

## PRIMEROS RESULTADOS DE LA CONEXIÓN A RED DE UN DISCO PARABÓLICO CON MOTOR STIRLING, EN LA ESCUELA SUPERIOR DE INGENIEROS DE SEVILLA

**Silva Pérez M.A.\***, **Lillo Bravo I.\***, **Ruiz Hernández V.\***,  
**Larrañeta Gómez-Caminero C.\***

\* Grupo de Termodinámica, Departamento de Ingeniería Energética y Mecánica de Fluidos de la Universidad de Sevilla. Escuela Superior de Ingenieros, Camino de los Descubrimientos s/n, Sevilla 41092, España. Tel. 954487233, varuher@esi.us.es

### RESUMEN

En marzo de 2004 se finalizó la instalación de un disco parabólico con motor Stirling en la Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla. Este sistema está integrado en un proyecto, llamado EnviroDish, en el que se prevé instalar varias unidades en distintos países con el fin de recabar datos fiables sobre el funcionamiento de estos sistemas y los costes reales de instalación y O&M. El sistema que se describe presenta la particularidad de estar conectado a la red de distribución, acogido al Régimen Especial. En el presente artículo se describe la instalación y se presenta un avance de los primeros resultados de operación.

**PALABRAS CLAVE:** Energía Solar, Sistemas de concentración, Alta temperatura, Disco parabólico, Ciclo Stirling.

### ABSTRACT

A Parabolic Dish System has been installed and is operating since March 2004 at the Seville Engineering School (Escuela Superior de Ingenieros). The system is integrated in a wider project, called EnviroDish, that includes the installation of several units in different countries with the aim to gather reliable data on system performance and installation and O&M costs. The system is connected to the grid and the electricity generated is sold to the regional utility with the benefits of the Special Regime. In the present paper we describe the installation and present an advance of the first operating results.

**KEYWORDS:** Solar Energy, Concentrating Systems, High Temperature, Parabolic Dish, Stirling Cycle.

## INTRODUCCIÓN

El proyecto DISPA-Stirling forma parte de un proyecto más amplio, denominado EnviroDish, que consiste en la instalación, puesta en marcha y operación rutinaria de varios sistemas de disco parabólico de 10 kW de potencia nominal desarrollados por el consorcio EnviroDish<sup>1</sup>. El proyecto se enmarca dentro de las actividades del CENTER en el campo del aprovechamiento de la energía solar a media y alta temperatura, y más específicamente en la línea de profundizar en el conocimiento de la tecnología de disco parabólico, especialmente adecuada para sistemas de generación distribuida.

El objetivo principal del proyecto EnviroDish es preparar la introducción en el mercado de estos sistemas mediante la reducción de costes de fabricación, instalación y mantenimiento. Los objetivos perseguidos son:

- Obtener experiencia sobre los procesos de instalación, operación y mantenimiento en entornos típicos para el funcionamiento real de estos sistemas.
- Servir de escaparate para el público interesado y ayudar a encontrar y a convencer a clientes futuros.
- Facilitar a los socios locales el acceso a la tecnología. Se contempla como socios potenciales a organizaciones con actividad en el campo de la energía solar (compañías eléctricas, centros de investigación, universidades, etc.).

Los socios locales contribuyen económicamente al proyecto, preparan la infraestructura requerida y se responsabilizan de la operación y el mantenimiento rutinario del sistema. Los datos recogidos de las diferentes unidades se integran en una base de datos común, a la que tiene acceso todos los socios. La participación del CENTER en el proyecto EnviroDish se materializa en el proyecto DISPA-Stirling, subvencionado por la Consejería de Empleo y Desarrollo Tecnológico de la Junta de Andalucía y con la colaboración de Sevillana-Endesa. Además de los ya enunciados, los objetivos del CENTER en este proyecto son:

- Ampliar las líneas de trabajo en el campo de los sistemas termosolares de concentración a los sistemas de discos parabólicos con motores Stirling, que integran dos tecnologías adecuadas para entornos de generación distribuida.
- Disponer de una instalación experimental para el desarrollo de las actividades de investigación y desarrollo en colaboración con la Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla.

## SISTEMAS DE DISCO PARABÓLICO.

Los sistemas de disco parabólico tiene un carácter modular, con potencias unitarias normalmente comprendidas entre 5 y 25 kW. El principio de funcionamiento es sencillo: el concentrador es un elemento con una alta reflectancia (generalmente algún tipo de espejo) que debido a su geometría de parabolóide de revolución concentra la radiación solar directa en una pequeña zona donde se coloca un receptor que se encarga de absorber la radiación solar concentrada y de transmitir esa energía térmica al fluido de trabajo del motor Stirling donde se transforma en energía mecánica. Finalmente, acoplado un alternador al motor Stirling se convierte esa energía mecánica en electricidad, que, en este caso, se cede a la red

<sup>1</sup> El consorcio EnviroDish está formado por las empresas alemanas SBP (ingeniería del conjunto, diseño y fabricación del concentrador), SOLO (motor Stirling) y MERO (estructura).

eléctrica general. Adicionalmente el sistema disco-motor Stirling necesita de otros elementos: estructura móvil que soporte el conjunto concentrador-motor; sistema de seguimiento solar y sistema de control del motor, sobre todo de las presiones y temperaturas.

El coste actual de instalación de un sistema individual disco/Stirling está entre 10.000 y 15.000 Euros/kW. Se estima que la producción en serie de estos equipos reduciría los costes notablemente, hasta 1600 €/kW para una producción de 10000 uds./año (Heller et al. 2000). El objetivo es alcanzar un coste de producción de electricidad de 15 céntimos de euro/kWh producido. Para conseguir este objetivo, deben combinarse varios factores, que van desde la reducción de los costes de los equipos mediante la fabricación en serie o la el abaratamiento de componentes al desarrollo de sistemas híbridos y/o de cogeneración, pasando por mejora de la fiabilidad y la completa automatización de los sistemas.

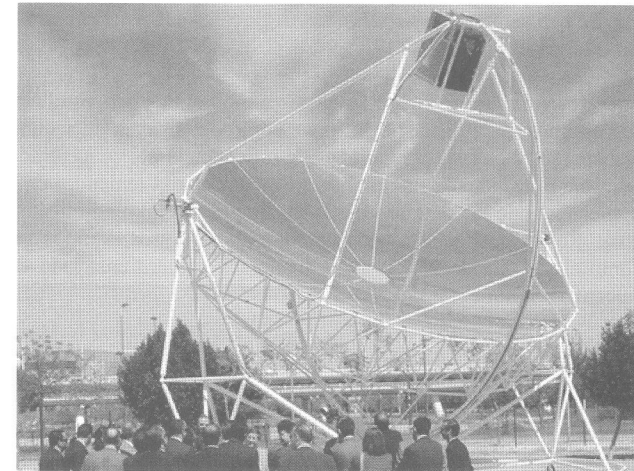


Ilustración 1. Inauguración de la instalación de disco parabólico en la ESI de Sevilla

## LA INSTALACIÓN DE LA ESI DE SEVILLA.

El sistema instalado en la Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla es el conocido como EuroDish, cuyas características más destacadas (Reinalter et al. 2003), son:

- Potencia neta nominal: 9,2 kW
- Diámetro de la apertura del concentrador : 8,5 m
- Factor de concentración: 2500
- Motor SOLO de 2 cilindros en V a 90°, 160 cm<sup>3</sup>
- Gas de trabajo: Hidrógeno
- Presión de trabajo: 20-150 bar
- Conexión eléctrica: 400 V, 50 Hz, 3 fases
- Sistema de seguimiento con suspensión azimutal.
- Cimentación en hormigón armado, tolerancia en planaridad para la superficie de rodadura: ±5 mm
- Estructura, constituida por una celosía, a base de rótulas y barras.

## RESULTADOS DE OPERACIÓN

El sistema Disco/Stirling de la E.S.I. comenzó a operar el día 9 de Marzo de 2004 y hasta finales de junio de 2004 lleva algo más de 260 horas de operación habiendo vertido 1030 kWh a la red eléctrica de la compañía eléctrica local (Sevillana-Endesa). El mantenimiento del sistema durante este periodo se ha reducido a pequeñas recargas semanales del hidrogeno utilizado como fluido de trabajo en el interior del motor Stirling.

En la Ilustración 2 se presentan la potencia eléctrica bruta generada y el rendimiento, obtenido como el cociente entre la potencia bruta y el producto de la irradiancia solar por la superficie de apertura del disco, para dos días de operación. El primero de ellos (27 de mayo) es un día muy variable, como se aprecia en la curva de irradiancia solar, mientras que el segundo (22 de junio) es mucho más estable. En la Ilustración 3 se presenta la evolución de algunos parámetros de operación del motor y el receptor correspondientes a los mismos días. Se han estimado los rendimientos globales del sistema completo en ambos días obteniéndose un rendimiento  $\eta \approx 11\%$ .

Cabe reseñar que los resultados obtenidos hasta el momento están condicionados por la búsqueda de los óptimos de la distancia focal así como del sistema de seguimiento, en los que se sigue trabajando, y que las condiciones de reflectancia del concentrador en los días presentados son manifiestamente mejorables. Por lo tanto, teniendo en cuenta estas circunstancias se estima que los sistemas Disco/Stirling tienen un rendimiento potencial por encima del 20%. Resultados que ya se han obtenido en otros equipos ensayados con anterioridad como el sistema de 25 kW de Advanco/ Vanguard ensayado en los Estados Unidos y que alcanzó rendimientos del 29%.

## CONCLUSIONES

En el contexto del necesario cambio de sistema energético, la búsqueda de soluciones energéticas basadas en fuentes renovables de energía que permitan ajustar la generación de energía intermedia (electricidad y calor) a la demanda, nos parece de gran importancia. En este trabajo se presenta un ejemplo concreto por el que se avanza en esa dirección aunque la solución no sea, por ahora, todo lo definitiva que se necesita pero que, por otro lado, significa una concreción real y práctica en el contexto señalado. La experiencia obtenida hasta el momento nos permite señalar la calidad del dispositivo implantado y no tenemos información suficiente para sacar conclusiones definitivas sobre ciertos aspectos de importancia: fiabilidad, seguridad, necesidades de mantenimiento en funcionamiento rutinario, rendimientos máximos obtenibles, etc. Por otro lado, el dispositivo disponible requiere, a nuestro entender, modificaciones parciales en algunos aspectos para mejorar el rendimiento del sistema.

## REFERENCIAS

- Reinalter, W., Chryssos V., Keck, T., (2003). CESI Eurodish Reference Manual. *Schlaich Bergermann und Partner*, Stuttgart, Alemania.
- Heller, P.; Baumüller, A.; Schiel, W. (2000) EuroDish - The Next Milestone to Decrease the Costs of Dish/Stirling Systems Towards Competitiveness. *Proceedings. Solar Thermal 2000 International Conference, Solar Thermal 2000 10th Solarpaces International Symposium. Num. 1.* Sydney, Australia. Corrs Chambers Wetgarth.

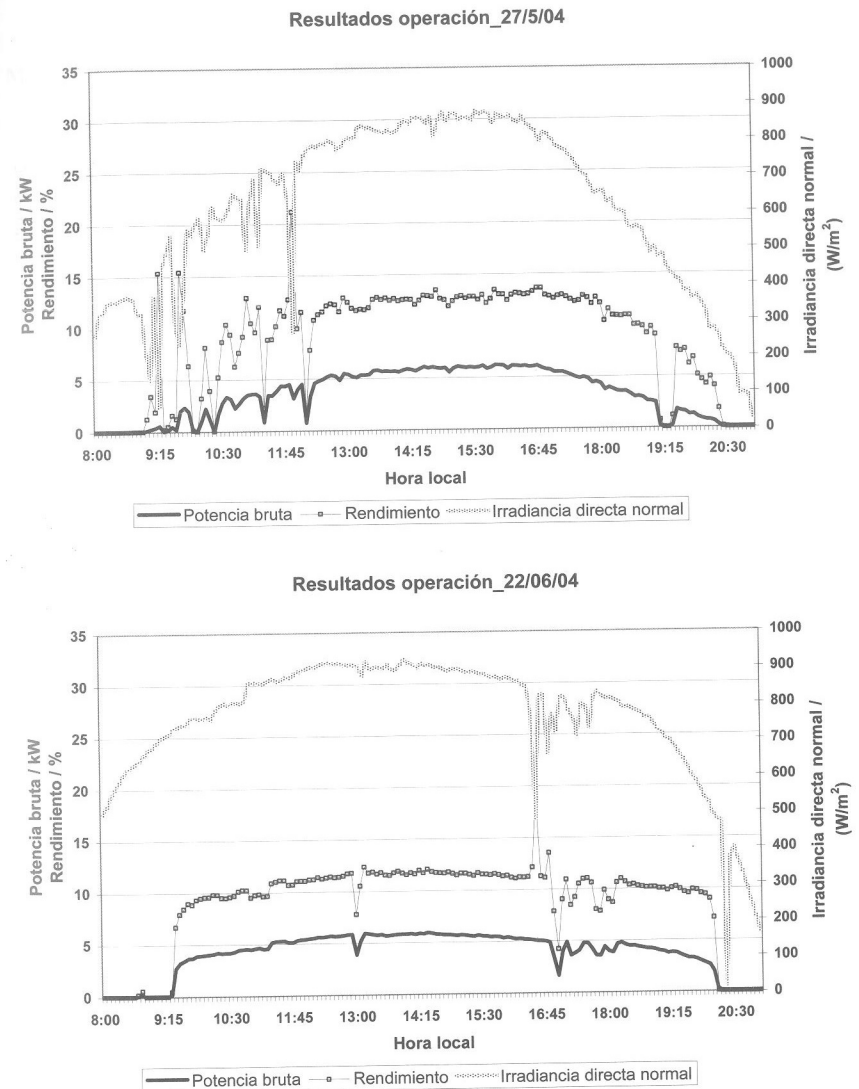
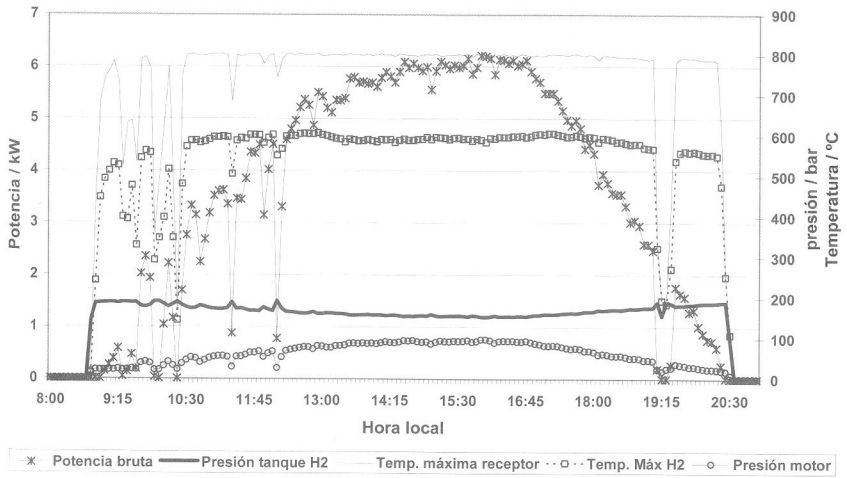


Ilustración 2. Irradiancia directa normal, potencia bruta y rendimiento correspondientes a los días 27 de mayo y 22 de junio de 2004

## Parámetros motor y receptor 27/05/04



## Parámetros motor y receptor 22/06/04

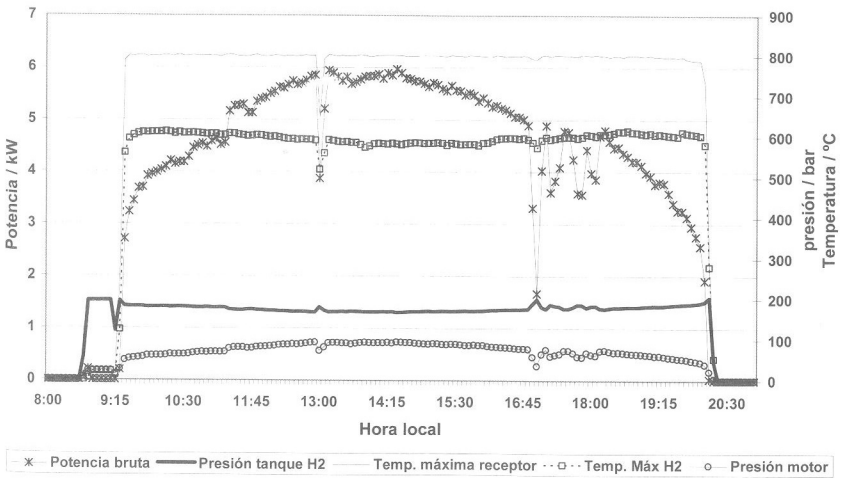


Ilustración 3. Principales parámetros de operación del motor y el receptor correspondientes a los días 27 de mayo y 22 de junio de 2004.