Licenciatura: Ingeniería Mecánica

Nombre del Proyecto de Integración: Análisis numérico de un destilador solar tipo caseta.

Modalidad: Proyecto de Investigación

Versión: Segunda

Trimestre lectivo: 20-I

Datos del alumno
Nombre: Moises Abraham Flores Valencia
Matrícula: 2162000519
Teléfono: (461) 3170661
Correo: moyfv@live.com.mx

_____
Firma

Datos de la asesora
Nombre: M. en C. Sandra Chávez Sánchez
Categoría: Asociado
Departamento de adscripción: Energía
Teléfono: 53189058
Correo: scs@azc.uam.mx

_____
Firma

Datos del co-asesor
Nombre: Dr. Hilario Terres Peña
Categoría: Titular
Departamento de adscripción: Energía
Teléfono: 53189058
Correo: tph@azc.uam.mx

_____
Firma

Fecha: 06/07/20

DECLARATORIA

En caso de que el Comité de Estudios de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica apruebe la realización de la presente propuesta, otorgamos nuestra autorización para su publicación en la página de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería.

_____

Moisés Abraham Flores Valencia

_____

M. en C. Sandra Chávez Sánchez

_____

Dr. Hilario Terres Peña

1. INTRODUCCIÓN

La demanda de agua potable para consumo humano y para satisfacer ciertas necesidades en la población ha aumentado considerablemente. Para dar solución a dicha demanda, la destilación solar viene a contribuir en el aumento de la sustentabilidad y representa día a día una alternativa idónea para resolver los problemas esenciales de escasez de agua. Un destilador solar cuenta con una cubierta de vidrio que se utiliza como condensador y un recipiente absorbedor (charola metálica), en el cual se deposita el fluido a destilar. La radiación solar incide en el dispositivo y aumenta la temperatura del recipiente absorbedor y posteriormente del fluido, iniciándose así la evaporación. Como la superficie interna de la cubierta de vidrio se encuentra a una temperatura menor, el vapor al tener contacto con ella se condensa, recolectando así el fluido destilado.

Dentro de los muchos parámetros que intervienen en el funcionamiento de un destilador solar se encuentra el ángulo de inclinación de la cubierta de vidrio. En este proyecto se propone analizar por el método de la Dinámica de Fluidos Computacional (CFD, del inglés *Computational Fluid* Dynamics) cómo la variación de este ángulo afecta el comportamiento térmico del dispositivo, y determinar cuál es el ángulo óptimo, es decir el ángulo que genera el mayor aumento en la temperatura y la velocidad del fluido y la mayor reducción en la densidad del fluido para el destilador. En la figura 1 se muestra el destilador que será simulado numéricamente. En las condiciones actuales, el ángulo de inclinación de la cubierta de vidrio del destilador es de 40° respecto de la horizontal.

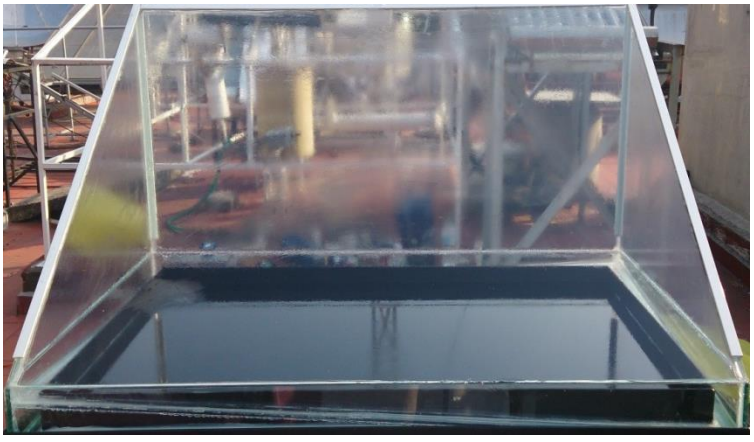

Figura 1. Destilador solar de una vertiente

2. ANTECEDENTES

En las últimas décadas, al proceso de desarrollo de proyectos en ingeniería se ha incorporado la etapa de simulación, y especialmente en proyectos de ingeniería solar. Por ejemplo, Mahmood, T. *et al* [1] usaron en 2017 el método de modelado CFD para investigar parámetros de un destilador solar. Los datos de la simulación usando el software ANSYS-FLUENT se compararon con datos experimentales. Este trabajo es relevante porque muestra la alta concordancia entre los dos conjuntos de datos y revela que el programa es una herramienta potente y confiable para analizar la eficiencia de los nuevos diseños de sistemas de destilación solar.

Ahora bien, uno de los parámetros en un destilador solar tipo caseta que es posible estudiar es el ángulo de inclinación de la cubierta de vidrio. De este parámetro se puede analizar cómo afecta su variación en el desempeño del dispositivo.

En la última década y en diferentes partes del mundo se han llevado a cabo diversas pruebas experimentales donde se modifica este parámetro. Desafortunadamente, se ha llegado a resultados heterogéneos. Por ejemplo, Aybar y Assefi [2] y Khalifa [3] encontraron, en proyectos independientes en 2009 y 2011 respectivamente, que la productividad de un destilador solar es máxima cuando el ángulo de inclinación es igual a la latitud de la locación geográfica de las pruebas, es decir que el ángulo óptimo depende a su vez de otro parámetro. En contraparte, Azooz y Younis [4] determinaron en 2016 que la productividad del dispositivo es máxima cuando el ángulo de inclinación está en el intervalo de 20° a 25°, es decir que establecieron un intervalo constante en el que se obtienen las condiciones óptimas. Este conjunto de investigaciones es relevante para el proyecto porque sientan una base experimental de qué ángulo es óptimo, y sirve para comparar los resultados teóricos que se obtengan al final de este proyecto.

Además de lo anteriormente mencionado, en 2015 Sandra Chávez [5] llevó a cabo un proyecto de maestría sobre el diseño, la construcción y la evaluación experimental y exergética de un destilador solar. La relevancia de este trabajo reside en el hecho de que de aquí se tomarán la geometría y las dimensiones para crear el modelo que será simulado numéricamente en el proyecto.

3. JUSTIFICACIÓN

Existen muchas pruebas experimentales que muestran diferentes resultados sobre el desempeño de los destiladores solares tipo caseta tomando como parámetro principal el ángulo de elevación de la cubierta de vidrio del destilador. Sin embargo, todos los resultados que se encuentran en la literatura especializada en destilación son para localidades en diferentes países.

En este sentido, la realización de este proyecto es importante porque aportará nuevos resultados referentes al ángulo óptimo en la cubierta de vidrio para las condiciones de la Ciudad de México. Además, la importancia de realizar la simulación del proceso de destilación reside en que actualmente resulta más práctico que construir un equipo para cada ángulo de inclinación y caracterizar experimentalmente las distribuciones de temperatura, de densidad y de velocidad en cada uno de los destiladores.

4. OBJETIVOS

Objetivo general

Analizar, mediante métodos numéricos, el comportamiento térmico de un destilador solar tipo caseta al variar el ángulo de la cubierta de vidrio.

Objetivos particulares

Caracterizar la radiación solar incidente y las temperaturas en las superficies que delimitan al destilador solar, tales como: fluido, charola y cubierta de vidrio, para ponderar su funcionamiento.

Modelar y discretizar la configuración del destilador solar en ANSYS para obtener las distribuciones de temperatura, densidad y velocidad durante el proceso de destilación solar, variando el ángulo de la cubierta de vidrio de 5°, 10°, 15°, 20°, 25°, 30°, 35° y 40°.

Evaluar los resultados y determinar cuál es el ángulo óptimo de inclinación en el destilador solar.

5. METODOLOGÍA

Se realizarán 5 pruebas experimentales en el destilador solar, empleando 4 l de agua, manteniendo constante el volumen para todas las pruebas.

Durante la experimentación se obtendrán las temperaturas características del destilador solar, empleando termopares tipo K, los cuales serán colocados principalmente en la cubierta de vidrio, el fluido, la charola y el medio ambiente. Además, se medirá la radiación solar incidente en el dispositivo mediante un piranómetro Eppley modelo 8-48. El registro de los datos se hará mediante módulos ADAMs y el software LabVIEW, cada 10 minutos en un intervalo de tiempo de las 10:00 hrs hasta las 18:00 hrs.

Con los resultados experimentales se creará una base de datos con las temperaturas y radiación solar para cada prueba en el destilador solar.

Se realizará la geometría de acuerdo a las dimensiones reales del destilador solar, utilizando un programa de CAD (Inventor). Se exportará la geometría en el software ANSYS y se procederá a realizar la discretización, posteriormente se elegirá que la simulación numérica contemple los modelos de energía y radiación solar. Se aplicará el material correspondiente a cada superficie y se implementarán las condiciones iniciales y de frontera en el sistema.

Una vez verificado que no existan errores se realizará la simulación numérica del sistema. Para cada simulación se modificará el ángulo de inclinación de la cubierta de vidrio, siendo éstos de 5°, 10°, 15°, 20°, 25°, 30°, 35° y 40°.

Se obtendrán las distribuciones de temperatura, densidad y velocidad para cada variación de ángulo y se analizarán y evaluarán los resultados obtenidos y de esta forma se definirá cuál es el ángulo de inclinación óptimo de la cubierta de vidrio.

6. NORMATIVIDAD

- **ASME V V 20 – 2009: Standard for Verification and Validation in Computational Fluid Dynamics and Heat Transfer:** Establece el proceso para determinar el grado de precisión con que un modelo representa el mundo real desde la perspectiva de los propósitos del modelo.
- **ASME Y14.5 – 2018: Dimensioning and Tolerancing:** Se considera la guía estándar autorizada para el lenguaje de diseño de geometrías y dimensiones. Establece símbolos, reglas, definiciones, requisitos y prácticas recomendadas para establecer e interpretar geometrías y dimensiones para usos en dibujos de ingeniería, dibujos y modelos definidos en archivos digitales y documentos relacionados.

7. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

UEA(s) para las que se solicita autorización:

- Proyecto de Integración en Ingeniería Mecánica I

	Actividades del trimestre 20-O	**Semana**											
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
1	Realizar las mediciones experimentales de temperatura y radiación solar en el destilador												
2	Preparar el modelado y la discretización en el software												

3	Realizar la simulación numérica												
4	Evaluar los resultados y determinar el ángulo óptimo												
5	Elaborar el reporte final												
6	Entregar el reporte final												

8. ENTREGABLES

- Archivo electrónico de las simulaciones y sus resultados
- Reporte final del proyecto de integración

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Mahmood, T., Naz, M., Sulaiman, S., Jamil, Y., Shukrullah, S., Zahid, M., Inayat, M., 2017, “CFD Modelling and Experimental Validation of a Solar Still”, MATEC Web of Conferences, **131**

[2] Aybar, H., Assefi, H., 2009, “Simulation of a Solar Still to Investigate Water Depth and Glass Angle”, Desalination and Water Treatment, **7**, pp. 35-40

[3] Khalifa, A., 2011, “On the Effect of Cover Tilt Angle of the Simple Solar Still on its Productivity in Different Season and Latitudes”, Energy Conversion and Management, **52**, pp. 431-436

[4] Azooz, A. A., Younis G. G., 2016, “Effect of Glass Inclination Angle on Solar Still Performance“, Journal of Renewable and Sustainable Energy, **8**

[5] Chávez, S., 2015, “Diseño, Construcción y Evaluación Experimental y Exergética de un Destilador Solar”, Tesis de maestría, Laboratorio de Ingeniería Térmica e Hidráulica Aplicada de ESIME, Instituto Politécnico Nacional

10. TERMINOLOGÍA

No aplica

11. INFRAESTRUCTURA

No aplica

12. ASESORÍA COMPLEMENTARIA

No aplica

13. PUBLICACIÓN O DIFUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Se planea publicar y presentar los resultados del proyecto en el Congreso Nacional de Ingeniería Electromecánica y de Sistemas (CNIES) 2021, organizado por la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica del Instituto Politécnico Nacional.

Análisis numérico de un destilador solar tipo caseta			
Pág.	**COMENTARIO DEL CEIM**	**Pág.**	**ACCIÓN REALIZADA EN LA PPI**
*	*	7	En el cronograma de actividades se modificó el trimestre de inicio de la autorización del proyecto (de 20-P a 20-O) para solicitar poder realizarlo de forma presencial en las instalaciones de la universidad y recibir asesorías presenciales en caso de ser necesario.