

Licenciatura: Ingeniería Mecánica.

Nombre del Proyecto de Integración (PI): Evaluación de energía, exergía y entropía de un destilador solar semiesférico.

Modalidad: Proyecto de Investigación.

Versión: Primera

Trimestre Lectivo: 24I

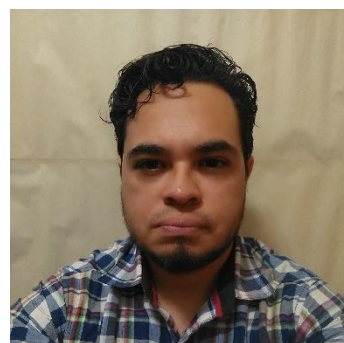
Datos del alumno:

Nombre: Juan Alberto Chacón Grageda.

Matrícula: 209207326.

Correo electrónico: al209207326@azc.uam.mx

Firma: _____



Asesora:

M. en C. Sandra Chávez Sánchez.

Categoría: Asociado.

Departamento de adscripción: Energía.

Teléfono: 53189058.

Correo electrónico: scs@azc.uam.mx

Firma: _____

Fecha: 26/Abril/2024

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.

Juan Alberto Chacón Grageda.

M. en C. Sandra Chávez Sánchez

1. Introducción.

Se sabe que el agua cubre la mayor parte de la superficie de la Tierra y cada vez es más difícil localizar agua potable. Para atender el problema de la escasez de agua, los tipos de sistemas convencionales de desalinización de agua han sido implementados en varios países. Sin embargo, la mayoría de las personas no pueden permitirse estos sistemas debido a su alto costo.

La destilación solar emplea la luz solar directa para separar el agua dulce del agua salobre y es la forma más eficaz de purificar los suministros de agua. Esto se logra con el empleo de destiladores solares pasivos y activos, el primero es más fácil de operar, ya que únicamente utiliza la radiación directa para evaporar el agua, mientras que el segundo es más caro y sofisticado, debido a que utiliza un colector solar para el calentamiento previo de la solución a destilar [1].

Debido a lo anterior, en el presente trabajo se busca aplicar los modelos térmicos de Dunkle's, Chen's y Kumar-Tiwari, con la finalidad de analizar energéticamente y exergéticamente un destilador solar semiesférico ubicado en el edificio W de la UAM Azcapotzalco. Además de conocer sus irreversibilidades por medio de la entropía, mediante la variación de su volumen inicial. Con esta evaluación podremos incorporar novedades en cuanto a su geometría, materiales, métodos de construcción y operación tanto para el destilador como para el sistema aletado. Además de encontrar qué modelo es el más adecuado para alcanzar la máxima eficiencia en el destilador solar semiesférico.

En 2020 Solorio y Hernández [2] llevaron a cabo un proyecto de integración acerca del diseño y construcción de un destilador solar de tipo semiesférico mostrado en la Figura 1. De dicho proyecto se tomarán las dimensiones y la geometría para crear el modelo matemático con el fin de evaluar al destilador termodinámicamente.



Figura 1. Destilador solar semiesférico.

2. Antecedentes.

En 2009 V.K. Dwivedi y G.N. Tiwari [3] evaluaron los coeficientes de transferencia de calor internos para destiladores solares pasivos de una y dos vertientes. Utilizando tres profundidades de agua, validaron experimentalmente el rendimiento utilizando diferentes modelos térmicos. Así mismo, se concluyó que el modelo de Dunkle's fue el que mejor aproximó los resultados teóricos y experimentales. De igual forma, se encontró que el destilador solar de una sola pendiente obtuvo una mayor eficiencia en cuanto a su rendimiento respecto al de dos vertientes. De este trabajo, se obtendrán las ecuaciones del modelo de Dunkle's para determinar los coeficientes de transferencia de calor.

En 2012 S. Shanmugan y V. Manikandan [4] diseñaron y construyeron un destilador solar de una sola vertiente. Se propusieron las ecuaciones para los balances de energía y se obtuvieron las temperaturas de los elementos del destilador. Así mismo, se analizó exergéticamente y energéticamente y se codificó un programa para analizar las temperaturas de la cubierta de vidrio, el agua y la placa de absorción. De este trabajo se tomarán los balances de energía y exergía para analizar el destilador solar.

En 2008, J.C. Torchia-Núñez, M.A. Porta-Gándara [5] realizan un análisis en estado estacionario y transitorio de un destilador solar. Su trabajo se centra en la destrucción de la exergía para cada componente, el recipiente absorbedor, la salmuera y la tapa de vidrio. Los balances de energía permitieron establecer ecuaciones para tres parámetros: la irradiancia, la temperatura ambiente y el espesor del aislante. Los resultados en estado estacionario mostraron que las irreversibilidades producidas en el colector representan la mayor exergía de destrucción. Así mismo, se concluyó que las tasas de irreversibilidad tanto en la cubierta de vidrio como en la salmuera pueden ser despreciables. Este trabajo proporcionará una base teórica para entender el comportamiento del destilador desde un punto de vista exergético.

En 2013 Halimeh Aghaei y Farshad [6] realizaron un estudio teórico y experimental de las eficiencias energéticas y exergéticas de destiladores solares de tipo cascada. Se determinaron las correlaciones entre parámetros climáticos, eficiencia energética, eficiencia exergética e irreversibilidades. Se encontró que el 84.17% de la irreversibilidad total del sistema fue producida por la placa absorbidora. Se desarrolló un paquete de simulación por computadora para corroborar la validez de los resultados. Los parámetros que se tomaron en cuenta fueron el caudal de entrada de la salmuera, el espesor del agua sobre la placa absorbidora, la intensidad de la radiación solar, la temperatura ambiente y la temperatura de la salmuera en la entrada. Los resultados de la simulación concordaron con los datos experimentales. Este trabajo es de importancia ya que nos proporciona una idea sobre las variables a tomar en cuenta durante la experimentación y de cómo éstas se relacionan. Así mismo, hace hincapié en el uso de un paquete de software que nos permitirá analizar de manera más eficiente el comportamiento del destilador y de cada uno de los componentes que lo integran.

En 2017 Yemna Sarray y Nejib Hidouri [7] realizaron un estudio sobre los fenómenos de transferencia de calor, la transferencia de masa y la tasa de entropía del aire húmedo para un destilador solar en una región específica. El aire húmedo puede considerarse como un motor térmico que genera energía cinética transportando energía desde la superficie del agua calentada hasta la cubierta interior de la superficie de vidrio. Este artículo es de importancia para comprender los procesos de intercambio de calor dentro del destilador.

3. Justificación.

La desalinización con energía solar generalmente es adecuada para su aplicación en áreas remotas, como desiertos e islas donde se cuenta con grandes fuentes de agua salada. Debido a lo anterior, el uso de un destilador solar para la desalinización de agua es una alternativa interesante y viable.

En ese sentido la realización de este proyecto es importante, debido a que aportará nuevos resultados referentes al análisis de energía, exergía y entropía del destilador solar semiesférico al comparar con los existentes en la literatura, estableciendo e identificando que volumen inicial es el adecuado para su máxima eficiencia. Así mismo, se evaluará y comparará la influencia del sistema aletado en el destilador, con el objetivo de determinar cuánto afecta al rendimiento y por lo tanto al volumen total del destilado, y con base en los resultados, proponer modificaciones a su geometría y materiales empleados.

4. Objetivos.

Objetivo general.

Analizar la eficiencia energética, exergética y la entropía de un destilador solar semiesférico aletado mediante el modelo de Dunkle's, Chen's y Kumar-Tiwari al variar su volumen inicial.

Objetivos particulares.

Establecer los balances de energía, exergía y entropía en el condensador, recipiente absorbedor, fluido y sistema aletado.

Determinar la eficiencia energética, exergética y la entropía aplicando los modelos de Dunkle's, Chen's y Kumar-Tiwari, variando el volumen inicial.

Analizar y evaluar la productividad, así como el comportamiento térmico y exergético en el destilador solar semiesférico aletado.

5. Metodología.

El destilador solar semiesférico será ubicado en la azotea del edificio W, con la finalidad de realizar las pruebas experimentales.

Etapa 1.

El destilador solar será instrumentado con termopares tipo K, los cuales serán colocados en los puntos centrales de las superficies tales como: recipiente absorbedor, fluido, aletas y condensador de acrílico, los cuales serán conectados a los módulos ADAM's.

Una vez instrumentados se realizarán dos pruebas experimentales para verificar el correcto funcionamiento del destilador y de los módulos ADAM's, así como la verificación de posibles fugas.

Etapa 2.

Se realizarán 8 pruebas en el destilador solar semiesférico aletado variando el volumen contenido en el recipiente absorbedor, comenzando desde 1 litro hasta 8 litros. Para cada una de las pruebas se obtendrán datos de temperatura, radiación solar y volumen destilado, cada 10 minutos en un intervalo de tiempo de las 10:00 h a las 18:00 h.

Se analizarán y se obtendrán curvas de distribución de temperatura, radiación solar y volumen destilado para las 8 pruebas.

Etapa 3.

Se estudiarán y se establecerá la aplicación de los tres modelos térmicos: Dunkle's, Chen's y Kumar-Tiwari, para cada una de las pruebas haciendo uso de los datos experimentales de temperatura y radiación solar para la determinación de la eficiencia energética, exergética y entropía para el proceso de destilación al variar su volumen inicial.

Etapa 4.

Se analizará y evaluará la productividad para cada prueba experimental, así como el comportamiento térmico y exergético.

6. Normatividad.

Norma oficial mexicana NOM-127-SSA1-1994, "Salud Ambiental, agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización" [8]. Tiene relevancia esta norma en este trabajo, debido a que asegura y preserva la calidad del agua en los sistemas, hasta la entrega al consumidor, la cual debe someterse a tratamientos para su potabilización.

ASTM 1193: 2001 "Standard specification for reagent water" [9]. Esta norma es de importancia para este trabajo, debido a que el agua pura no se puede obtener con un solo proceso de purificación, es necesario la combinación de más de uno de ellos, para lograr la calidad deseada de acuerdo a sus características fisicoquímicas.

NC-ISO 3696: 2004 "Agua para uso en análisis de laboratorio. Especificaciones y método de ensayo" [10]. Esta norma es de importancia para el presente proyecto, debido a que nos permite conocer las especificaciones que debe tener el agua para su uso en los laboratorios.

7. Cronograma de actividades.

Se solicita autorización para la UEA:

Proyecto de Integración en Ingeniería Mecánica I.

N	Actividades del trimestre 24 P	Semana											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Realizar una revisión bibliográfica	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2	Habilitar e instrumentar el destilador solar	■	■										
3	Realizar pruebas piloto para detectar fugas o posibles fallas		■										
4	Realizar pruebas experimentales con agua variando el volumen inicial		■	■	■	■	■						
5	Realizar balances de energía, exergía y entropía			■	■	■	■	■	■	■			
6	Evaluar y analizar la eficiencia del destilador						■	■	■	■	■	■	
7	Realizar y entregar el reporte final		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

8. Entregables.

Reporte final del proyecto de integración.

9. Referencias bibliográficas.

- [1] A. Chorghe, A. Dhavale, V. Mehta, P. Rao, N. Patel, A. Priyam, 2024, "A review of solar still technology: solution for water scarcity", International Journal of Environmental Science and Technology", 21, pp. 5919-5946.
- [2] E. Solorio, J. Hernández, 2020, "Diseño y construcción de un destilador solar tipo semiesférico", Proyecto de Integración, Universidad Autónoma Metropolitana.

- [3] V.K. Dwivedi, G.N. Tiwari, 2009, "Comparison of internal heat transfer coefficients in passive solar stills by different thermal models: An experimental validation", *Desalination* 246, pp. 304-318.
- [4] S. Shanmugan, V. Manikandan, K. Shanmugasundaram, B. Janarathanan & J. Chandrasekaran, 2012, "Energy and exergy analysis of single slope single basin solar still" *International Journal of Ambient Energy*, 33:3, pp. 142-151.
- [5] J.C. Torchia-Núñez, M.A. Porta-Gándara, J. G. Cervantes -de Gortari, 2008, "Energy analysis of a passive solar still", *Renewable Energy* 33, pp. 608-616.
- [6] Halimeh Aghaei Zoori, Farshad Farshchi Tabrizi, Faramarz Sarhaddi, Fazlollah Heshmatnezhad, 2013, "Comparison between energy and exergy efficiencies in a weir type cascade solar still", *Desalination* 325, pp. 113-121.
- [7] Yemna Sarray, Nejib Hidouri, Ali Mchirgui, Ammar Ben Brahim, 2017, "Study of heat and mass transfer phenomena and entropy rate of humid air inside a passive solar still", *Desalination* 409, pp. 80-95.
- [8] NOM, 1994, "Salud Ambiental, agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización", NOM-127-SSA1-1994.
- [9] ASTM, 2001, "Standard specification for reagent water", ASTM 1193: 2001.
- [10] NC-ISO, 2004, "Agua para uso en análisis de laboratorio. Especificaciones y método de ensayo", NC-ISO 3696: 2004.

10. Terminología.

No es necesaria.

11. Infraestructura.

Las pruebas experimentales se realizarán en la azotea del edificio W, ubicado en la UAM Azcapotzalco.

12. Asesoría complementaria.

No es necesaria.

13. Publicación o difusión de los resultados.

Los resultados se publicarán en el Congreso ANES 2024.