

INTRODUCCION

Uno de los problemas más importantes en la actualidad es el acceso a agua para consumo humano, de una calidad bacteriológica aceptable, acentuado en áreas rurales marginadas en donde las condiciones locales dificultan la aplicación de métodos tradicionales para su desinfección. La desinfección de agua mediante energía solar, conocida como SODIS, ha recibido creciente atención y su aplicación se promueve activamente en varios países latinoamericanos (Moser *et al.*, 2005).

El método SODIS es un proceso por lotes (Batch), en el cual se desinfecta el agua contenida en una botella expuesta directamente a la radiación solar. Con el fin de aumentar la producción de agua se diseñó un nuevo sistema para trabajar con flujo continuo (Alarcón-Herrera *et al.*, 2006). Para garantizar el funcionamiento seguro del sistema de desinfección solar de agua, de flujo continuo, se requiere que solo exista flujo a través del equipo cuando el nivel de radiación solar supere un valor mínimo predeterminado y que cierre el paso del líquido cuando el nivel de irradiación disminuya por abajo del mínimo permisible.

OBJETIVO

Diseñar y optimizar un dispositivo termo-mecánico para tener de manera automática el control del flujo entrante a un sistema de desinfección solar de agua de flujo continuo.

MECANISMO PROPUESTO

El dispositivo propuesto consiste en una válvula de esfera comercial y de un balancín, cuyo eje de giro estará unido al vástago de la válvula (Figura 1). El balancín estará dotado de un termosifón bifásico, dentro del cual una substancia de trabajo (agua) se desplazará de un extremo del balancín al otro cuando sobre el sistema incida suficiente radiación solar. El principio de funcionamiento consiste en lograr que el líquido se acumule en la parte expuesta al sol cuando no se tenga suficiente radiación solar incidente, y que ello mantenga cerrada la válvula de esfera, por el contrario, el calentamiento producido por la incidencia de radiación solar generará la evaporación y migración del líquido hacia el extremo opuesto del balancín, condensándose en este, logrando con ello un cambio en el sentido del par, hasta lograr un valor suficiente para abrir y mantener abierta la válvula (Figura 2).

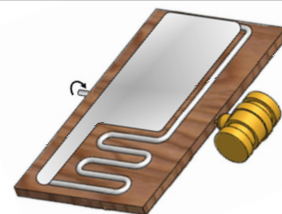


Figura 1 Dispositivo propuesto

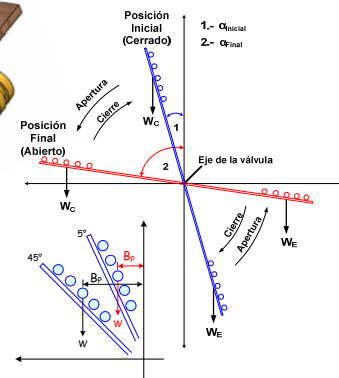
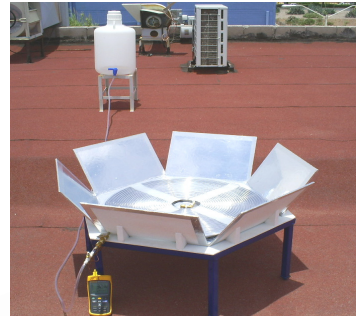


Figura 2 Diagrama de cuerpo libre

Simulación

La magnitud del par neto generado por el balancín dependerá de las dimensiones físicas de los diferentes componentes del termosifón, como son el diámetro de los tubos, el número de pasos de los serpentines, el ancho y de su posición inicial con respecto de la vertical. Diferentes valores de estos parámetros generarán diferentes valores de par neto obtenido, y simultáneamente, representarán costos de fabricación diferentes.

Para llevar a cabo la simulación del dispositivo propuesto, fue necesario elaborar un modelo matemático a partir de estos parámetros, así como su implementación en la plataforma de simulación EES (Engineering Equation Solver), EES permite ingresar valores de cualquiera de los parámetros de diseño del sistema y se obtienen los correspondientes valores de todas las dimensiones físicas del dispositivo para obtener directamente la grafica de funcionamiento (Figura 3).

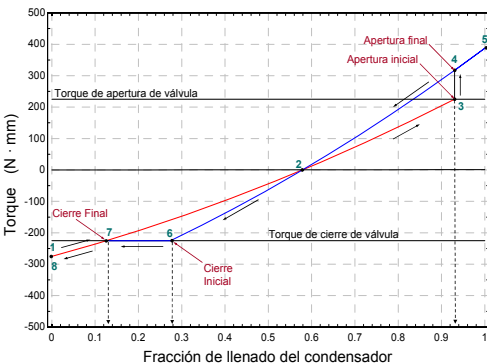


Figura 3 Ciclo de operación del dispositivo

Resultados obtenidos

Mediante la variación de 5 parámetros, se obtuvieron 3,600 diseños diferentes. De los cuales 723 resultaron no-funcionales. De entre los restantes 2,877 diseños funcionales, se procedió a seleccionar el más conveniente y económico, que resultó tener un costo de \$217. A modo de comparación, el diseño funcional más caro resultó ser de \$5,498 (Tabla 1).

Ciclo de operación

El ciclo de operación se divide en dos partes:

- 1.- El proceso de apertura de la válvula mediante la evaporación de la substancia de trabajo en el serpentín inferior y su migración completa hasta el serpentín superior.
- 2.- Proceso de cerrado de la válvula, donde la substancia de trabajo retorna en su totalidad hacia el serpentín inferior.

Dichos procesos se definen por el valor del **Factor de Llenado**, que es la fracción de líquido que se encuentra en el condensador en un instante dado.

Tabla 1 Resultados

Numero Pasos	Diam Tubos (in)	Ancho (mm)	Distancia al Eje de Giro (mm)	Angulo en Cerrado (°)	Long Total (mm)	Fracción de llenado	Funcional	Costo (\$)
					<=400	<=800	<=0,9	=Si

1	0.75	400	350	45	744.5	89.7%	Si	\$217
2	0.50	400	250	45	708.3	85.2%	Si	\$239
3	0.50	300	150	45	684.8	86.0%	Si	\$301
2	0.75	200	250	35	787.5	87.4%	Si	\$318
2	0.75	200	250	45	787.5	78.5%	Si	\$318
1	1	400	250	45	557.2	81.1%	Si	\$330

10	1	600	450	15	3,679.7	64.5%	Si	\$5,498
10	1	600	450	35	3,679.7	64.3%	Si	\$5,498
10	1	600	450	45	3,679.7	64.2%	Si	\$5,498

CONCLUSIONES

- En éste trabajo se muestra como el modelado matemático y económico de un sistema físico, complementado con su codificación y simulación en computadora, permite el obtener y analizar diversos diseños, para su posterior optimización.
- El caso de ejemplo presentado muestra que es posible encontrar gran número de diseños funcionales para cualquier sistema termo-mecánico, sin embargo, se requiere de un proceso de optimización, usualmente basado en aspectos económicos, para encontrar el diseño funcional más conveniente para una aplicación dada.
- Ya que el análisis de funcionamiento del elemento de control de flujo aquí analizado se hizo de manera ideal debe complementarse con un análisis de transferencia de calor.

REFERENCIAS:

Alarcón-Herrera, M.T.; Martín-Domínguez, I.R.; Virrey-Corral, E.Y.; Flores-Ocampo, J.E. Design and optimization of a continuous flow system for the solar disinfection of water, for use in rural communities. Proceedings of ANES/ASME Solar Joint 2006. XXX Mexican National Solar Energy Week Conference. Artículo: ANES/ASME 2006-0022. ISBN 0-7918-3791-2. Order No. I758CD Veracruz Ver., Mexico. October 2-6, 2006.

Moser S., Heri S., Mosler H.J., Determinants of the diffusion of SODIS. A quantitative field study in Bolivia. Summary Report. EAWAG, 2005, Dübendorf

SIMULACION Y DISEÑO DE UN ACCIONADOR SOLAR TERMICO PARA EL CONTROL DE FLUJO DE UN SISTEMA DE DESINFECCION SOLAR DE AGUA DE FLUJO CONTINUO

José A. Burciaga-Santos, Ignacio R. Martín-Domínguez* y María T. Alarcón-Herrera

Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C.
Miguel de Cervantes 120, Complejo Industrial Chihuahua.
31109 Chihuahua, Chih. México.

* (614) 439-1148 ignacio.martin@cimav.edu.mx

Resumen

Se diseñó y simuló un elemento de control de flujo accionado térmicamente mediante energía solar, el cual será usado para tener de manera automática el control sobre el flujo de agua que circula en un sistema solar de desinfección de flujo continuo.

Se analizan varios dispositivos propuestos en la literatura, y finalmente se llega a un diseño conceptual que satisface los requerimientos impuestos.

El dispositivo que se propone en este trabajo consiste en una válvula de esfera comercial y de un balancín, cuyo eje de giro estará unido al vástago de la válvula. El balancín está dotado de un termosifón bifásico, dentro del cual una sustancia de trabajo (agua) se desplazará de un extremo del balancín al otro cuando sobre el sistema incida suficiente radiación solar. El desplazamiento del líquido dentro del dispositivo térmico producirá un par sobre el balancín, que deberá ser suficiente para vencer el par opuesto por la válvula para su apertura y cierre. El principio de funcionamiento consiste en lograr que el líquido se acumule en un extremo del balancín cuando no se tenga suficiente radiación solar incidente, y que ello mantenga cerrada la válvula de esfera, y que el calentamiento producido por la incidencia de radiación solar produzca la evaporación y migración del líquido hacia el extremo opuesto del balancín condensándose en este, logrando con ello generar un cambio en el sentido del par del mismo hasta lograr un valor suficiente para abrir y mantener abierta la válvula durante el periodo de tiempo que se tenga suficiente radiación incidente en el sistema.

Se presenta la modelación matemática del funcionamiento del dispositivo y la codificación del mismo en el paquete EES (Engineering Equation Solver).

Se presenta el análisis paramétrico del diseño del dispositivo, mediante la simulación numérica de su funcionamiento y costo de construcción, variando los tamaños de sus componentes principales.

En base al costo, se selecciona el diseño funcional óptimo, capaz de cumplir con el servicio deseado.

Palabras clave: Válvula termo-accionada, desinfección solar de agua, diseño dispositivo térmico, simulación en EES