



9th International Interdisciplinary Congress on Renewable Energies, Industrial Maintenance, Mechatronics and Informatics

Booklets



RENIECYT - LATINDEX - Research Gate - DULCINEA - CLASE - Sudoc - HISPANA - SHERPA UNIVERSIA - Google Scholar DOI - REDIB - Mendeley - DIALNET - ROAD - ORCID - V|LEX

Title: Viability of an earth/air heat exchanger applied in the Mérida city, Yucatan, México through the internet of things

Authors: Chan-González, Jorge J., Gallegos-Sánchez, Selene, Andrade-Durán, Juan Edgar and Lezama-Zárraga, Francisco

Editorial label ECORFAN: 607-8695
BCIERMMI Control Number: 2024-01
BCIERMMI Classification (2024): 241024-0001
RNA: 03-2010-032610115700-14
Pages: 14

Autonomous University of Campeche 11932022 0000-0002-8638-1646 84196
 Autonomous University of Campeche 79192024 0009-0008-7013-2224
 Autonomous University of Campeche 0000-0002-7370-1209 238526
 Autonomous University of Campeche 12292018 0000-0003-3397-7881 205493

CONAHCYT classification:

Area: Engineering

Field: Engineering

Discipline: Energy engineering

Subdiscipline: Solar energy

ECORFAN-México, S.C.

Park Pedregal Business. 3580,

Anillo Perif., San Jerónimo

Aculco, Álvaro Obregón,

01900 Ciudad de México, CDMX,

Phone: +52 1 55 6159 2296

Skype: ecorfan-mexico.s.c.

E-mail: contacto@ecorfan.org

Facebook: ECORFAN-México S. C.

Twitter: @EcorfanC

www.ecorfan.org

Holdings

Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua



Contenido

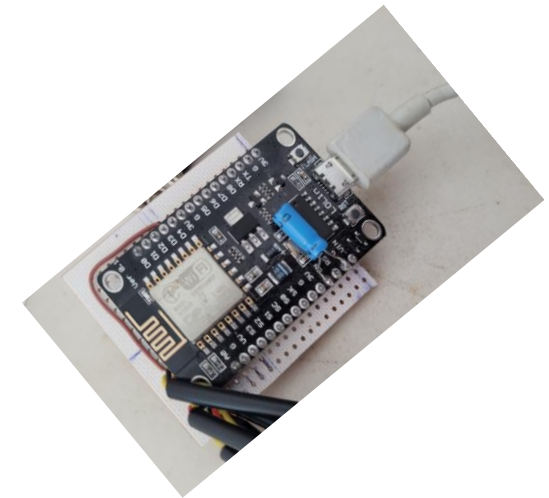
- Introducción.
- Descripción del Sistema.
- Metodología.
- Resultados.
- Conclusiones y Recomendaciones.
- Referencias.
- Agradecimientos



Introducción



- En el presente trabajo se realizó análisis de viabilidad para instalar un intercambiador de calor tierra-aire (ICTA) en la ciudad de Mérida, Yucatán, México.
- Se implementó de un sistema IoT (internet de las cosas) de bajo costo monitoreado en tiempo real.
- Se identificó el potencial energético, propiedades térmicas del medio ambiente y del subsuelo: conductividad térmica del suelo, humedades relativas, tipos de materiales del subsuelo, propiedades termo-físicas del tubo PVC, dirección y predominancia del aire.
- Las mediciones de estas variables se hicieron con un microcontrolador programable wifi (ESP8266) .



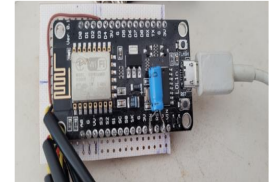


FACULTAD DE
INGENIERÍA

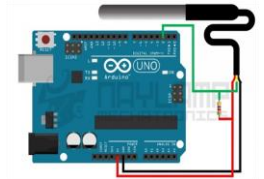
Descripción del sistema.



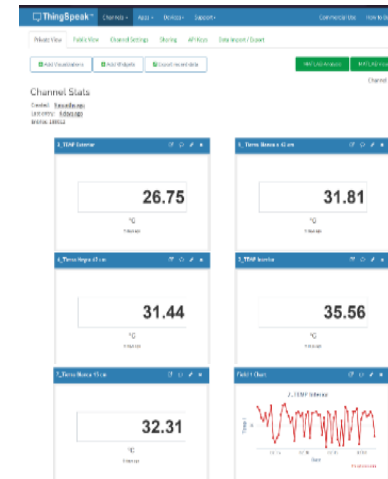
Microcontrolador **WiFi ESP8266** es un módulo con Wi-Fi en el chip (SoC). Es utilizado para el desarrollo de aplicaciones integradas en la IoT (Internet de las Cosas). Permite ver los datos en tiempo real desde cualquier lugar con conexión a internet.



Se programó el DS18B20 en Arduino con dos librerías: OneWire, está implementado todo el protocolo del bus 1-wire, y la librería DallasTemperature.



Se empleó como almacenamiento y exportación de datos en archivos csv la página web de acceso libre thingspeak. Permite disponibilidad de datos en la nube y acceso desde cualquier lugar que tenga acceso a internet.





1. **Planeación.** Determinación de la ubicación e instalación del sistema (ICTA) Se analizó una casa habitación de la ciudad de Mérida, Yucatán, México.
2. **Investigación in situ.** Estudio de suelo. Se seleccionaron dos tipos de tierras, las más comunes en la ciudad de Mérida, Yucatán. Tierra negra y el sascab .
3. **Instalación, programación y visualización de sensores.** Temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento, entre otras.
4. **Recopilación de información.** Adquisición de datos en tiempo real, IoT
5. **Análisis de la información.** Analizar la información recopilada.
6. **Informe final.** Realizar la Memoria Técnica Descriptiva del diagnóstico

Resultados

Las muestras de tierra del suelo de Mérida, Yucatán, México fueron sometidas a pruebas de laboratorio para determinar sus respectivas conductividades térmicas. $K_{\text{tierra negra}} = 0.1355 \text{ W/mK}$ y K_{sascab} , de 0.2105 W/mK .

Se estudiaron temperaturas de ambas tierras: a dos profundidades. Tuvieron un comportamiento muy similar con una diferencia de $\pm 0.2^\circ \text{C}$. La temperatura a 15 cm se mantiene semejante a la temperatura exterior.

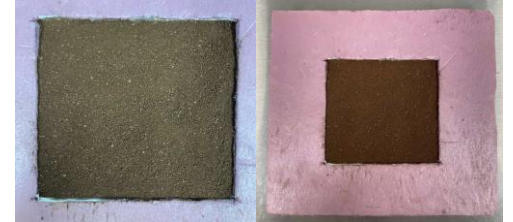
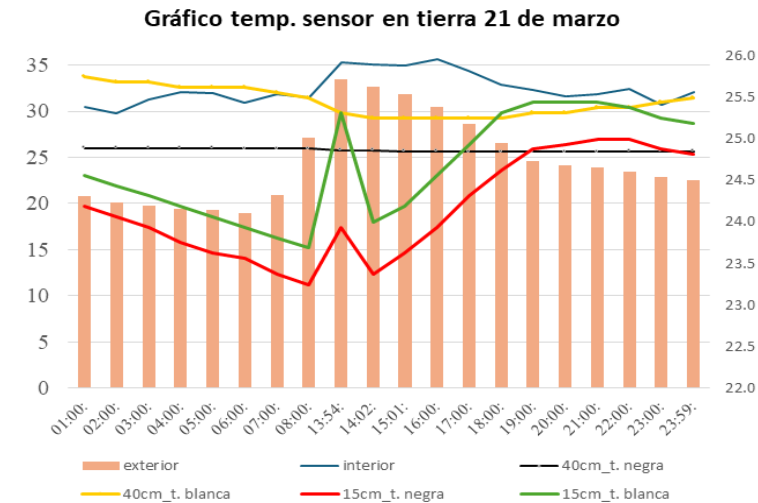
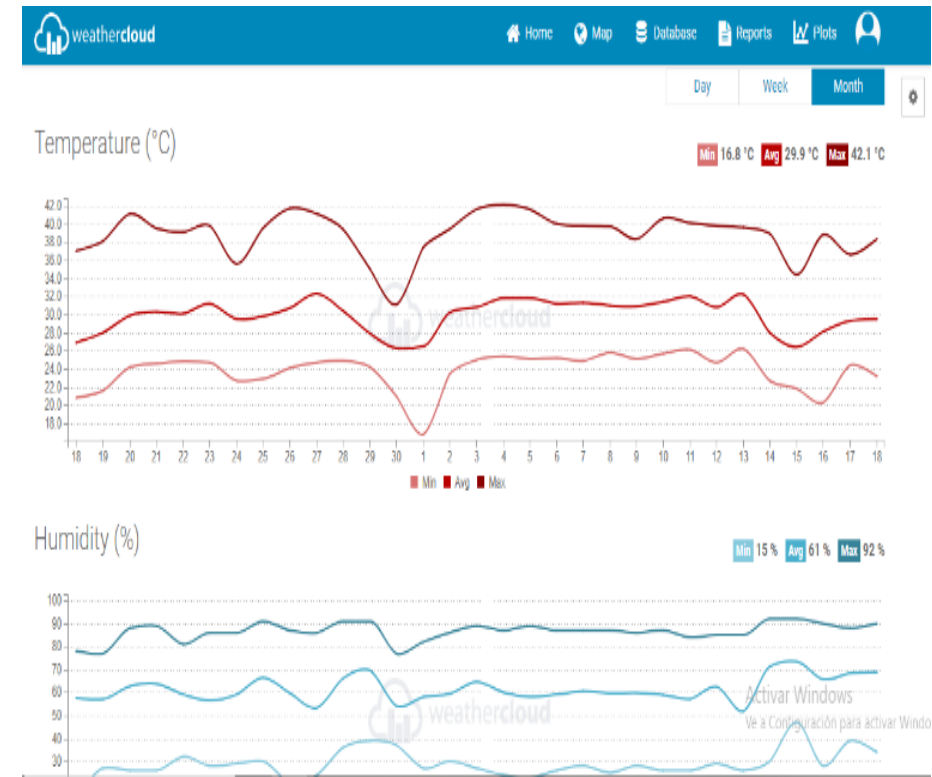
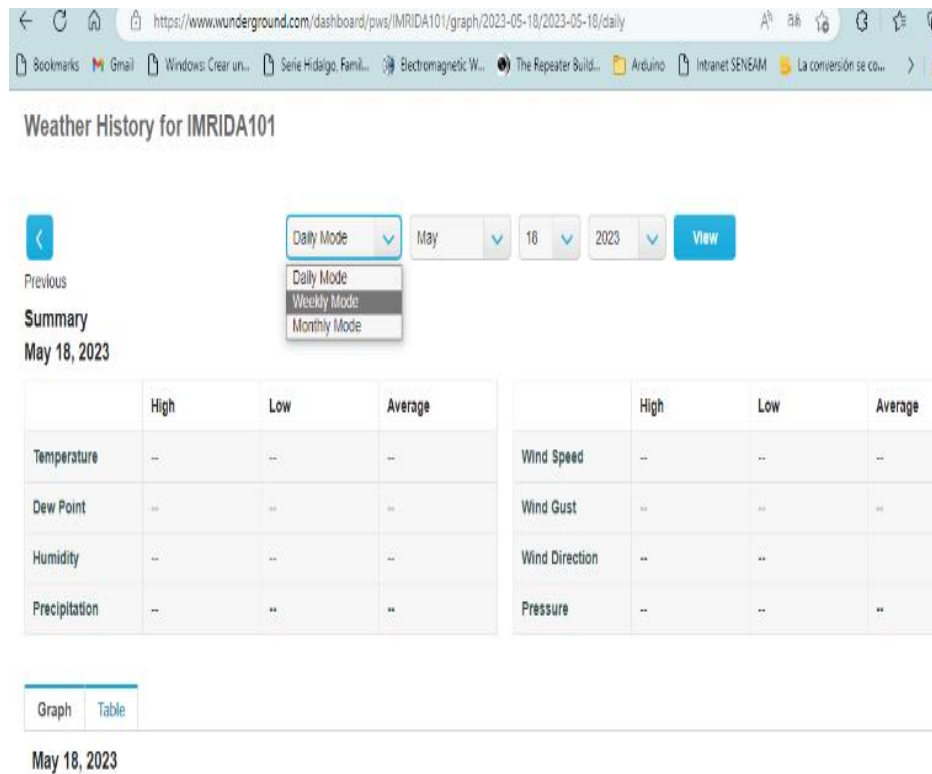


Figura 14. Estudio de conductividad térmica.



Con weather cloud, vemos fecha, hora, ubicación de la estación meteorológica (coordenadas y mapa de visualización).



Visualizamos los parámetros gráficamente y en tabla; mejor comprensión y visualización del comportamiento climático del lugar, por hora, día o mes.

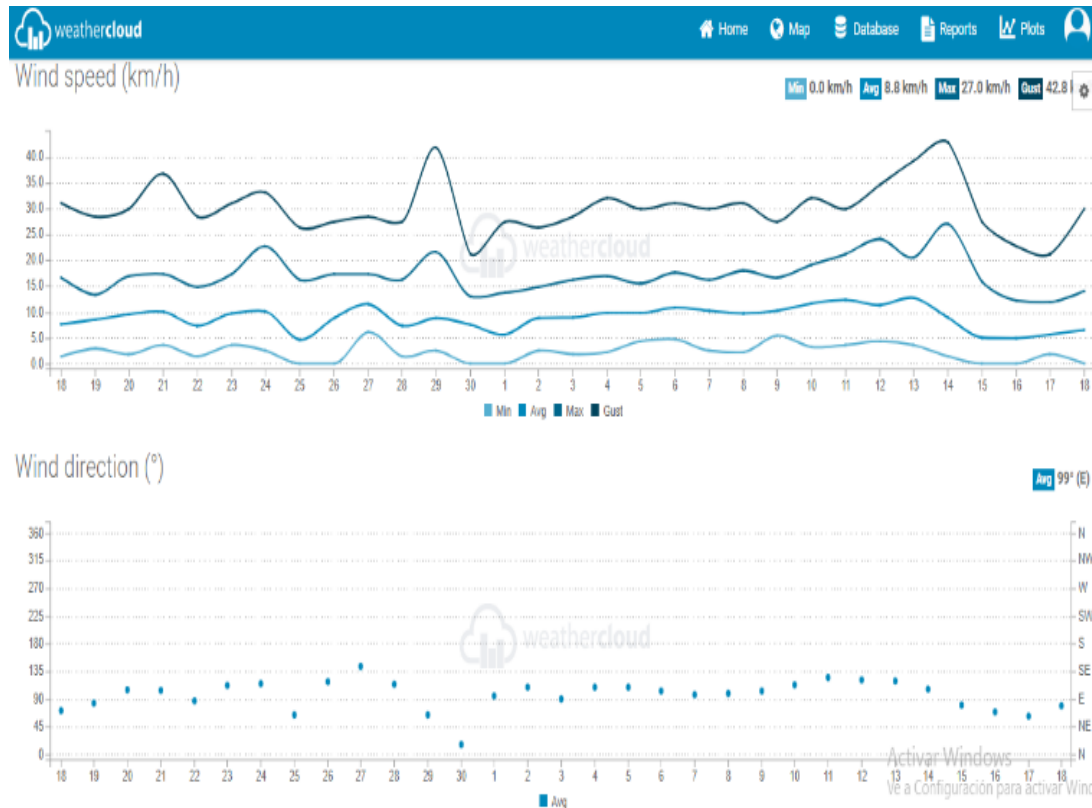


Figura 19. Datos de la estación meteorológica en weathercloud, velocidad y dirección del viento.

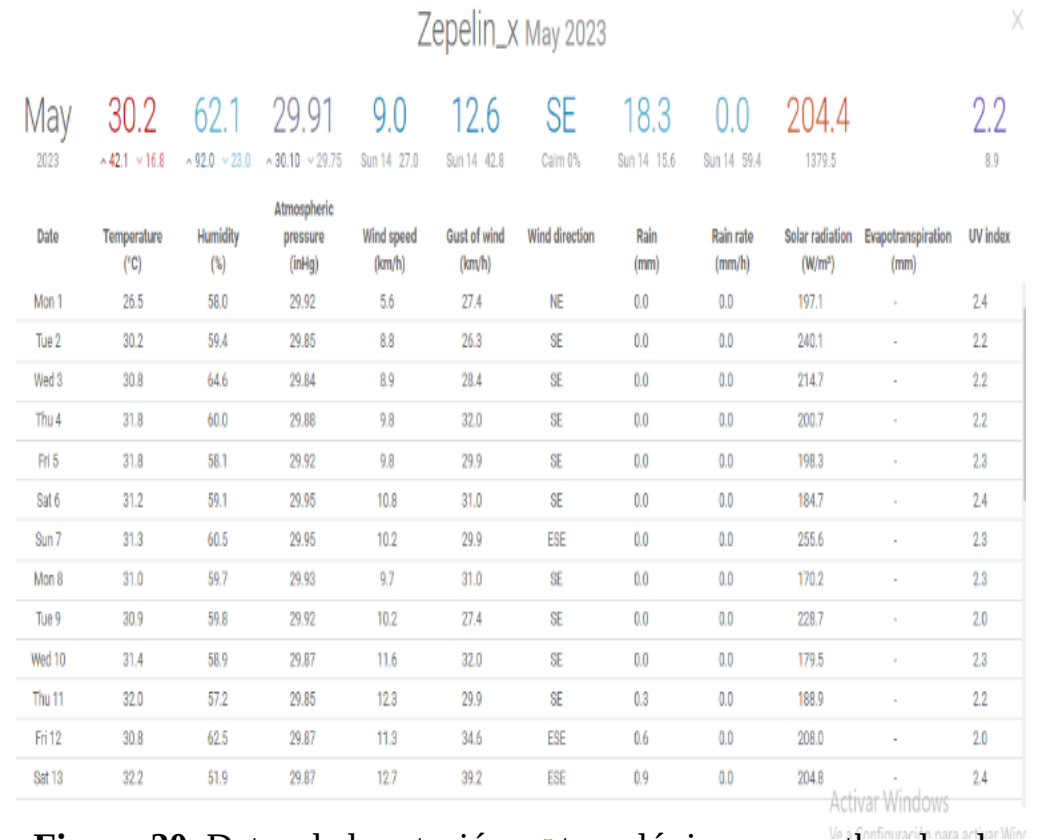


Figura 20. Datos de la estación meteorológica en weathercloud, descargada en una tabla editable.

Descargamos en archivos csv los datos en la página web weathergroud, por día, semana o mes. Algo muy atractivo de la página weathergroud es su visualización; los gráficos que muestra, son más amigables en comparación de weathecloud



Figura 21. Datos de la estación meteorológica en weathercloud, descargados en archivos editables en extensión csv.

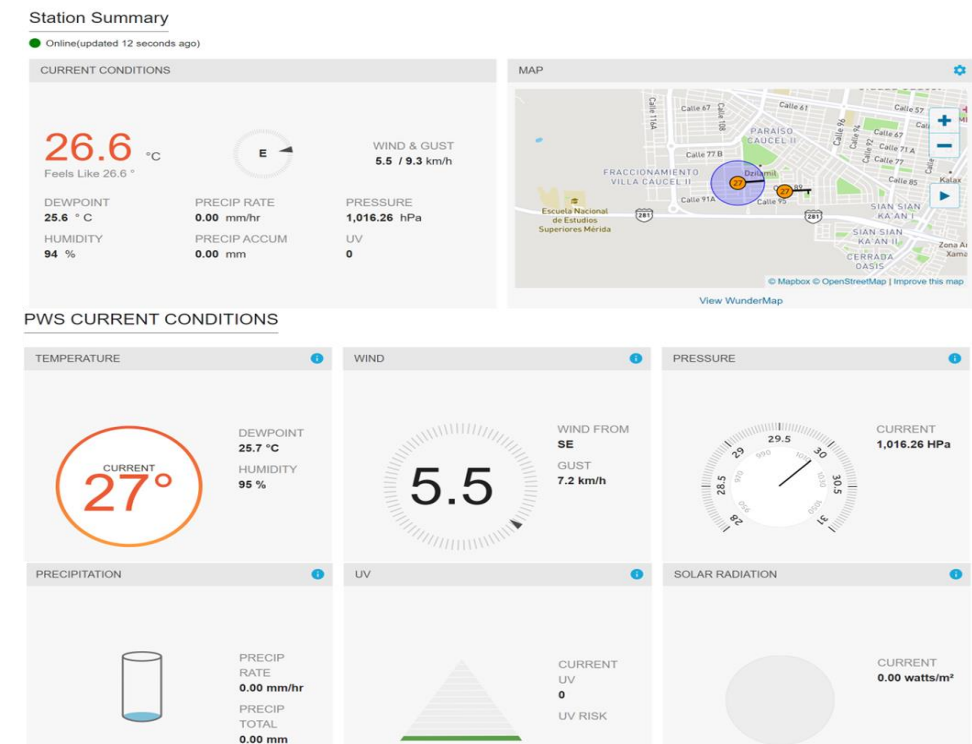


Figura 22. Pantalla principal de la página weathercloud.

Con el software EES, se realizaron los cálculos para analizar un diseño de intercambiador de calor tierra-aire, con respecto a las condiciones y parámetros resultantes obtenidos

LOGARITMO PARA EL CÁLCULO DEL CALOR CEDIDO POR EL INTERCAMBIADOR DE CALOR

Datos

$$\begin{aligned}
 D_{\text{ext}} &= 0.11433 \text{ [m]} \\
 D_{\text{suelo}} &= 0.12033 \text{ [m]} \\
 T_{\text{amb}} &= 35 \text{ [C]} \\
 T_{\text{suelo}} &= 25 \text{ [C]} \\
 \Delta T &= T_{\text{amb}} - T_{\text{suelo}} \\
 k_{\text{suelo}} &= 0.2105 \text{ [W/m·K]} \\
 k_{\text{pvc}} &= 0.15 \text{ [W/mK]} \\
 D_{\text{int}} &= 0.1077 \text{ [m]} \\
 h_{\text{conv}} &= 20 \text{ [W/m}^2\text{·K]} \\
 P_{\text{perimetro}} &= 2 \cdot \pi \cdot \frac{D_{\text{ext}}}{2} \\
 A_{\text{total}} &= P_{\text{perimetro}} \cdot L_{\text{total}} \\
 \text{Rugosidad absoluta de la tubería del PVC} \\
 \varepsilon &= 0.002 \\
 \text{Valores para el aire atmosférico a 35 C} \\
 \mu &= 0.00001849 \text{ [kg/ms]} \\
 \rho &= 1.184 \text{ [kg/m}^3\text{]} \\
 \dot{V} &= 0.00118 \text{ [m}^3\text{/s]}
 \end{aligned}$$

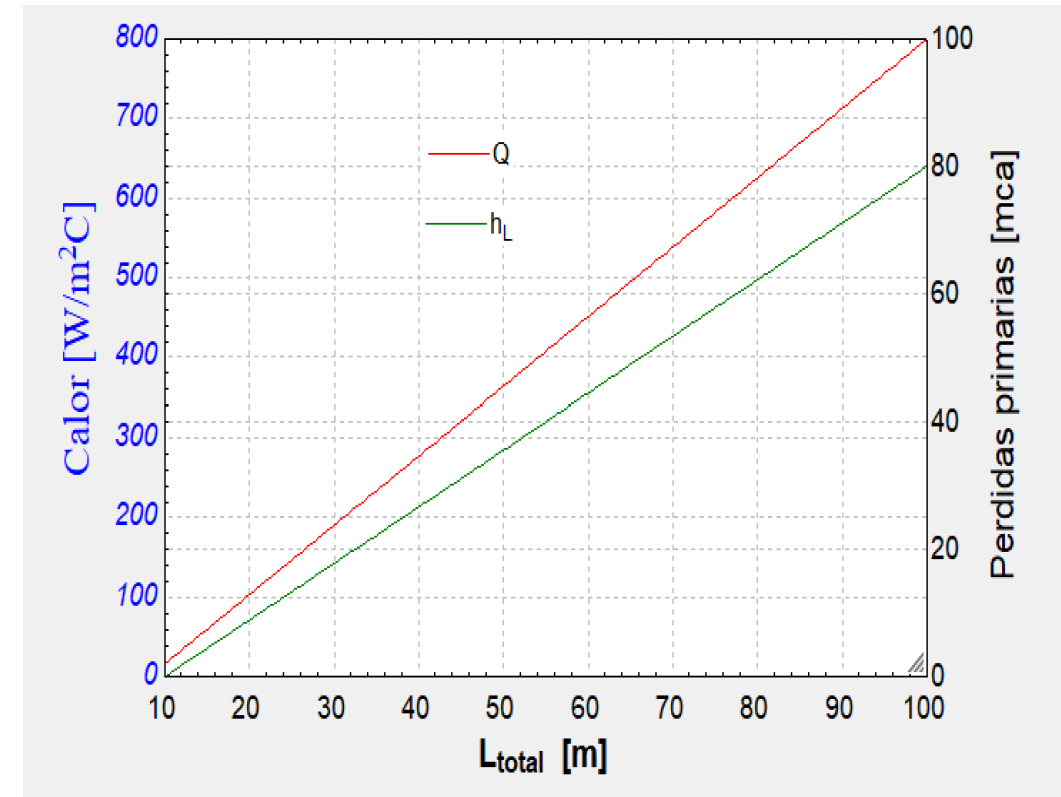


Figura 17. flujo de calor con respecto a su longitud

Figura 16. Datos para el logaritmo de programación en el software EES.



Conclusiones



- ✓ Se diseñó, planificó y construyó un sistema de adquisición de datos por medio de un microcontrolador Wifi ESP8266: se le integraron y programaron sensores de temperatura DS18B20, para monitorear la temperatura del subsuelo a dos diferentes profundidades, así como también la temperatura interior y exterior de la casa.
- ✓ Se determinó el área idónea para la instalación del intercambiador de calor tierra-aire, (patio trasero de la casa, orientado hacia el norte, de donde vienen los vientos predominantes), la casa protege al patio de los rayos del sol.
- ✓ Se instaló y configuró una estación meteorológica en dos páginas web diferentes: weathercloud y weatherunderground para visualizar en tiempo real las condiciones meteorológicas de la casa habitación (Mérida Yucatán, México). Se tiene acceso a esta base de datos desde cualquier lugar con Internet.



Conclusiones



- ✓ Con una estación meteorológica se realizaron pruebas del sistema de adquisición de datos, obteniendo los parámetros meteorológicos del sitio y se integraron los demás sensores al IoT.
- ✓ Se realizó un estudio de temperaturas de ambos tipos de tierra: negra y blanca (sascab) a dos distintas profundidades, así como de la temperatura exterior e interior de la casa habitación de Mérida, Yucatán, México. Ambas tierras tuvieron un comportamiento similar con una diferencia de $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$.
- ✓ Se observó que la temperatura a 15 cm de profundidad, se mantiene semejante a la temperatura exterior, tienen la misma tendencia de curva. Por otra parte, a una profundidad de 0.40 m observamos una diferencia de temperatura considerable en comparación a la que hay en el exterior.



Conclusiones



- ✓ No fue necesario llegar a una profundidad de 1 metro para tener una diferencia de temperatura aceptable, la diferencia de temperatura fue de ± 4 °C. El sascab (tierra blanca) se mantuvo a una temperatura más baja en comparación a la tierra negra. Hay que tener en cuenta que, en la ciudad de Mérida Yucatán, el sascab es más económico y fácil de conseguir.
- ✓ Se realizó un modelo matemático de transferencia de calor del sistema intercambiador de calor tierra-aire, y con la ayuda del software EES se logró visualizar de forma gráfica el flujo de calor de éste con respecto a su longitud.



Recomendaciones



- ✓ Se recomienda para futuros trabajos delimitar la cantidad de datos a adquirir de los sensores de temperatura conectados a la IOT (Internet de las Cosas), por temas de espacio de almacenaje y logística de funcionamiento (horas, un día completo, una semana, un mes o meses).
- ✓ Dependiendo de la zona en la que nos encontremos podemos encontrarnos con diferentes problemáticas como contar con energía eléctrica y acceso a internet sin interrupciones, para poder tener las lecturas de los sensores. Se dependen de ellos para obtener la información de datos. De igual forma la robustez y capacidad del sistema donde se van a guardar los datos.

Referencias

- Arcos Feria, V. M. (2016). *Estudio Experimental del desempeño térmico de un Intercambiador de Calor Tierra-Aire en la ciudad de Chetumal, Quintana Roo*. <http://hdl.handle.net/20.500.12249/259>
- Arias Olave, O. E., & Aya González, A. C. (2016). Robustecimiento y calibración de la máquina de acondicionamiento de aire mediante intercambio de calor tierra-aire. In *Universidad Distrital Francisco José de Caldas - Biblioteca UDFJC* (Vol. 1, Issue 1). <http://hdl.handle.net/11349/3385>
- Cengel, Y. A. (2011). *Transferencia de Calor y Masa* (S. A. D. C. V. McGRAW-Hill/Interamericana Editores (ed.); Cuarta edi).
- Chamorro, E. D. (2019). Nuevo control de climatización utilizando métodos de aprendizaje automático y predicciones meteorológicas. *Revista Científica y Técnica de La Asociación Española de Ingeniería Hospitalaria*, 32–35.
- Geotérmica, T. E. (n.d.). *Diseño de un intercambiador de calor tierra/aire*. <https://tectonica.archi/materials/intercambiador-de-calor-aire-tierra>
- Hummood, E., Hasan, M. I., & Abd, G. (2024). *Investigating the Effects of Disturbed Soil Thickness on the Performance of Earth-Air Heat Exchanger*. 42(3), 1101–1110.
- Iordache, G. E., Ionescu, C., & Necula, H. (2019). Experimental study of an earth to air heat exchanger used by an energy efficient building. *2019 54th International Universities Power Engineering Conference, UPEC 2019 - Proceedings*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/UPEC.2019.8893581>
- Jiménez, J. A. A. (2020). Diseño de climatización aprovechando energía geotérmica utilizando intercambiador de calor aire-tierra en finca primavera, pueblo nuevo viñas, santa rosa. In *Repositorio Institucional USAC*. <http://biblioteca.ingenieria.usac.edu.gt/>
- Juarez, U., & Steve, J. (2019). *Universidad ricardo palma escuela de posgrado*. <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/2860>
- Lesino, S. F. L. y G. (2000). Intercambiadores tierra-aire: uso del suelo para enfriamiento pasivo. *Avances En Energías Renovables y Medio Ambiente*, 4, 6. <https://doi.org/0329-5184>
- Mahmoud, M., Abdelkareem, M. A., & Olabi, A. G. (2024). Chapter 2.4 - Earth air heat exchangers. In A. G. Olabi (Ed.), *Renewable Energy - Volume 2: Wave, Geothermal, and Bioenergy* (pp. 163–179). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-323-95211-8.00012-9>
- Martín, S. (2018). El terreno como intercambiador. *Universidad Politécnica de Madrid*.
- Molar-Orozco, María Eugenia, Ríos-Arriola, Juan, B.-M., & Gonzalo y Reyes-López, J. A. (2020). Determinación de profundidad óptima para intercambiadores de calor tierra-aire en Saltillo, Coahuila. *Revista de Aplicaciones de La Ingeniería*, 7(24), 8. <https://doi.org/10.35429/JEA.2020.24.7.1.7>
- Sakhri, N., Menni, Y., & Ameer, H. (2020). Experimental investigation of the performance of earth-to-air heat exchangers in arid environments. *Journal of Arid Environments*, 180(March), 104215. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2020.104215>
- Çengel, Y. (2011). *Transferencia de Calor y masa* (M. Hills (ed.); 4a ed.)



ECORFAN®

© Ecorfan-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162, 163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169, 209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMMI is part of the media of Ecorfan-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- (www.ecorfan.org/ booklets)