, mientras que en la figura 2 se ilustra el mismo proceso a partir de aerogeneradores.

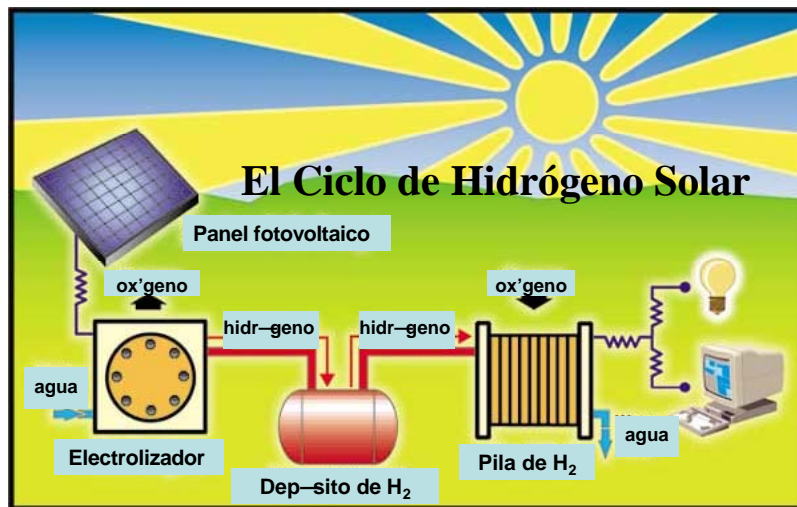


Figura 1. Producción de hidrógeno mediante energía fotovoltaica³

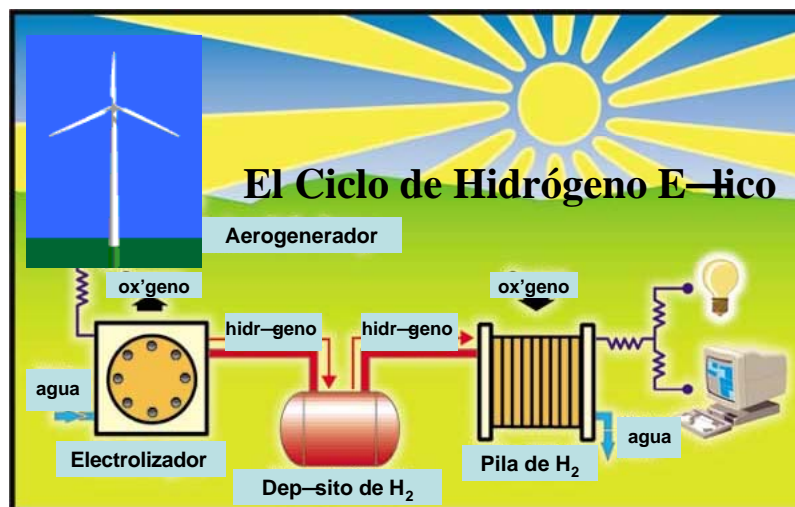
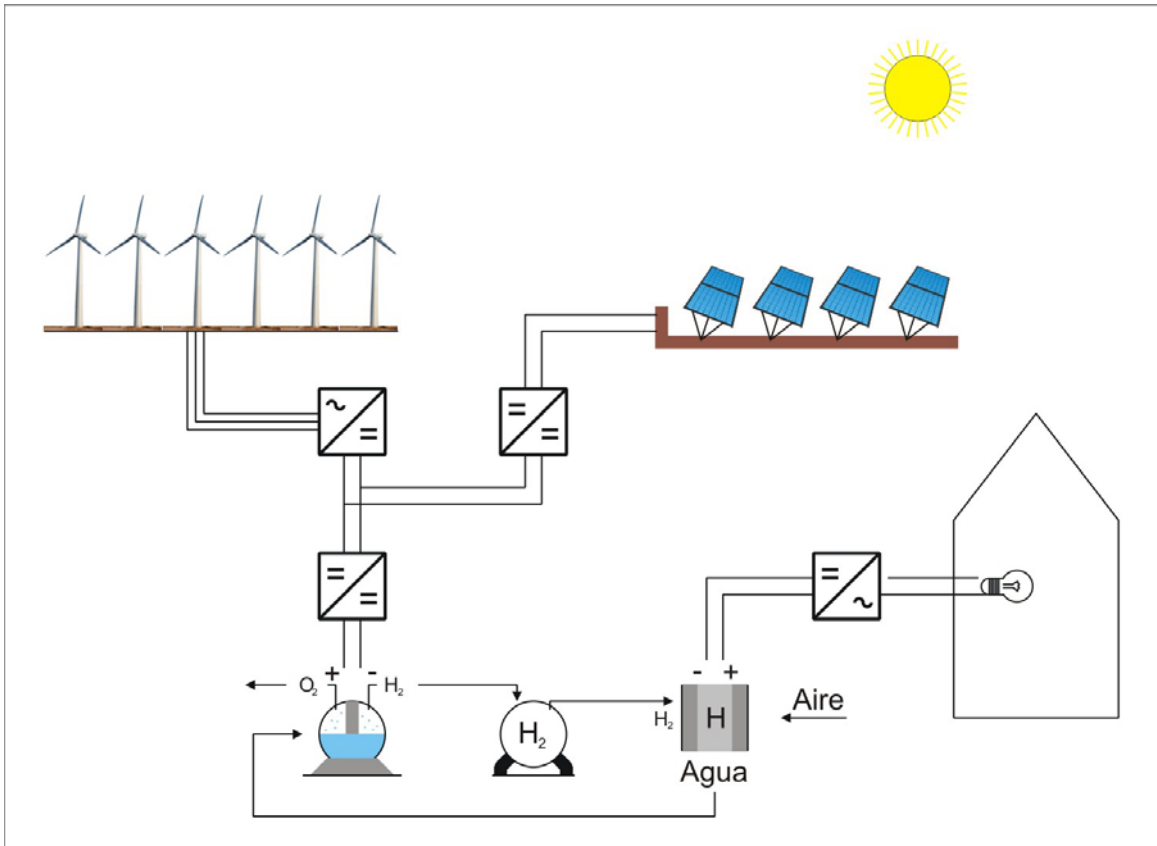


Figura 2. Producción de hidrógeno mediante energía eólica⁴

En el esquema 1 se muestra el sistema que, salvo pequeñas variantes, se empleará para la producción de hidrógeno. La potencia nominal del conjunto de los aerogeneradores será de 90kW, mientras que la del conjunto de los captadores fotovoltaicos lo será de 10 kW

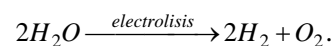
³ Imagen tomada de Schatz Energy Research Center.Humboldt State University (<http://www.humboldt.edu/~serc/solarh2cycle.html>)

⁴ Imagen tomada de Schatz Energy Research Center.Humboldt State University (<http://www.humboldt.edu/~serc/solarh2cycle.html>)

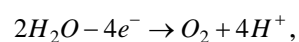


Esquema 1. Sistema de conversión, almacenamiento y consumo de hidrógeno.

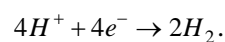
La energía eléctrica producida por los paneles y aerogeneradores se aplica a un electrolizador donde se realiza la electrolisis del agua siguiendo la reacción



En el ánodo tiene lugar la reacción



mientras que en el cátodo el proceso es



El hidrógeno producido se almacena en un depósito comunicado con una pila de combustible. En la pila, la combustión del hidrógeno genera energía eléctrica y como producto de reacción exclusivamente agua. Estamos ante un sistema energético libre de emisiones contaminantes. Hidrógeno y electricidad, conectados por las pilas de combustible, representan conjuntamente un sistema de energía sostenible limpio, tal vez el sistema ideal para el futuro.

Las pilas de combustible, inventadas en el siglo XIX pero utilizadas por vez primera en las misiones espaciales Apolo en la década de los 60, son dispositivos que en un proceso inverso al de electrolisis producen electricidad mediante la reacción del hidrógeno y del oxígeno en sus electrodos. Éstos actúan como catalizadores de una reacción que consume hidrógeno y oxígeno liberando agua como único producto de la misma. Existen varios tipos de células de combustible en función de la

naturaleza de los electrodos y del electrolito soporte. Uno de estos tipos son las denominadas PEM (polymer electrolyte membrane o proton exchange membrane). En la figura 3 se ilustra de manera esquemática uno de estos dispositivos.

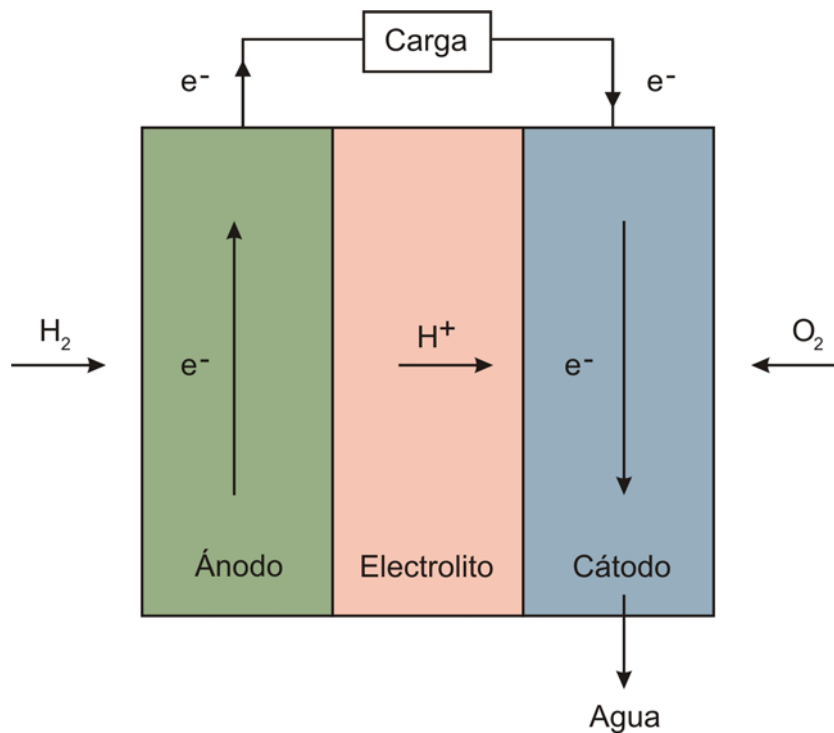
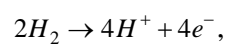


Figura 3. Célula de combustible tipo PEM

Las reacciones que tienen lugar en una célula PEM son: para el hidrógeno

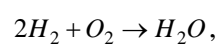


y para el oxígeno,



Estas dos reacciones producen un flujo continuo de electrones entre ambos electrodos cuando se cierra el circuito a través una resistencia eléctrica (carga). Como se ve en la figura 3, los protones H^+ deben migrar a través del electrolito, que es un polímero químicamente modificado para permitir sólo el tránsito de los mismos.

En el proceso global se consumen hidrógeno y oxígeno, para dar agua:



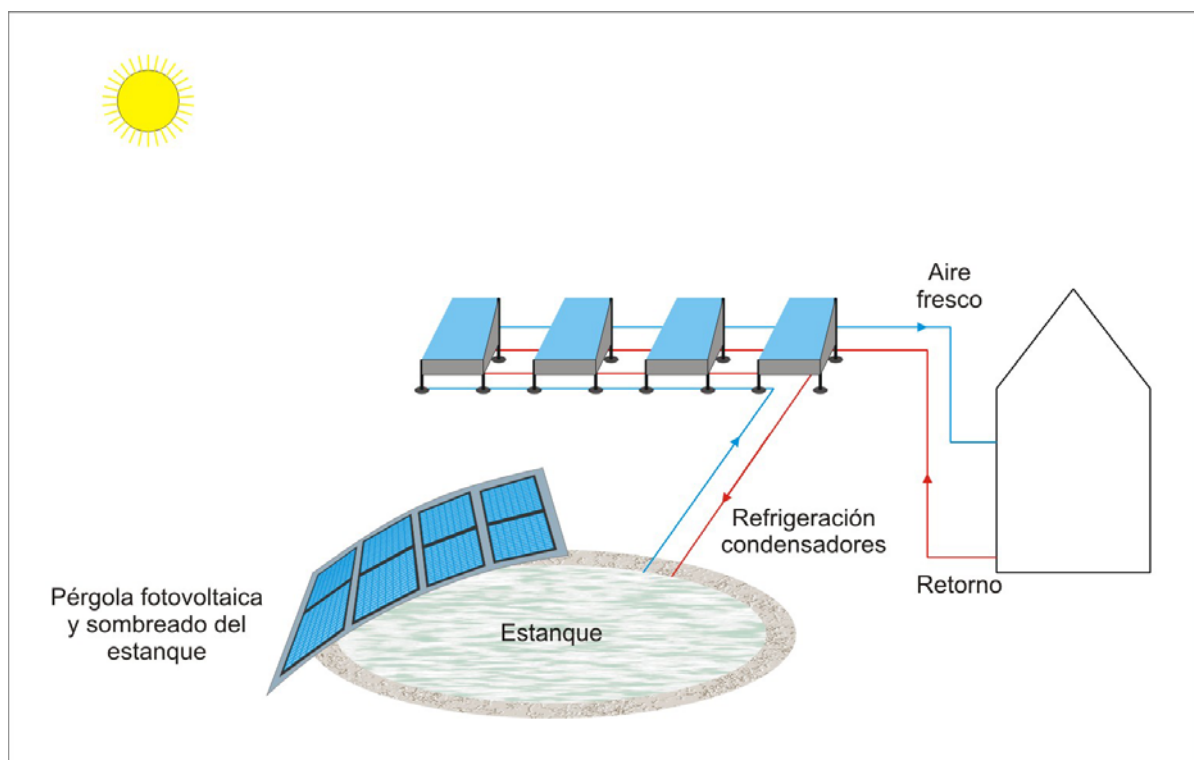
de manera que el agua consumida inicialmente en la electrolisis para producir hidrógeno se recupera íntegramente en la pila de combustible. Se produce así energía eléctrica en un proceso medioambientalmente impecable.

En las primeras etapas de la transición a una energía basada en el hidrógeno, éste previsiblemente se producirá a partir de fuentes primarias no renovables. Posteriormente las fuentes de energía renovables desplazarán paulatinamente a las primeras en esta tarea. La utilización de la energía solar para la producción de hidrógeno a gran escala es una opción importante, en especial para los países del sur de Europa.

Los beneficios del hidrógeno, obtenido mediante las energías solar y eólica, y las pilas combustible son muy grandes, pero no serán notorios hasta que su empleo se haya extendido. Con el uso del hidrógeno en pilas de combustible las emisiones de CO₂, así como de óxidos de nitrógeno o de azufre responsables de la lluvia ácida, se eliminan, con la consiguiente mejora de la calidad del aire, la salud del planeta y la reducción del efecto invernadero.

III. El frío solar por adsorción.

La producción de frío mediante energía solar presenta un gran interés. En efecto, a diferencia de la calefacción solar, que en muchas latitudes es escasa en periodos invernales, la refrigeración solar generalmente conjuga la máxima demanda de frío con la máxima oferta de energía solar. En el proyecto HYDROSOLAR 21 se desarrollará, a partir de nuestro prototipo de laboratorio, un sistema de refrigeración de edificios mediante la adsorción de metanol por carbón activo. El proceso es completamente limpio y funciona, en principio sin conexión a la red eléctrica; su nivel tecnológico es medio y por lo tanto será adecuado en caso necesario para la transferencia tecnológica a países en desarrollo con amplias capas de sus poblaciones sin acceso a la infraestructura eléctrica. En el esquema 2 se ilustra el diagrama del sistema de producción de frío solar por adsorción



Esquema 2. Refrigeración solar por adsorción.

Un frigorífico solar por adsorción consta de un captador que absorbe energía solar y calienta el generador del sistema. Este elemento consiste en un tubo metálico recubierto de una pintura selectiva o negra en su caso y en cuyo interior hay carbón activo. El sistema se completa, en esencia, con un condensador, un evaporador y una cámara de frío.

En la figura 4 se ilustra el funcionamiento del frigorífico solar. Cuando el carbón activo embebido en metanol se calienta en la fase diurna por efecto de la radiación solar, comienza a desorber (expulsar) el metanol en estado gaseoso, este vapor se condensa a su paso por el condensador y gotea en la cámara de frío. Al llegar la noche, la presión y la temperatura descienden.

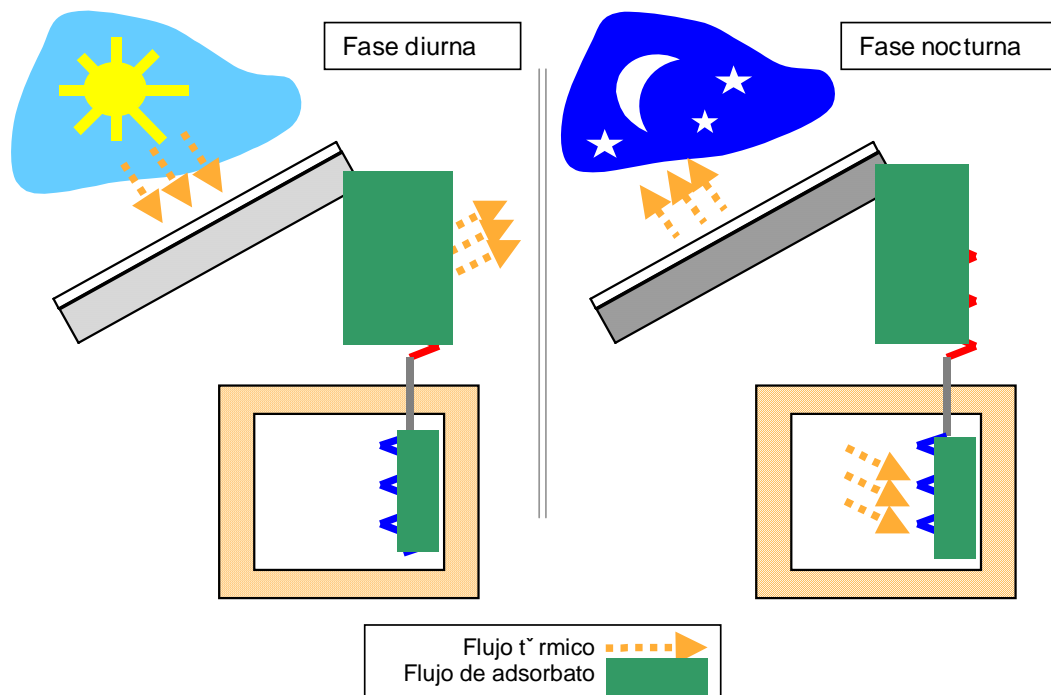


Figura 4. Fases de funcionamiento del refrigerador solar por adsorción

en el circuito. Se crean así las condiciones para la evaporación del metanol y su consiguiente adsorción por el carbón activo. El proceso de evaporación absorbe calor de la cámara fría refrigerándola. Se tiene por lo tanto un sistema que produce frío durante el periodo nocturno y que regenera el carbón activo en el diurno. El proceso es cíclico y se repetirá mientras se mantengan las condiciones de estanqueidad en el circuito y el nivel de radiación solar. En la figura 5 se ilustra es prototipo de laboratorio del año 2005 que sirve de modelo para la fabricación del prototipo preindustrial del proyecto.



Figura 5. Prototipo del frigorífico solar de 2005

IV. Conclusión

Entre los retos a los que nos enfrentamos figuran siempre, en lugar destacado, tanto el abastecimiento energético seguro como la conservación del medio ambiente. Siendo España una de las naciones más extensas y soleadas de la Unión Europea, parece sensato que se sitúe en el grupo de cabeza de los países que efectúen la transición de la economía del carbono a la del hidrógeno a partir de las energías renovables, para asegurar el aprovisionamiento energético cuando los combustibles tradicionales den muestras de agotamiento. Muchas de las tareas de investigación, desarrollo e innovación en este campo están por hacer; quienes antes comiencen a ejecutarlas mejor situados estarán para ganar el futuro. Con el proyecto HYDROSOLAR 21 intentamos realizar una modesta aportación en esta línea, en la idea de lograr un futuro energético limpio para nuestro país.