



Aplicación de un sistema retroalimentado a lazo cerrado modelado matemáticamente con funciones de transferencia



LXVI Congreso Nacional de Física

Pamela Torres Hernández^{1*}, Dana Larissa Luna González¹, Yun Hernández González¹, M. en I. Valente Vázquez Velázquez¹, Dra. Donají Xóchitl Cruz López¹, Dr. Fernando Ángeles Uribe², Dr. Mauricio García Vergara¹

*pamtortres@ciencias.unam.mx

1: Facultad de Ciencias, UNAM; 2: Instituto de Astronomía, UNAM

Octubre 2023

RESUMEN

En la vida cotidiana y más aún en el ámbito científico, existe la necesidad de monitorear espacios de trabajo a distancia tales que se puedan mantener estables de forma automática mediante actuadores que respondan a los cambios de las variables físicas de interés; algunos ejemplos de dichos sistemas son: invernaderos a gran escala, incubadoras, sistemas de hidroponía, entre otros.

Con base en lo anterior, se desarrolló un sistema de retroalimentación a lazo cerrado cuya función es mantener estables variables físicas como temperatura y humedad. Este sistema se modeló matemáticamente, modelo que se aplicó en un mini-invernadero para posteriormente corroborar su comportamiento físico-matemático.

Para la construcción de dicho mini invernadero, se utilizaron los sensores DHT-11 y FC-28 para monitorear las variables de temperatura y humedad, para la interfaz de usuario se utilizaron técnicas de Internet de las Cosas, como lo fue un bot de Telegram. Finalmente, para mantener las variables en el rango deseado, se implementó un sistema de iluminación, ventilación y riego con diversos actuadores.

INTRODUCCIÓN

Se utilizó un modelo transitorio unidimensional de un invernadero [4] para describir el comportamiento de la temperatura y la humedad, el cual fue modificado de acuerdo con las condiciones establecidas para el mini invernadero. Si se asume que el aire no se ve afectado por la radiación solar se pueden identificar 5 fuentes de energía para el aire:

- Energía proveniente de la ventilación $q_v(t)$
- Energía proveniente de las fugas de aire $q_{lea}(t)$
- Energía proveniente de la convección $q_c(t)$
- Energía proveniente del vapor de agua $q_{liq}(t)$
- Energía proveniente de la planta $q_p(t)$

Sin embargo, por fines prácticos se consideró que las fugas de aire son despreciables y como consecuencia no se tomó en cuenta el término de la energía asociado a estas. Por otro lado, considerando la implementación del modelo en la planta *Mesembryanthemum cordifolium*, cuyo ambiente suele ser seco y de semisombra [2], es posible despreciar la humedad generada por esta en períodos cortos de tiempo, donde se asegura que el modelo es aplicable. De esta forma, la ecuación general para la temperatura que se planteó resolver fue:

$$\frac{dT(t)}{dt} = \frac{q_v(t) + q_c(t)}{\rho V(c_p + c_{pw}h(t))} \quad (1) \quad \frac{dh(t)}{dt} = \frac{[h_o(t) - h(t)]L(t)}{V} \quad (2)$$

Con $L(t)$ una función que describe la tasa de ventilación total a través de una escotilla.

METODOLOGÍA

A continuación se muestra el diagrama de bloques del circuito implementado:

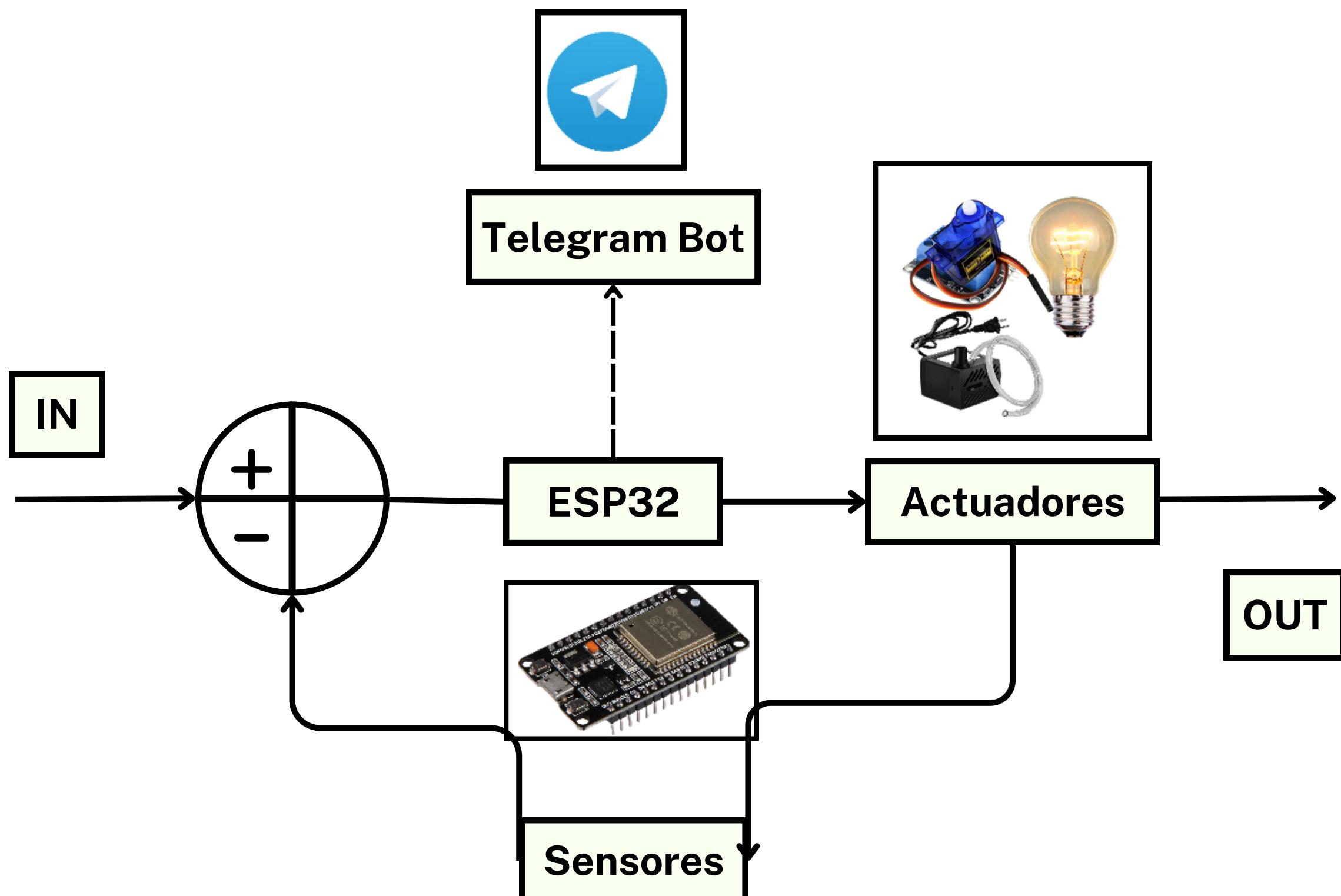
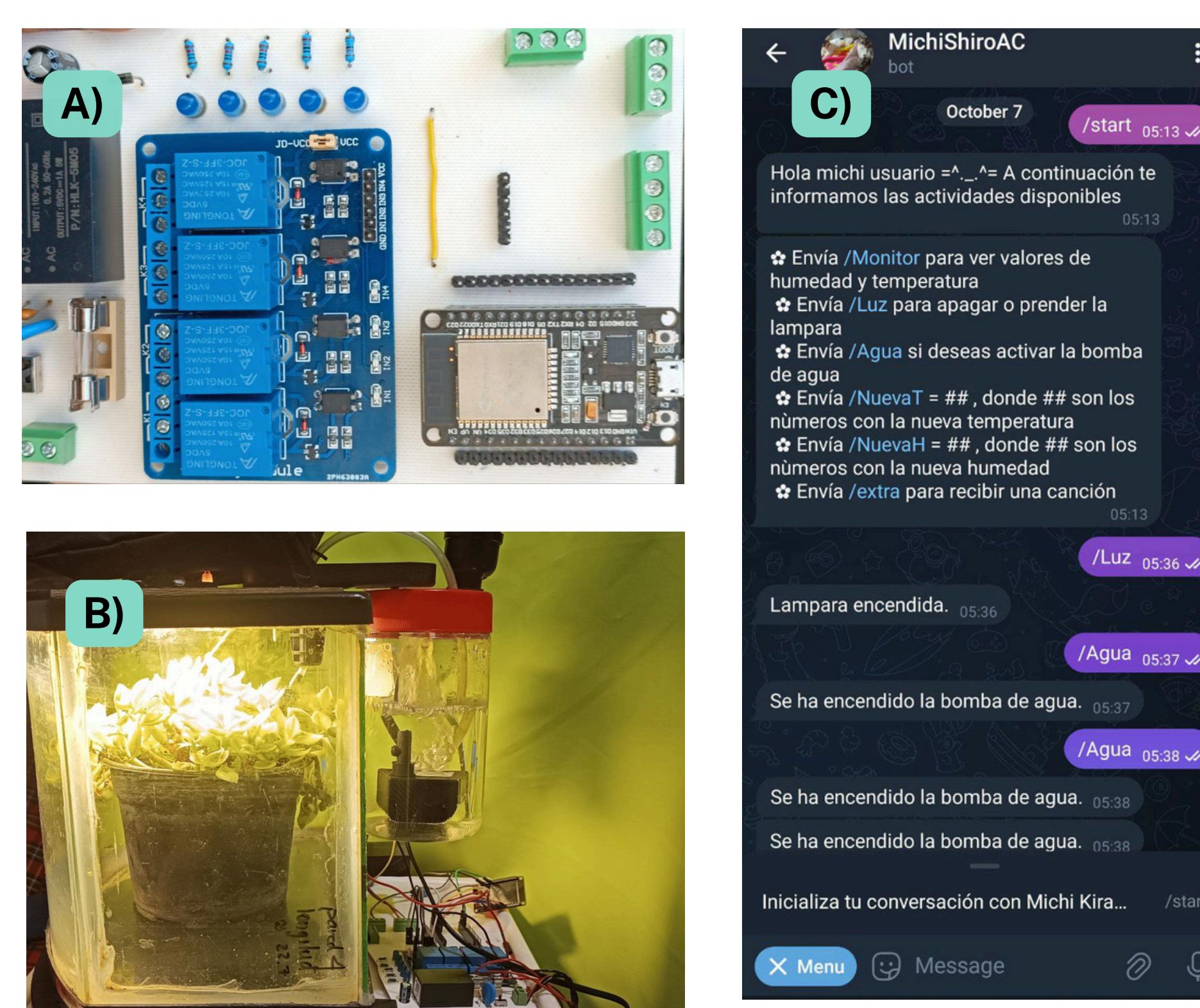


Fig. 1 a) Diagrama de bloques del sistema de lazo cerrado, donde se ofrece una retroalimentación del sensor de humedad y temperatura DHT11

Una vez planteada la instrumentación, se propuso resolver las ecuaciones diferenciales implantando el método de Runge-Kutta de cuarto orden, para ambas ecuaciones, en Python. Finalmente, se realizaron una serie de mediciones para proporcionar las condiciones iniciales para el algoritmo y compararlo.

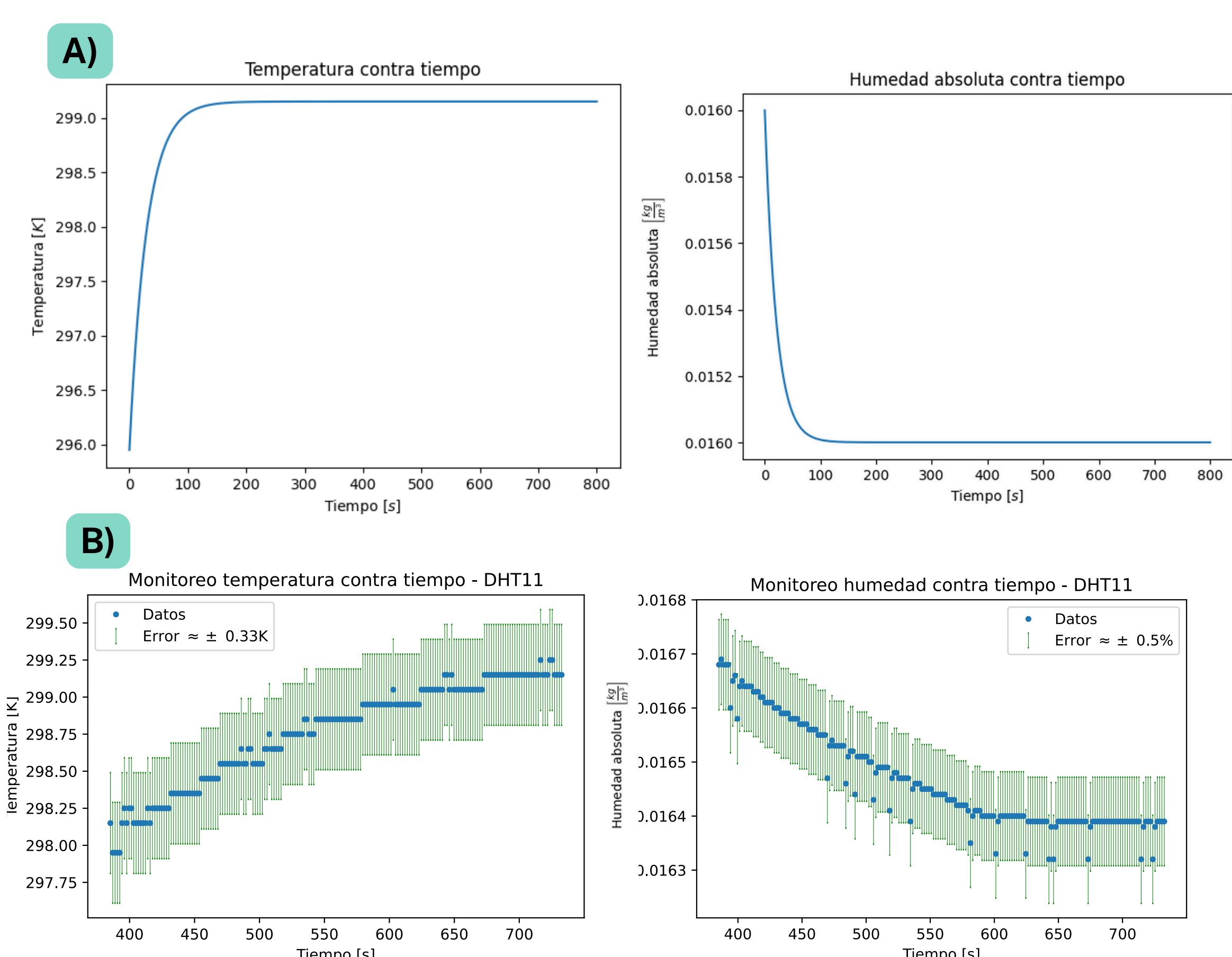
RESULTADOS Y ANÁLISIS

I. Resultado instrumentación



2. Resultados modelo

Figura 3: A) Se observan las gráficas resultantes de la resolución de ecuaciones diferenciales por el método numérico Runge-Kutta con condiciones iniciales de 295.95 K y 0.015 Kg/m³. B) Gráficas de temperatura y humedad tras realizar una medición de aproximadamente 15 minutos (con condiciones iniciales de 298.15 K y 0.016 Kg/m³)



CONCLUSIONES

La instrumentación del mini invernadero fue llevado a cabo exitosamente. Se observó que el sistema funciona de manera óptima y el modelo describe el fenómeno de manera consistente, durante al menos 15 minutos comprobado por los datos experimentales, esto sin duda da pie a la construcción de dispositivos más específicos y complejos, tales como incubadoras, sistemas de hidroponía, entre otros.

TRABAJO A FUTURO

Buscar ampliar el tiempo de la simulación con el fin de describir un intervalo de datos del orden de horas. De igual manera, se propone probar el modelo en diferentes plantas con características similares.

AGRADECIMIENTOS

Gracias al Taller de Control y Electrónica asociado al Departamento de Física de la Facultad de Ciencias de la UNAM por el apoyo recibido para la realización y conclusión de este trabajo.

REFERENCIAS

- Boylestad, L. (2003) Introductory Circuit Analysis. Pearson Education, 10ed.
- De Medio Ambiente Y Ordenación Territorial Gobierno De Canarias, C. (s. f.). Exos. <https://www.biodiversidadcanarias.es/exos/especie/F00078>
- Horowitz, P., & Hill, W. (1989). The Art of Electronics. Cambridge University Press.
- Liu, R., Li, M., Guzmán, J. L., & Rodríguez, F. (2021). A fast and practical one-dimensional transient model for greenhouse temperature and humidity. Computers and Electronics in Agriculture, 186, 106186. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106186>
- Mouser Electronics (s.f.), DHT11 Humidity & Temperature Sensor. Obtenido de: <https://pdf.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1440068/ETC/DHT11.html>