Diseño de una torre de enfriamiento para un germinador escala laboratorio

Design of cooling tower for a laboratory-scale germinator

Anette V. Altamirano Cabrera[1], David E. Castro Palazuelos[1], Julio C. Picos Ponce[1], Luis E. Barreto Salazar[1]*

[1]Tecnológico Nacional de México Campus Culiacán, División de estudios de posgrado e investigación. *Autor de correspondencia: luis.bs@culiacan.tecnm.mx

Resumen

En este estudio se propone el diseño de una torre de enfriamiento para un germinador hidropónico a escala laboratorio, con el objetivo de disminuir el sobrecalentamiento del agua que recircula por un intercambiador de calor para el control de la temperatura ambiente y mantener condiciones térmicas adecuada para la germinación de plántulas. Se identificó que, en ambientes cálidos como Culiacán, el agua dentro del sistema puede alcanzar temperaturas superiores a 30 °C, lo que afecta negativamente el desarrollo vegetal. Se diseñó una torre de tiro inducido y flujo contracorriente, integrada en la línea de retorno del agua, capaz de reducir su temperatura hasta 20 °C. Se emplearon cálculos térmicos, simulaciones y selección de componentes como relleno, ventilador y aspersores. Los resultados muestran una propuesta de mejora en la temperatura del agua para el control de temperatura ambiente del germinador, como una opción viable de implementar en sistemas de enfriamiento para la producción de germinados.

Palabras clave: Torre de enfriamiento, germinador, hidropónico.

Abstract

This study proposes the design of a cooling tower for a laboratory-scale hydroponic germinator, aiming to reduce the overheating of the water that recirculates through a heat exchanger for ambient temperature control, thereby maintaining suitable thermal conditions for seedling germination. It was identified that, in warm environments such as Culiacán, the water within the system can reach temperatures above 30 °C, which negatively affects plant development. A counterflow induced-draft cooling tower was designed and integrated into the water return line, capable of reducing the temperature to 20 °C. Thermal calculations, simulations, and the selection of components such as packing, fan, and sprinklers were employed. The results present an improvement proposal for water temperature to support ambient temperature control in the germinator, offering a viable cooling system option for sprout production.

Keywords: Cooling tower, germinator, hydroponics.

Recibido: 03/12/2025; Publicado 30/12/2025

Introducción

Los sistemas protegidos han revolucionado la forma en que se cultivan los alimentos. Al permitir un control preciso de factores como la temperatura y la humedad [1][2]. Estas estructuras hacen posible cultivar durante todo el año, incluso en lugares donde el clima no es favorable.

Sin embargo, uno de los grandes desafíos que enfrentan los sistemas protegidos para la producción de alimentos, especialmente en regiones cálidas como Culiacán, Sinaloa, es el exceso de calor. En estos entornos, la temperatura interior puede elevarse rápidamente, provocando estrés en las plantas, disminuyendo su crecimiento y afectando negativamente la calidad de los cultivos [3][4]. A esto se suma una mayor evaporación del agua, cambios en la humedad relativa, e incluso un aumento en la aparición de plagas y enfermedades.

Mantener una temperatura óptima es importante para el funcionamiento de un germinador, y lograrlo requiere de soluciones efectivas para disipar el calor acumulado. Por eso, en muchos casos se han comenzado a implementar tecnologías de enfriamiento y ventilación como parte de los sistemas de climatización agrícola [5]. Una alternativa para disminuir altas temperaturas en un ambiente protegido son las torres de enfriamiento.

Las torres de enfriamiento funcionan aprovechando el intercambio de calor entre el agua caliente y el aire más frío del ambiente, en gran parte mediante evaporación [6][7]. Esto permite que el agua recircule con una temperatura más baja, mejorando el rendimiento de todo el sistema hidropónico y ayudando a mantener un ambiente estable dentro del invernadero. Aunque su origen se remonta a métodos antiguos de enfriamiento natural, las torres de enfriamiento han evolucionado significativamente. Hoy en día, son ampliamente utilizadas en procesos industriales y energéticos, y se han adaptado también para usos agrícolas gracias a su eficiencia energética y su bajo consumo de agua [8], [9].

Este proyecto toma como base un germinador escala laboratorio que utiliza un sistema de enfriamiento mediante un intercambiador de calor. En el cual un ventilador genera un flujo de aire que tiene contacto sobre la tubería del intercambiador por donde circula agua a una temperatura especifica modificando la temperatura del germinador.

Sin embargo, con el paso del tiempo, el agua que recircula se va calentando progresivamente hasta que el sistema pierde eficiencia al no poder disipar el calor acumulado. Esa acumulación térmica reduce la capacidad del sistema para mantener un ambiente estable, lo que a su vez impacta el desarrollo de los germinados.

Para enfrentar este problema, se propone el diseño de una torre de enfriamiento de tiro inducido y flujo contracorriente para adaptación en la línea de retorno del agua del sistema de control de temperatura.

Este trabajo presenta en primer lugar la fundamentación teórica, en donde se abordan los antecedentes, principios de funcionamiento y características del germinador y de las torres de enfriamiento, así como los fundamentos térmicos necesarios para su diseño. Posteriormente, se establece la metodología utilizada para el desarrollo del proyecto, cálculos, parámetros técnicos y modelado tridimensional de la torre. Finalmente, se presentan los resultados obtenidos a partir de simulaciones y análisis térmico, en las que se evalúa la eficiencia del sistema propuesto y por ultimo las conclusiones.

Fundamentación Teórica

A. Características del germinador

El germinador a escala laboratorio (Figura1) utilizado que se utiliza en este proyecto fue se diseñó para generar un entorno controlado que favorezca la germinación y el desarrollo inicial de plántulas. Su estructura compacta permite la experimentación en espacios reducidos y validar soluciones tecnológicas antes de escalar a sistemas de escala [10]. Este prototipo tiene dimensiones de 65 × 40 × 40 cm, y está construido con perfil estructural de 1.9 cm y paredes de acrílico de 3 mm de grosor. Estos materiales proporcionan rigidez estructural, aislamiento del entorno y visibilidad interna para facilitar el monitoreo. En su interior, el germinador incorpora dos maceteros para las plantas y un sistema de riego recirculante mediante tuberías de PVC de 1.27 cm de diámetro, que permiten el flujo constante de agua con nutrientes [10]. Para proteger los componentes electrónicos y facilitar su mantenimiento, toda la circuitería se encuentra alojada en un gabinete externo, que resguarda placas, sensores y cableado de la humedad y el calor, lo cual también mejora la seguridad del sistema en ambientes húmedos.

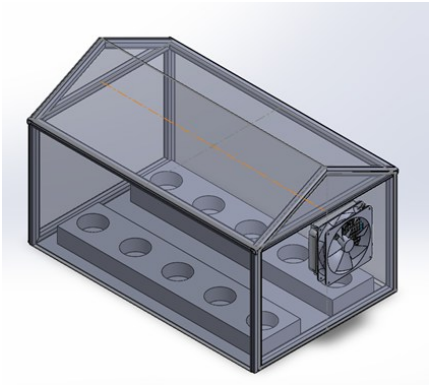

Figura 1. *Representación 3D del germinador escala laboratorio.*

B. Características térmicas

Durante su funcionamiento, especialmente en ambientes cálidos o en jornadas prolongadas de radiación solar, se ha observado un incremento progresivo de la temperatura del agua dentro del sistema de temperatura. Este efecto se debe al calor generado por los componentes eléctricos, la radiación interna y la recirculación constante del agua en un volumen reducido. Mediciones realizadas en el sistema indican que, sin un sistema eficiente de disipación, el agua puede superar los 30 °C, una temperatura que afecta negativamente la producción de germinados al limitar la absorción de nutrientes del suelo. [11].

El objetivo térmico del sistema es mantener la temperatura del agua que recircula por el intercambiador de calor para el control de temperatura ambiente cercana a 20 °C, un valor adecuado para la germinación de la mayoría de las especies hortícolas cultivadas en ambientes de la región. [16].

C. Propuesta de ubicación de la torre de enfriamiento

Para contrarrestar el problema del sobrecalentamiento, se propone la integración de una torre de enfriamiento de tipo húmeda, con tiro inducido y flujo contracorriente. La torre será ubicada en la línea de retorno del sistema de riego, antes de que el agua recirculada vuelva al tanque principal (Figura 2). Esta ubicación permite intervenir el agua en su punto de mayor temperatura, al mejorar el proceso de enfriamiento evaporativo [12].

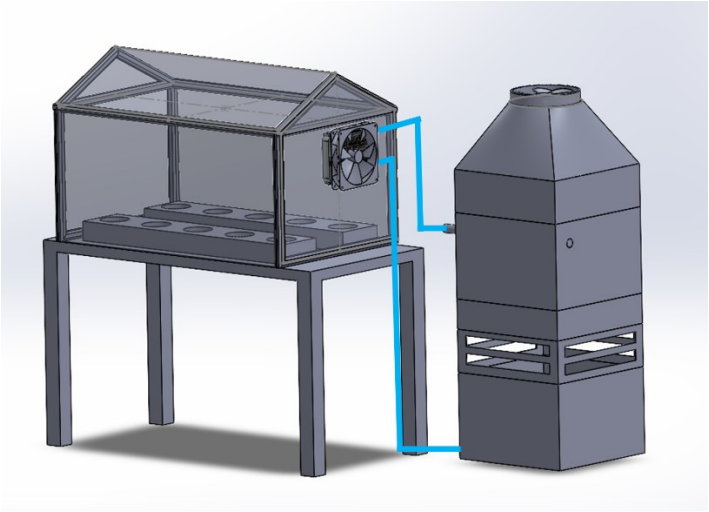

Figura 2. *Representación de la ubicación de la torre de enfriamiento para el germinador escala laboratorio.*

Con esta incorporación, se espera lograr una reducción de la temperatura del agua del sistema de control de temperatura, estabilizando las condiciones térmicas internas del germinador y generando un ambiente favorable para las plántulas desde las primeras etapas de siembra.

D. Parámetros de diseño térmico de la torre de enfriamiento

Con el fin de mejorar el rendimiento térmico del germinador a escala laboratorio, se propuso el diseño de una torre de enfriamiento adaptada al flujo de agua generado por la bomba brushless DC AD20P-1230C, la cual opera con un caudal de 240 litros por hora (L/h). Esto equivale a 0.067 litros por segundo (L/s) o 6.67×10^{-5} m^3/s.
La torre tiene como propósito reducir la temperatura del agua recirculada desde 30 °C hasta 20 °C, logrando una diferencia térmica (ΔT) de 10 °C. Esta reducción es fundamental para mantener condiciones óptimas de germinación y evitar el sobrecalentamiento dentro del sistema hidropónico.

Metodología

Para mantener estable la temperatura del agua dentro del germinador, se diseñó una torre de enfriamiento que permite reducirla desde 30 °C hasta aproximadamente 20–22 °C. Este sistema está compuesto por cinco elementos principales: el depósito inferior, el material de relleno, el sistema de aspersión, el ventilador y la estructura contenedora.

A. Dimensiones del depósito

El depósito recolecta el agua enfriada antes de que vuelva al sistema. Su volumen se calculó a partir del caudal de agua y del tiempo mínimo de retención deseado.
Fórmula:

$$V = Q\ x\ t \tag{1}$$

Donde
$V = volumen (en\ m^3)$
$Q = caudal\ de\ agua\ \left(en \frac{m^3}{s}\right)$
$t = tiempo\ de\ retencion\ (en\ segundos)$
Como el caudal es 240 L/h = 0.0667 L/s = 6.67×10^{-5} m^3/s, y se desea un tiempo de retención mínimo de 60 segundos:

$$V = 6.67x10^{-5}x60 = 0.004\ m^3 = 4L \tag{2}$$

Las dimensiones finales seleccionadas para el depósito fueron: 17.5 × 17.5 × 15 cm (aproximadamente 4.6 litros de volumen útil).

B. Dimensiones del relleno

El relleno plástico tiene la función de aumentar el contacto entre el agua caliente y el aire fresco. Se selecciono un relleno tipo panal con una superficie específica de 150 m^2/m^3 (valor común en torres comerciales pequeñas) con un área superficial necesaria de $A = 2.8m^2$.

Volumen del relleno

$$V_{relleno} = \frac{A}{Superficie\ especifica} = \frac{2.8m^2}{150\ m^2/m} = 0.0187m^3 \tag{3}$$

C. Dimensiones de los aspersores

Los aspersores o boquillas permiten distribuir el agua de forma uniforme sobre el relleno. Se consideraron micro aspersores agrícolas de baja presión. El caudal total del sistema es:

$$Q = 240\frac{L}{h} = 4L/min \tag{4}$$

Para distribuir este flujo se seleccionaron 2 a 3 boquillas con las siguientes características:

- Presión mínima: 0.5 a 1 bar
- Diámetro de gota: 1–2 mm
- Separación entre boquillas: 15 cm

D. Ventilador

El ventilador se ubica en la parte superior y extrae el aire caliente, generando un flujo de aire desde la base (tiro inducido). Se selecciono un ventilador axial de 12V con:

- Caudal: entre 10 y 20 m^3/h
- Diámetro: 80 a 120 mm

Este tipo de ventilador es suficiente para asegurar un flujo constante que favorezca el proceso de enfriamiento por evaporación.

E. Capacidad térmica

El desempeño del sistema se puede medir mediante el número de unidades de transferencia (NTU), que representa la capacidad del sistema para intercambiar calor entre el agua y el aire.

Primero se calcula la capacidad térmica mínima del sistema:

$$C_{min} = \dot{m}\ x\ C_p \tag{5}$$

Donde

$\dot{m} = flujo\ masico\ del\ agua\ \left(\frac{kg}{s}\right) = 0.0668\frac{kg}{s}$
$C_p = calor\ especifico\ del\ agua = 4186\ J/kg°C$

$$C_{min} = 0.0668\frac{kg}{s}\ x\ 4186\frac{J}{kg}°C = 279.6\ W/°C \tag{6}$$

F. Cálculo del NTU (Número de Unidades de Transferencia)
Para estimar el desempeño térmico del sistema se usa el método del NTU (Number of Transfer Units). Los parámetros son:

- Caudal del agua

$$\dot{m} = 240\frac{L}{h} = 0.0668\frac{kg}{s} \tag{7}$$

- Temperatura

$$Entrada = 30°C$$
$$Salida = 20°C$$
$$\Delta T = 10°C$$

- Coeficiente global de transferencia de calor

$$U = 150\ m^2/m^3 \tag{8}$$

- Calor especifico del agua

$$C_p = 4186\ J/kg°C \tag{9}$$

- Capacidad térmica mínima

$$C_{min} = \dot{m} * C_p = 0.0668\frac{kg}{s} * 4186\frac{J}{kg}°C = 279.6\ W/°C \tag{10}$$

- Producto UA

$$UA = 150\frac{m^2}{m} * 2.8m^2 = 420\ \ W/°C \tag{11}$$

- Cálculo del NTU

$$NTU = \frac{UA}{C_{min}} = \frac{420\ \ W/°C}{279.6\ W/°C} \approx 1.50 \tag{12}$$

Este valor indica un desempeño térmico moderado, adecuado para la escala del proyecto

Análisis complementario del desempeño hídrico, energético y biológico.

A. Análisis de la tasa de evaporación y del recurso hídrico

Dado que el principio de funcionamiento de la torre de enfriamiento se basa en el enfriamiento evaporativo, resulta fundamental cuantificar la pérdida de agua asociada al proceso con el fin de planificar adecuadamente el recurso hídrico del sistema. Para ello, se empleó una correlación empírica ampliamente utilizada en torres de enfriamiento, la cual estima la tasa de evaporación en función del caudal de agua y del salto térmico alcanzado:

$$E = \dot{m}_{agua} \times 0.00085 \times (\Delta T \times 1.8) \tag{13}$$

donde Ees la tasa de evaporación en L/h, $\dot{m}_{agua}$es el caudal volumétrico de agua y ΔTes la diferencia de temperatura del agua en °C.
Sustituyendo el caudal de diseño de 240 L/h y un diferencial térmico de 10 °C, se obtiene:

$$E = 240\,\text{L/h} \times 0.00085 \times (10 \times 1.8) \approx 3.67\,\text{L/h} \tag{14}$$

Cabe destacar que la torre de enfriamiento se encuentra conectada a la línea de retorno del sistema de recirculación, por lo que el agua circula de manera continua ciclo tras ciclo entre el germinador y la torre. En este contexto, la tasa de evaporación estimada no implica el vaciado del sistema, sino una pérdida neta gradual de agua que debe ser compensada mediante reposición automática para mantener el nivel del depósito y asegurar la operación estable del sistema.
De esta manera, la torre no actúa como un sistema de enfriamiento independiente, sino como un subsistema integrado al lazo de recirculación, encargado de extraer el calor acumulado en cada ciclo de operación.

B. Evaluación del coeficiente de rendimiento térmico (COP)

Con el objetivo de evaluar la eficiencia energética global del sistema propuesto, se determinó el Coeficiente de Rendimiento Térmico

(COP), contrastando la potencia térmica disipada por la torre con el consumo eléctrico de los componentes activos.
La potencia térmica disipada ($\dot{Q}$) se calculó mediante la expresión clásica de transferencia de calor:

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T$$

donde $\dot{m} = 0.0668\,\text{kg/s}$ es el flujo másico de agua, $C_p = 4186\,\text{J/kg\°C}$ es el calor específico del agua y $\Delta T = 10\,°C$. Sustituyendo:

$$\dot{Q} = 0.0668 \times 4186 \times 10 \approx 2796\,\text{W}$$

Posteriormente, se estimó el consumo eléctrico total (W_{elec}) del sistema, considerando la bomba brushless DC y el ventilador axial de 12 V, obteniendo un consumo aproximado de 8.4 W.
El Coeficiente de Rendimiento se calculó como:

$$COP = \frac{\dot{Q}}{W_{elec}} = \frac{2796}{8.4} \approx 332 \qquad (15)$$

Este valor de COP, notablemente superior a 300, indica que el sistema es capaz de disipar cientos de veces más energía térmica que la energía eléctrica que consume, lo que confirma una alta eficiencia energética del proceso. No obstante, este indicador debe interpretarse dentro del contexto del enfriamiento evaporativo, ya que no es directamente comparable con el COP de sistemas de refrigeración por compresión de vapor. Aun así, el resultado resalta la viabilidad del enfriamiento evaporativo como una solución eficiente y de bajo consumo energético para aplicaciones agrícolas a pequeña escala.

C. Beneficios biológicos de la estabilidad térmica

La validación final del sistema no solo se limita a su desempeño térmico y energético, sino a su impacto directo en el desarrollo biológico de las plántulas. Mantener la temperatura del agua cercana a 20 °C previene el estrés térmico que se presenta cuando el sistema supera los 30 °C, umbral a partir del cual se ve afectada negativamente la absorción de nutrientes y la actividad metabólica vegetal.
Desde un punto de vista fisicoquímico, la estabilidad térmica en torno a 20 °C favorece una mayor concentración de oxígeno disuelto en la solución nutritiva, parámetro crítico para el metabolismo radicular. Esta condición optimiza los procesos de respiración celular, absorción de nutrientes y desarrollo homogéneo del sistema radicular, promoviendo un crecimiento vigoroso y uniforme de las plántulas dentro del germinador hidropónico.

Resultados

Como parte del desarrollo del proyecto, se realizó el diseño tridimensional de la torre de enfriamiento utilizando el software SolidWorks. Este modelo 3D permite visualizar de forma detallada la estructura completa de la torre propuesta para el germinador a escala piloto, incluyendo cada uno de sus componentes principales (Figura 3): el depósito de agua (A), el sistema de entrada de aire (B), el relleno interno (C), los aspersores (D) y el ventilador axial (E).
Este diseño representa físicamente la torre de enfriamiento, lo cual facilitara futuras etapas de análisis estructural, fabricación y montaje. A través de esta representación digital se asegura que las dimensiones, proporciones y distribución de los elementos estén alineadas con los requerimientos térmicos y operativos del germinador

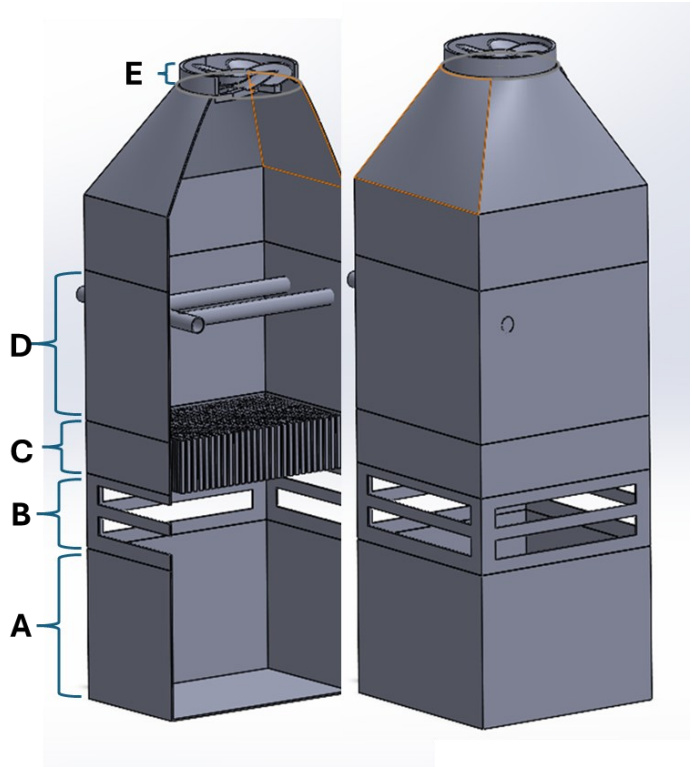

Figura 1. *Componentes de la torre de enfriamiento de tiro inducido con corriente contraflujo.*

A. Escenario a analizar

Con el diseño de la torre de enfriamiento ya definido en dimensiones y diseño, se evaluó su desempeño térmico bajo distintas condiciones

operativas. En esta sección se plantea un escenario específico de análisis en el que se modifica el flujo másico de agua ($\dot{m}$), con el fin de observar cómo esta variable influye en la eficiencia del sistema, medida a través del parámetro NTU.

El objetivo de este análisis es entender la sensibilidad del sistema ante variaciones en el flujo de agua, simulando posibles condiciones reales de operación como el uso de bombas de diferente capacidad o fluctuaciones en la demanda del sistema. Esta evaluación permite validar la flexibilidad y robustez del diseño, así como determinar los límites de eficiencia térmica de la torre propuesta.

A continuación, en la figura 4, se presentan los resultados obtenidos a partir de la simulación en MATLAB/Simulink, considerando diferentes flujos de agua representativos y su impacto sobre el NTU.

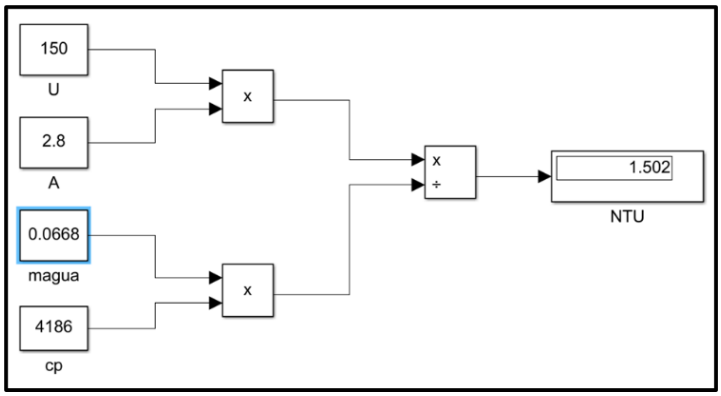

Figura 2. *Simulación del NTU en simulink.*

A continuación, se presenta una gráfica que permite analizar el comportamiento térmico de la torre de enfriamiento en función del caudal másico de agua que circula por el sistema. Este análisis tiene como finalidad observar cómo varía la eficiencia del intercambio de calor representada por el NTU conforme se incrementa el flujo de agua.

Comprender esta relación es fundamental para evaluar el rendimiento del diseño en diferentes condiciones operativas, ya que en sistemas reales el caudal puede variar por efectos de la bomba o el entorno. La Figura 5 permite identificar cómo estas variaciones afectan directamente la eficiencia térmica del sistema.

En ella se destaca el punto de operación real del proyecto, marcado en color rojo, correspondiente a un caudal de 0.0668 kg/s y un NTU aproximado de 1.502. Además, se incluyen líneas de referencia que indican los umbrales de eficiencia "buena" y "muy buena", facilitando así la interpretación del desempeño de la torre bajo distintos escenarios de flujo de agua.

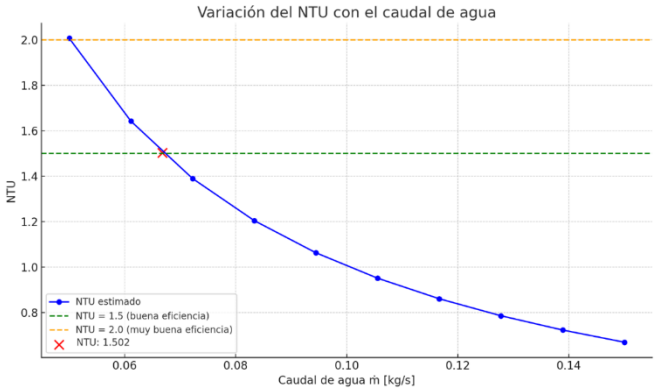

Figura 3. *Variación del NTU con el caudal de agua.*

Al comparar el desempeño térmico de la torre de enfriamiento diseñada en este proyecto con otras dos torres previamente documentadas en la literatura técnica, se observa que el diseño propuesto ofrece una eficiencia notable considerando su escala piloto y simplicidad constructiva.

Tabla 1. *Comparación entre la torre diseñada y modelados existentes*

Referencia/ Diseño	Tipo de torre	Escala	NTU	Observaciones
Franks,2017	Tiro inducido, contraflujo	industrial	1.8	Alta eficiencia, mayor complejidad estructural y energética
Singh & Kumar,2020	Flujo cruzado, tiro forzado	Laboratorio	1.3	Diseño compacto, pero menos eficiente a caudales altos
Proyecto actual (Altamirano Anette,2025)	Tiro inducido, contraflujo	Escala piloto	1.5	Buena eficiencia con bajo consumo energético, adaptable y de bajo costo

Por ejemplo, una torre de tiro inducido para uso industrial medio, reportada por Franks (2017), alcanza un NTU de 1.8 bajo condiciones ideales, pero requiere un ventilador de alta potencia y una estructura significativamente más robusta, con un costo operativo mayor. En contraste, otra torre de laboratorio de tipo flujo cruzado, presentada por Singh y Kumar (2020), logra un NTU de 1.3 con un diseño más compacto, pero a costa de una menor capacidad de enfriamiento frente a caudales variables.

Conclusiones

La torre de enfriamiento de tiro inducido y flujo contracorriente integrada a la línea de retorno de un sistema de recirculación de agua para un germinador hidropónico a escala laboratorio. La torre permite disipar el calor acumulado en el agua a lo largo de ciclos sucesivos de

operación, evitando el sobrecalentamiento y favoreciendo condiciones térmicas estables.

El sistema alcanzó un NTU de 1.502 con un caudal de 0.0668 kg/s, mostrando un desempeño térmico adecuado para aplicaciones de pequeña escala. El análisis hídrico y energético confirmó la viabilidad del enfriamiento evaporativo como una alternativa eficiente y de bajo consumo, mientras que la estabilidad térmica lograda en torno a 20 °C aporta beneficios directos al desarrollo de las plántulas, consolidando la propuesta como una solución viable y adaptable para sistemas de germinación en ambientes cálidos.

Referencias

[1] N. Castilla, Invernaderos de Plástico: Tecnología y Manejo, Mundi-Prensa, 2007.

[2] FAO, Good Agricultural Practices for Greenhouse Vegetable Crops, Roma, 2013.

[3] A. A. Ahmed, "Natural ventilation systems for greenhouses," Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 95, 2018.

[4] G. Sethi, S. K. Sharma y P. Kumar, "Effect of greenhouse microclimate on the growth of crops," J. Pharmacogn. Phytochem., vol. 9, no. 5, pp. 289–292, 2020.

[5] C. M. Duarte, A. R. Rincón y M. R. García, "Enfriamiento evaporativo y su aplicación en invernaderos: una revisión," Ingeniería Agrícola y Biosistemas, vol. 11, no. 1, pp. 55–64, 2019.

[6] R. E. Betz, "Cooling towers: design and operational principles," Chemical Engineering Progress, vol. 80, no. 11, pp. 33–38, 1984.

[7] A. G. El-Samadony y A. M. Youssef, "Cooling tower technologies and applications: A review," Alexandria Engineering Journal, vol. 60, no. 3, pp. 2885–2900, 2021.

[8] R. García-Cascales, et al., "Sustainable cooling systems for greenhouse applications: A review," Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 134, 2020.

[9] F. P. Incropera, D. P. DeWitt, T. L. Bergman y A. S. Lavine, Fundamentals of Heat and Mass Transfer, 7.ª ed., Wiley, 2011.

[10] Y. A. Çengel y A. J. Ghajar, Heat and Mass Transfer: Fundamentals and Applications, 6.ª ed., McGraw-Hill, 2020.

[11] J. R. Welty, G. L. Rorrer y D. G. Foster, Fundamentals of Momentum, Heat, and Mass Transfer, 5.ª ed., Wiley, 2007.

[12] A. G. Bhatia, Cooling Towers: Design and Operation Considerations, Continuing Education and Development Inc., 2012.

Semblanza Autores

Anette Valeria Altamirano Cabrera estudiante de ingeniería mecatrónica del Tecnológico Nacional de México, campus Culiacán.

David Enrique Castro Palazuelos, Ingeniero Electrónico por el Tecnológico Nacional de México, Campus Culiacán (2000). Maestro en Ciencias en Telemática por la Universidad de Colima (2004) y Doctor en Ciencias en Ingeniería Eléctrica con especialización en Telecomunicaciones por el Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN, Unidad Guadalajara (2015).

Julio Cesar Picos Ponce Ingeniero en Electrónica por el Tecnológico Nacional de México, Campus Culiacán (2003). Maestro en Ciencias en Ingeniería Eléctrica por el Centro de Investigación y Estudios Avanzados, IPN, Unidad Guadalajara (2005). Doctor en Ciencias en Sistemas de Información por la Universidad Autónoma de Sinaloa, Campus Culiacán (2017).

Luis Enrique Barreto Salazar es ingeniero electrónico con especialidad en automatización, Maestro en Ciencias de la Ingeniería en la especialidad de mecatrónica y control y Doctor en Ciencias de la Ingeniería en el área de instrumentación y control por el Tecnológico Nacional de México, Campus Culiacán.