

# BANCO DE ENSAYOS DE CONCENTRADORES SOLARES. RESULTADOS OBTENIDOS LUEGO DE UN AÑO Y MEDIO DE OPERACION<sup>+</sup>

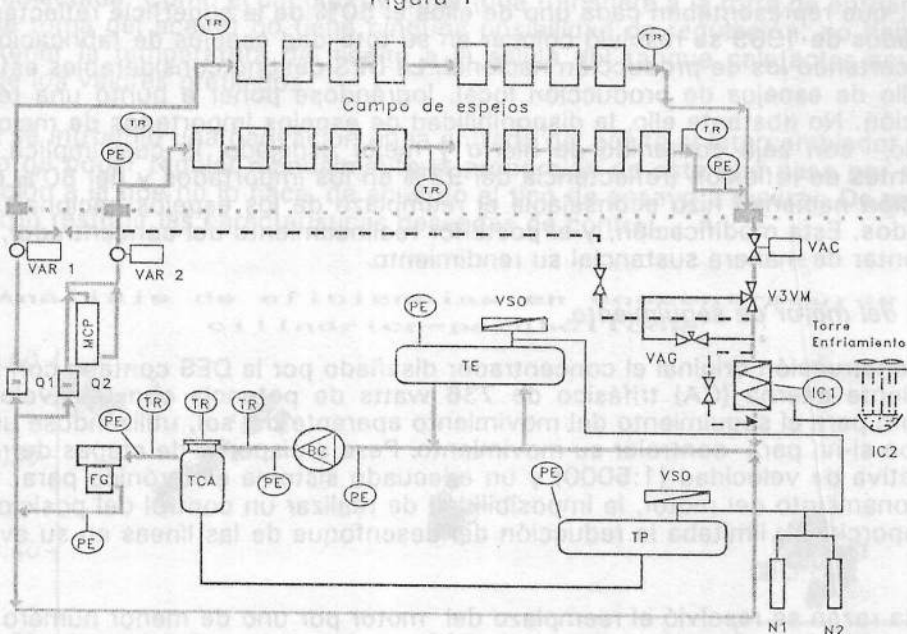
H. Bajano, E. Mezzabolta, J. Farias, C. Tesone,  
A. Vicente, L. Dawidowski y A. Rapallini.

## RESUMEN

Se presenta el estudio del rendimiento global de la línea de concentradores cilíndrico-parabólico desarrollada por la División Energía Solar de la CNEA, realizándose para ello, ensayos a diferentes temperaturas de entrada del fluido, caudales, temperatura ambiente y radiación solar directa.

Se comentan las mejoras realizadas al sistema durante un año y medio de operación, tendientes a lograr una mayor estabilidad en los parámetros de operación y control del concentrador, obteniéndose un mejor rendimiento global de la instalación.

Figura 1



BC	= Bomba de circulación	TCA	= Tanque calefactor acumulador
FG	= Filtro	TE	= Tanque de expansión
IC1	= Intercambiador de calor (Torre de enfriamiento)	TP	= Tanque de purgas
IC2	= Intercambiador de calor (aceite-agua)	TR	= Sensor de temperatura (Termoresistencia)
Mcp	= Calorímetro de flujo	V3VM	= Válvula de tres vías
N <sub>1-2</sub>	= Tubos de nitrógeno	VAC	= Válvula si-no
PE	= Medidor de presión	VAG	= Válvula de aguja
Q <sub>1-2</sub>	= Caudalímetro	VAR <sub>1-2</sub>	= Válvulas reguladora de caudal
		VS	= Válvula solenoide

<sup>+</sup> Comisión Nacional de Energía Atómica, División Energía Solar, Avda. Libertador 8250 - 1429 Buenos Aires.

## INTRODUCCION

En trabajos anteriores [1,2,3] se han descrito las características del banco de ensayos de concentradores, instalado y puesto en marcha por la División Energía Solar (DES) de la CNEA, así como las de sus subsistemas de medición, control y seguimiento.

Durante aproximadamente un año y medio, en cumplimiento de objetivos propios de la DES y compromisos asumidos dentro del marco del convenio de cooperación con la empresa ENDESA de España se operó el banco de ensayos (Figura 1). Asimismo se introdujeron una serie de mejoras al sistema para incrementar su estabilidad y lograr un mayor rendimiento global de la instalación. El presente trabajo tiene por objeto comentar y resumir las tareas encaradas, los principales resultados y las conclusiones obtenidas en este período.

## MEJORAS INTRODUCIDAS:

### *Reemplazo de Espejos.*

La línea de concentradores diseñada y construida por la DES contaba con dos tipos de espejos, que representaban cada uno de ellos el 50% de la superficie reflectante total. A mediados de 1989 se resolvió colocar en su totalidad espejos de fabricación alemana, descartando los de producción nacional. La DES destinó considerables esfuerzos al desarrollo de espejos de producción local, lográndose poner a punto una técnica de fabricación. No obstante ello, la disponibilidad de espejos importados de mejor calidad de vidrio, con bajo contenido de hierro y mejor espejado, lo cual implica mayores coeficientes de reflexión (reflectancia del 92% en los importados y del 80% en los de producción nacional) hizo aconsejable el reemplazo de los espejos nacionales por los importados. Esta modificación, y el posterior realineamiento del concentrador, permitió incrementar de manera sustancial su rendimiento.

### *Cambio del motor de seguimiento.*

En su construcción original el concentrador diseñado por la DES contaba con un motor de corriente alterna (CA) trifásico de 736 watts de potencia con una velocidad de 1450 rpm para el seguimiento del movimiento aparente del sol, utilizándose un controlador tipo si-no para controlar su movimiento. Pese a disponer de etapas de reducción significativa de velocidad (1:5000) y un adecuado sistema electrónico para controlar el funcionamiento del motor, la imposibilidad de realizar un control del posicionado del tipo proporcional, limitaba la reducción del desenfoque de las líneas en su avance por pasos.

Por esta razón se resolvió el reemplazo del motor por uno de menor número de revoluciones por minuto, instalándose uno de 700 rpm, también trifásico de CA.

Con esto se obtuvieron significativas mejoras, pero aún subsistía el riesgo de corte inesperado de la energía eléctrica, lo que provocaría la detención de la bomba de circulación de aceite y en consecuencia un recalentamiento de los tubos receptores al mantenerse enfocados sin posibilidad de ser modificada su posición, por lo cual se decidió utilizar un motor de corriente continua (CC) de 24 V de tipo serie, que ofrece la ventaja adicional de un número de revoluciones menor (aproximadamente 400 rpm, variable con el estado de carga) y la posibilidad de alimentarlo desde un banco de baterías existente. Se utilizó la electrónica de posicionamiento y seguimiento existente y se reemplazaron los contactores de fuerza debido a la elevada corriente necesaria para su funcionamiento (27 A), lográndose de esta manera una sensible mejora en el seguimiento del movimiento aparente del sol debido a la posibilidad de avanzar paso a paso.

## Reemplazo del sensor del sistema de seguimiento

Otra mejora introducida fue la instalación de un nuevo diseño de sensor [5], que incorpora una lente que aumenta la sensibilidad para la detección de pequeños apartamientos de la posición ideal y por ende permite un seguimiento más preciso del sol. El anterior modelo consistía en una pantalla montada normalmente al plano de los sensores, la misma producía una sombra sobre uno u otro sensor al modificarse la posición del sol, esta diferencia de iluminación era interpretada por el sistema de seguimiento produciendo la corrección necesaria para el correcto enfoque del receptor.

Si bien se han obtenidos mejores resultados en cuanto al seguimiento, es posible con una electrónica ajustada a este dispositivo, ya que conserva la anterior, elevar el rendimiento del concentrador .

## Modificación del circuito hidráulico del fluido de transferencia térmica

### 1 - En la entrada al intercambiador de calor.

Cuando se comenzaron a ensayar las líneas de concentradores resultaba casi imposible la regulación y estabilización de la temperatura de ensayo como consecuencia de que el intercambiador de calor fue diseñado para las condiciones de operación de máxima energía colectada. Como el circuito de agua (que transfiere a la torre de enfriamiento el calor que toma del aceite) no tiene ninguna posibilidad de regulación, no había forma de mantener la temperatura del aceite a la salida del tanque calefactor acumulador dentro de los valores prefijados.

A tal fin se introdujo una derivación en la entrada del aceite al intercambiador de calor, de modo de poder regular manualmente la proporción de este que pasa por el mismo con relación a la que no lo hace, de acuerdo al tipo de ensayo a realizar. De este modo se lograron restituir las características deseadas de control.

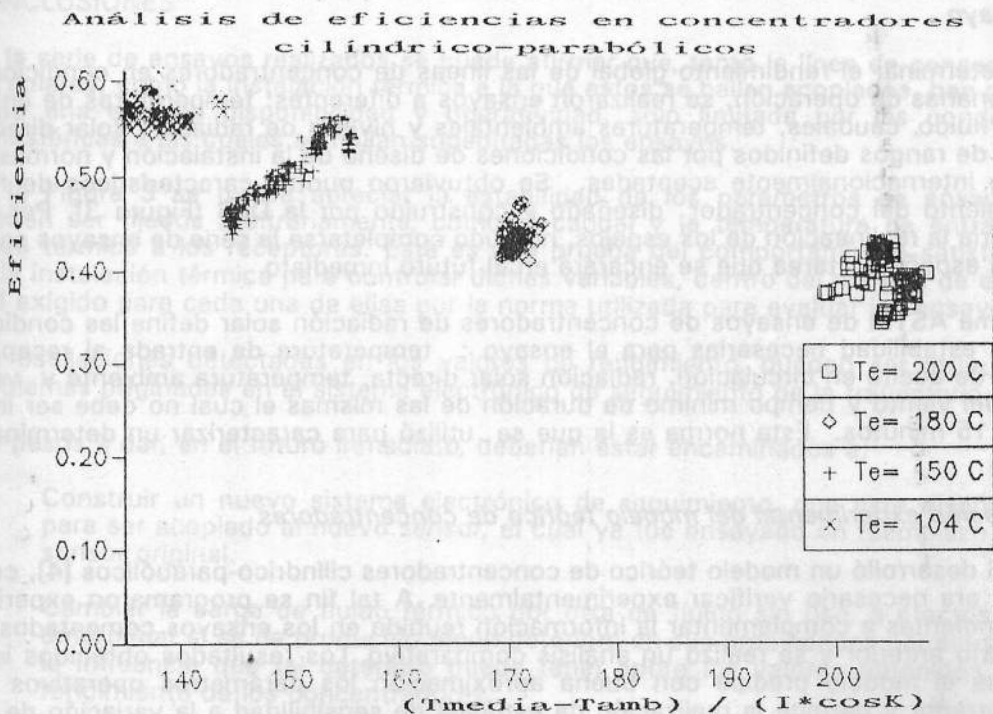


Figura 2



## 2- A la salida del calorímetro de flujo.

El calorímetro de flujo se emplea para medir el producto del caudal másico por el calor específico, utilizado en la determinación del rendimiento de los concentradores.

Como se trata de un instrumento que consta de dos recintos que se hallan a temperaturas diferentes, pero que tienen zonas de contacto o de vinculación rígidas, el proceso de elevación de la temperatura dentro del instrumento deberá realizarse lentamente, hasta alcanzar la temperatura de régimen estacionario de circulación.

Por esta razón se lo debe conectar al circuito hidráulico simultáneamente con la puesta en marcha de la instalación al iniciarse el calentamiento de la misma, a fin de que se eleve su temperatura con la misma velocidad con la que lo hacen los restantes componentes.

Como la puesta en marcha de la instalación se hace circulando el fluido de transferencia por una derivación, hasta tanto no alcance una temperatura mínima que lo habilite para circular por el campo de concentradores, esto impedía hacerlo circular por el calorímetro, ya que este no se encontraba incluido en este circuito. Por todo lo expuesto se modificó el circuito hidráulico de modo que, durante la faz inicial de la puesta en régimen, el calorímetro quede incluido en el circuito de derivación mediante el accionamiento manual de un par de válvulas esféricas. Las dos modificaciones descritas se pueden apreciar en el circuito esquemático de la Figura 1.

Todas las mejoras introducidas contribuyeron a lograr una mayor estabilidad en los parámetros de operación y control del concentrador, obteniéndose una menor dispersión en los resultados, una mejor repetitividad y, en definitiva, un mejor rendimiento global de la instalación (Figura 2).

## TAREAS ESPECIFICAS DESARROLLADAS

### *Determinación experimental de las características de operación de los concentradores en ensayo*

Para determinar el rendimiento global de las líneas de concentradores en condiciones estacionarias de operación, se realizaron ensayos a diferentes: temperaturas de entrada del fluido, caudales, temperaturas ambientales y niveles de radiación solar directa, dentro de rangos definidos por las condiciones de diseño de la instalación y normas de ensayo internacionalmente aceptadas. Se obtuvieron puntos característicos de funcionamiento del concentrador diseñado y construido por la DES (Figura 3). Por ser necesaria la realineación de los espejos, no pudo completarse la serie de ensayos sobre la línea española, tarea que se encarará en el futuro inmediato.

La norma ASTM de ensayos de concentradores de radiación solar define las condiciones de estabilidad necesarias para el ensayo: temperatura de entrada al receptor, caudal de aceite en circulación, radiación solar directa, temperatura ambiente y velocidad del viento y tiempo mínimo de duración de las mismas el cual no debe ser inferior a 15 minutos. Esta norma es la que se utilizó para caracterizar un determinado equipo.

### *Verificación experimental del modelo teórico de concentradores*

La DES desarrolló un modelo teórico de concentradores cilíndrico-parabólicos [4], cuya validez era necesario verificar experimentalmente. A tal fin se programaron experiencias tendientes a complementar la información reunida en los ensayos comentados en el párrafo anterior y se realizó un análisis comparativo. Los resultados obtenidos indican que el modelo predice con buena aproximación los parámetros operativos del concentrador y permite la realización de estudios de sensibilidad a la variación de los parámetros de diseño y condiciones de operación del concentrador.

# CONCENTRADOR CILINDRICO PARABOLICO

## COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES

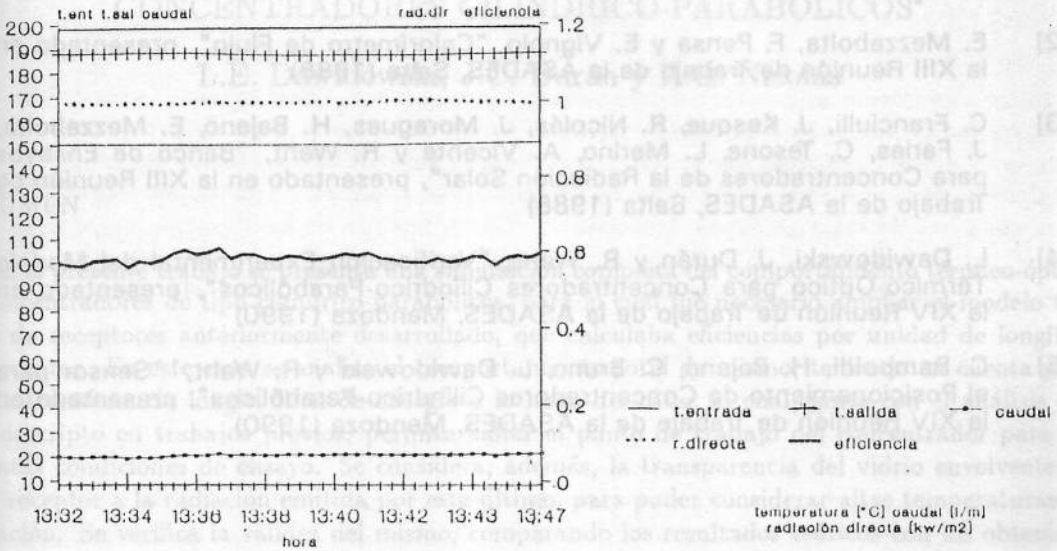


Figura 3

## CONCLUSIONES

De la serie de ensayos realizados se puede afirmar que, tanto la línea de concentradores solares, como la instalación térmica a la que estos se hallan acoplados, han demostrado una elevada disponibilidad y operatividad, solo limitada por las condiciones atmosféricas a las cuales se hallan supeditadas los ensayos.

En la Figura 3 se puede apreciar la estabilidad de los parámetros de ensayo que pueden ser fijados arbitrariamente, como el caudal y la temperatura de entrada del fluido térmico a los receptores. Esta es una prueba del comportamiento satisfactorio de la instalación térmica para controlar dichas variables, dentro del margen de estabilidad exigido para cada una de ellas por la norma utilizada para evaluar los ensayos.

Las oscilaciones detectadas en los valores de rendimiento, pueden ser atribuidas a problemas originadas en el sistema electrónico de seguimiento de la trayectoria solar.

Los pasos a dar, en el futuro inmediato, deberían estar encaminados a:

- 1.- Construir un nuevo sistema electrónico de seguimiento, que este diseñado para ser acoplado al nuevo sensor, el cual ya fue ensayado en reemplazo del sensor original.
- 2.- Cambiar la carga de fluido térmico por otra de fluido sin uso, a efectos de determinar si se ha producido algún deterioro en sus propiedades por el uso y la influencia que tal deterioro pueda tener sobre los valores obtenidos del rendimiento de los concentradores.

Se espera poder dar cumplimiento a estas etapas en el transcurso del año 1990.

## REFERENCIAS

- [1] C. Tesone, H. Bajano y L. Dawidowski, "Sistema de Control y Adquisición de Datos", presentado en la XIII Reunión de Trabajo de la ASADES, Salta (1988)
- [2] E. Mezzabolta, F. Pensa y E. Vignolo, "Calorímetro de Flujo", presentado en la XIII Reunión de Trabajo de la ASADES, Salta (1988)
- [3] C. Franciulli, J. Kesque, R. Nicolás, J. Moragues, H. Bajano, E. Mezzabolta, J. Farias, C. Tesone, L. Merino, A. Vicente y R. Weht, "Banco de Ensayos para Concentradores de la Radiación Solar", presentado en la XIII Reunión de Trabajo de la ASADES, Salta (1988)
- [4] L. Dawidowski, J. Durán y R. Weht, "Verificación Experimental del Modelo Térmico-Optico para Concentradores Cilíndrico-Parabólicos", presentado en la XIV Reunión de Trabajo de la ASADES, Mendoza (1990)
- [5] C. Rampoldi, H. Bajano, C. Bruno, L. Dawidowski y R. Weht, "Sensor para el Posicionamiento de Concentradores Cilíndrico-Parabólicos", presentado en la XIV Reunión de Trabajo de la ASADES, Mendoza (1990)

## TAREAS ESPECIFICAS DESARROLLADAS

*Determinación experimental de las características de operación de los concentradores*

En la serie de ensayos realizados se pudo observar que el flujo de radiación solar incidente sobre los concentradores cilindrico-parabólicos, en función de la posición del receptor, presenta una distribución no uniforme y que el flujo de radiación solar incidente sobre el receptor, en función de la posición del receptor, presenta una distribución no uniforme. En consecuencia, se debe tener en cuenta la posición del receptor al momento de realizar los ensayos. En la serie de ensayos se pudo observar que el flujo de radiación solar incidente sobre los concentradores cilindrico-parabólicos, en función de la posición del receptor, presenta una distribución no uniforme y que el flujo de radiación solar incidente sobre el receptor, en función de la posición del receptor, presenta una distribución no uniforme. En consecuencia, se debe tener en cuenta la posición del receptor al momento de realizar los ensayos.

Construir un nuevo sistema electrónico de adquisición de datos para ser acoplado al nuevo sensor, el cual ya fue ensayado en el modelo del sensor original.

El DES desarrolló un modelo teórico de concentración de radiación solar en un concentrador cilindrico-parabólico (4). Este modelo teórico de concentración de radiación solar en un concentrador cilindrico-parabólico, en función de la posición del receptor, presenta una distribución no uniforme y que el flujo de radiación solar incidente sobre el receptor, en función de la posición del receptor, presenta una distribución no uniforme. En consecuencia, se debe tener en cuenta la posición del receptor al momento de realizar los ensayos.