

Desalinización de agua por destilación solar activa empleando concentradores solares de lentes Fresnel

Eduardo Jiménez Miranda

Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas

12 Enero 2024

Agradecimientos

Instituto Politécnico Nacional

Unidad profesional Interdisciplinaria en
Ingeniería y Tecnologías Avanzadas



A mis asesores

Dr. Diego Alonso Flores Hernández

Dr. Helvio Ricardo Mollinedo Ponce de León

Dr. Sergio Isai Palomino Resendiz

A todos los presentes y a quienes me apoyaron

Agenda

- Relevancia del proyecto
- Objetivos
- Antecedentes
- Diseño-experimental
- Resultados

PNUD

2022: Afecta a +40 % de la población mundial

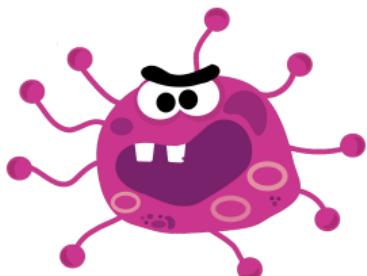


Figura 1: Enfermedades



Figura 2: Pérdida de biodiversidad

WRI

2025: 3500 millones de personas en regiones de escasez



Figura 3: Afectaciones a industrias



Figura 4: Conflictos sociales

Planteamiento del problema

ODS 6.a. De aquí a 2030, ampliar la cooperación internacional y el apoyo prestado a los países en desarrollo para la creación de capacidad en actividades y programas relativos al agua y el saneamiento, como los de captación de agua, **desalinización**, uso eficiente de los recursos hídricos, tratamiento de aguas residuales, reciclado y tecnologías de reutilización [1].



Figura 5: Objetivos de desarrollo sostenible

Estrés hídrico

Nacionalmente:

- En 2021 60 presas a menos del 25% [2]
- Según el WRI, en 2021 México ocupaba el puesto 24 de 164 en mayor estrés hídrico
- Para 2040 estaremos en la categoría de *extremely high-stress* [3]

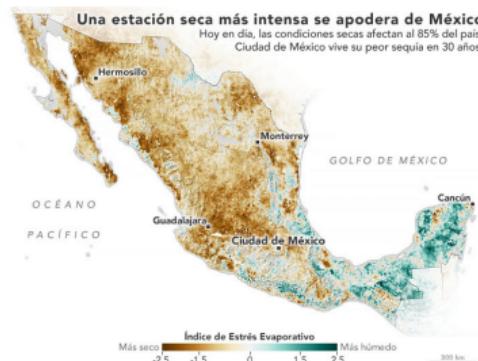


Figura 6: Índice de estrés evaporativo en México



Figura 7: Monitor de sequía en México durante diciembre del 2020

Diseñar y construir un destilador solar activo usando concentradores solares de lentes de Fresnel para destilar agua salada.

- I **Analizar los datos ambientales** de temperatura e irradiación solar **de la Ciudad de México** para tener información climática sobre el lugar donde se desarrollará el proyecto.
- II **Definir los parámetros asociados** a la desalinización con los que operará el sistema tales como la taza volumétrica de agua o la salinidad del agua de alimentación.
- III **Diseñar los sistemas de tuberías** y almacenamiento donde fluirá y reposará el agua salada.
- IV **Diseñar el concentrador solar** y el mecanismo con el que se integrará al sistema de tuberías.
- V **Estudiar los modelos térmicos** que caractericen o aproximen el comportamiento del concentrador solar y del proceso de evaporación.

- I Construir los componentes que integran al destilador solar con base en los diseños propuestos.
- II Desarrollar el **mecanismo de control** para regular la velocidad de flujo del agua mediante la implementación de programación y sistemas de control.
- III **Integrar a un seguidor solar** el concentrador para mejorar la captación de calor.
- IV **Evaluar el desempeño** del destilador solar con base en el agua de salida para verificar la viabilidad del mismo.

Desalinizador autónomo

En 2018 se desarrolló un destilador solar activo e híbrido, capaz de destilar hasta 10 L por día en días soleados usando precalentamiento de agua

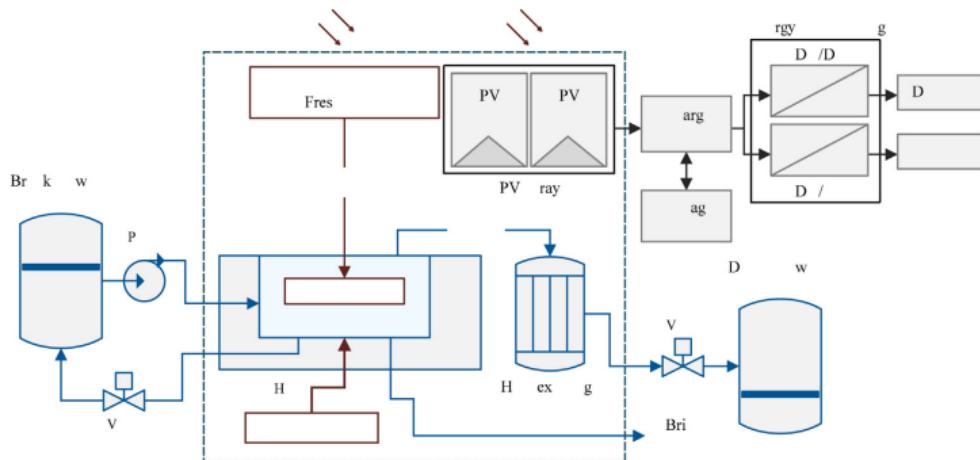


Figura 8: Destilador solar activo de Palomino et. al

S. I. Palomino-Resendiz, D. A. Flores-Hernández, N. Lozada-Castillo et al., "Design and implementation of a robotic active solar distiller based on a fresnel concentrator and a photovoltaic system," *Energy Conversion and Management*, vol. 166, págs. 637)647, 15 de jun. de 2018, ISSN: 0196-8904. DOI:

[10.1016/j.enconman.2018.04.069](https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.04.069)

Desalinizador de doble cámara

En 2022 se desarrolló un destilador solar activo el cual tuvo una producción de $4.03 \frac{\text{L}}{\text{m}^2}$ por día.

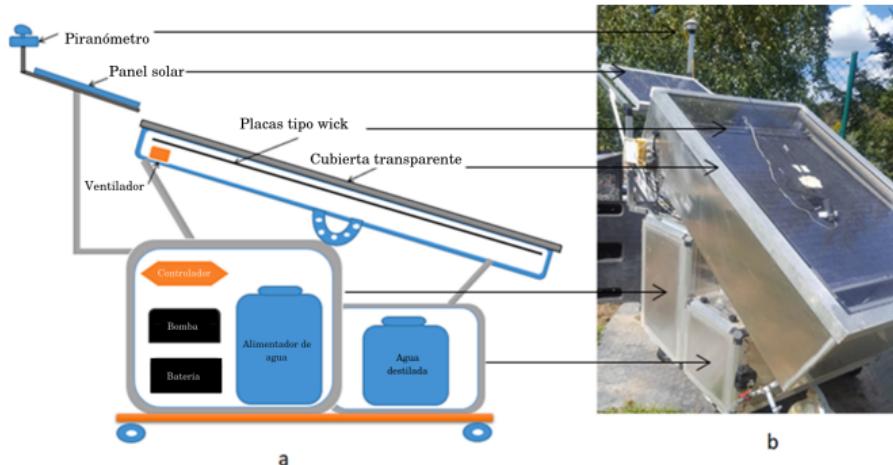


Figura 9: Destilador solar de doble cámara

M. Jobrane, A. Kopmeier, A. Kahn et al., "Theoretical and experimental investigation on a novel design of wick type solar still for sustainable freshwater production," *Applied Thermal Engineering*, vol. 200, pág. 117648, 5 de ene. de 2022, ISSN: 1359-4311. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2021.117648

Problemas identificados



Figura 10: Transmitancia afectada por la condensación



Figura 11: Forma de energía discontinua

Agua

Las muestras de agua se seleccionaron guiándose en la clasificación propuesta por la *Water Quality Association* (WQA). Se proponen 3 grupos para evaluar los casos límite y promedio de la salinidad del agua de mar.

Tabla 1: Grupo de control del agua de mar

Muestra	Salinidad ($\frac{\text{mg}}{\text{L}}$)
1	30,000
2	35,000
3	40,000

Lugar físico de experimentación

Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas ubicada en la Ciudad de México.

Tabla 2: Grupo de control del agua de mar

Zona	Longitud	Latitud	Altitud
Ciudad de México, México	-99°7'32"	19°30'38"	2241 m

Diseño del desalinizador

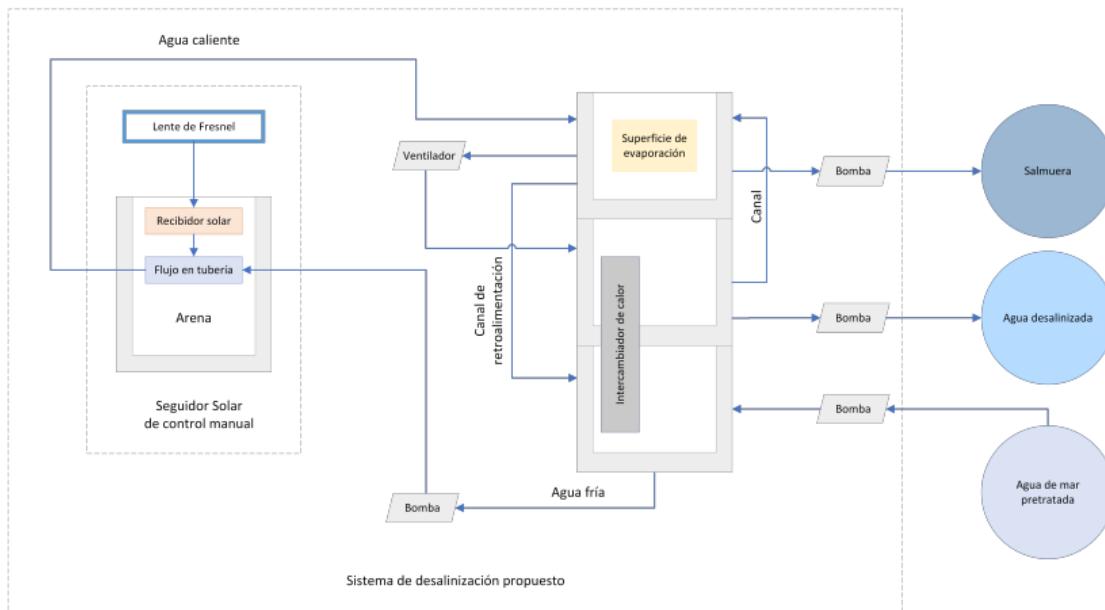


Figura 12: Diagrama de funcionamiento del desalinizador

Módulo de reaprovechamiento térmico y bombeo

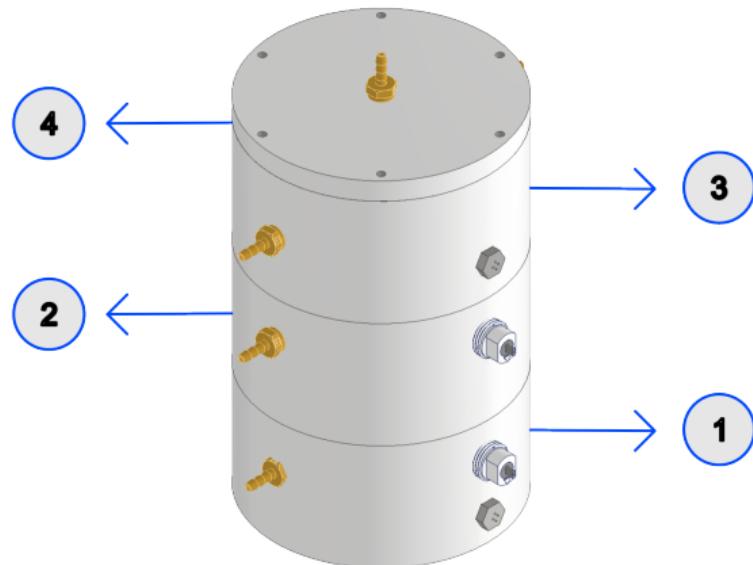


Figura 13: Submódulos

Módulo de reaprovechamiento térmico y bombeo

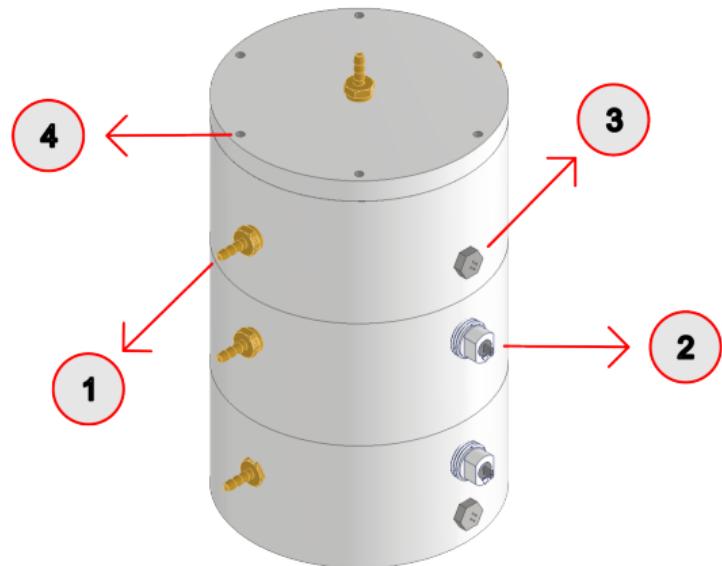


Figura 13: Componentes

Módulo de concentración solar

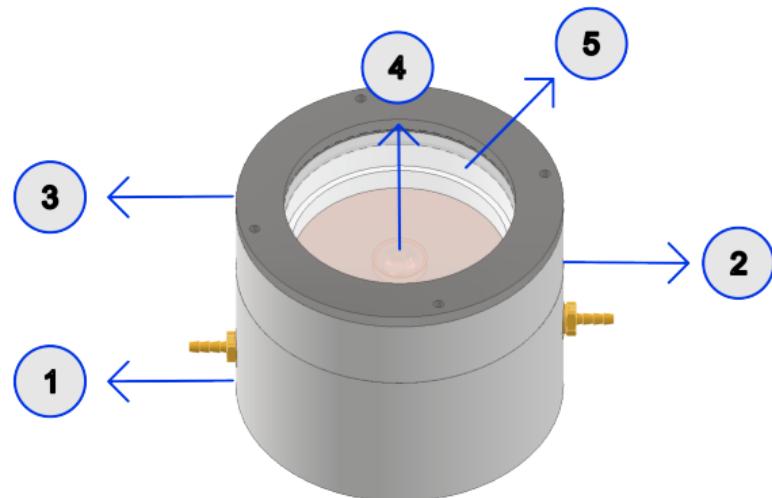


Figura 14: Submódulos

Simulaciones

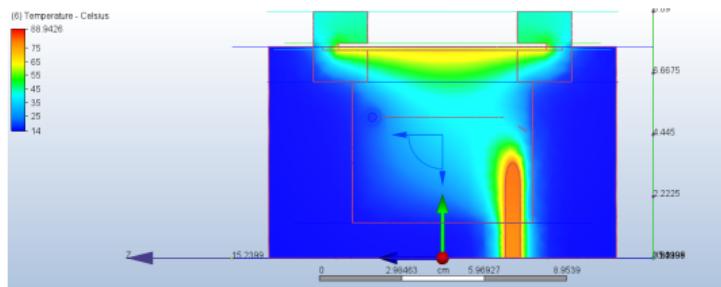


Figura 15: Corte en la entrada y salida del agua de mar usando una tubería de cobre

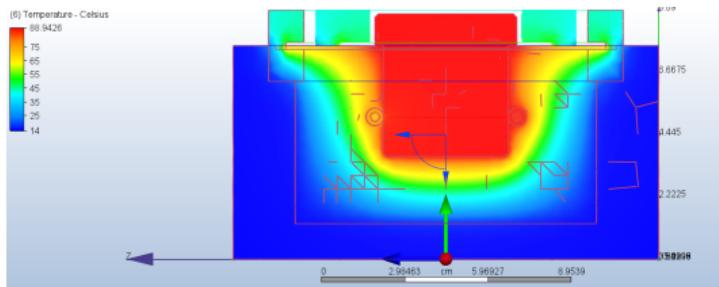
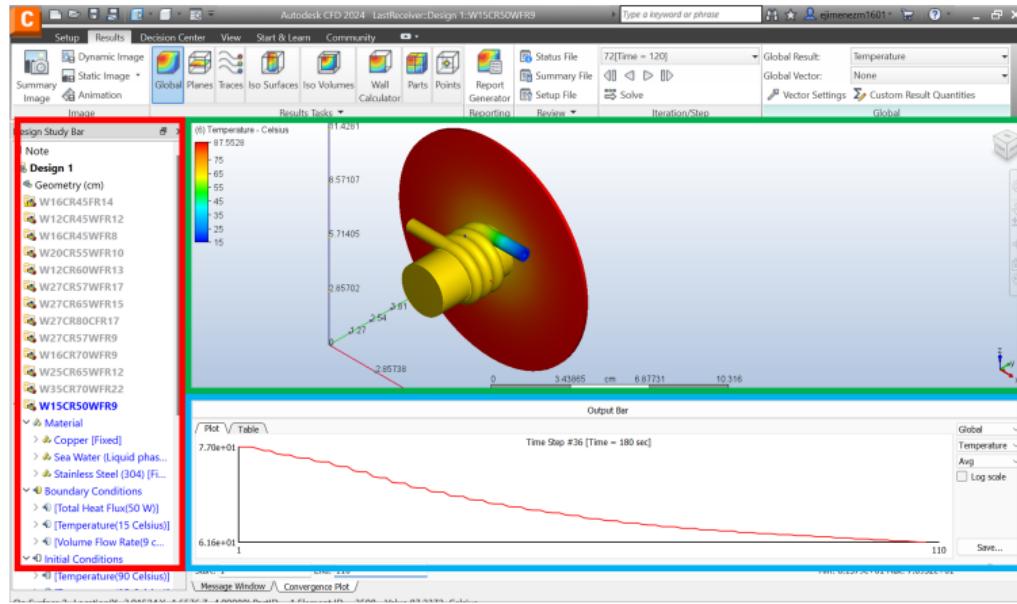


Figura 16: Corte en el centro del receptor solar y su transferencia de calor hacia el cobre

Simulaciones



- Escenarios de simulación
- Gráfica de la temperatura promedio del sistema
- Temperaturas en el receptor solar

Figura 17: Simulaciones posteriores para determinar el universo de discurso del control difuso

Control mediante Arduino Mega 2560

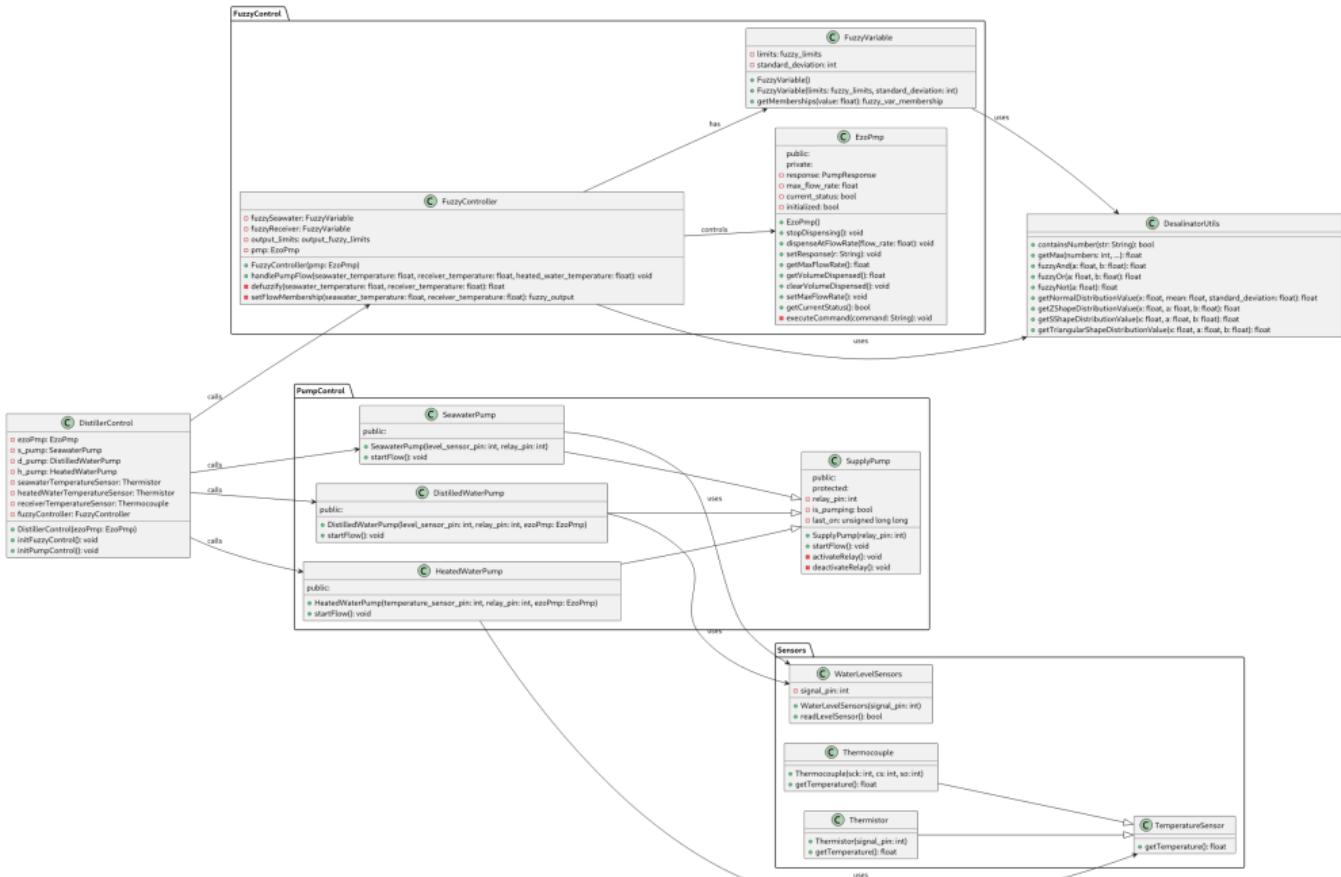


Figura 18: Arduino con Shield



Figura 19: Programado en C++

Diagrama de clases del control



Referencias

- [1] Naciones Unidas, "Sustainable Development Goal 6: Agua limpia y saneamiento | Naciones Unidas en México," Los Objetivos de Desarrollo Sostenible en México / Agua limpia y saneamiento, (), <https://mexico.un.org/es/sdgs/6> (visitado 24-02-2022).
- [2] National Aeronautics and Space Administration, "Sequía generalizada en México | Ciencia de la NASA," Sequía generalizada en México, (6 de mayo de 2021), <https://ciencia.nasa.gov/sequia-generalizada-en-mexico> (visitado 24-02-2022).
- [3] A. Maddocks, R. S. Young y P. Reig, "Ranking the world's most water-stressed countries in 2040,", 26 de ago. de 2015.
- [4] S. I. Palomino-Resendiz, D. A. Flores-Hernández, N. Lozada-Castillo, L. Guzmán-Vargas y A. Luviano-Juárez, "Design and implementation of a robotic active solar distiller based on a fresnel concentrator and a photovoltaic system," *Energy Conversion and Management*, vol. 166, págs. 637)647, 15 de jun. de 2018, ISSN: 0196-8904. DOI: 10.1016/j.enconman.2018.04.069.
- [5] M. Jobrane, A. Kopmeier, A. Kahn, H.-M. Cauchie, A. Kharroubi y C. Penny, "Theoretical and experimental investigation on a novel design of wick type solar still for sustainable freshwater production," *Applied Thermal Engineering*, vol. 200, pág. 117648, 5 de ene. de 2022, ISSN: 1359-4311. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2021.117648.
- [6] J. L. Ramírez, "Intensificación de la transferencia de calor en ebullición convectiva," *Avances Investigación en Ingeniería*, vol. 15, n.º 1, págs. 86)102, 25 de dic. de 2018, Number: 1, ISSN: 2619-6581. DOI: 10.18041/1794-4953/avances.1.1327.