



Title: Design of a WiFi Sensor Network to Identify Transmission Zones of Respiratory Diseases through Air Quality Indicators

Authors: FIGUEROA-MILLÁN, Patricia Elizabeth, BRICIO-BARRIOS, Elena Elsa, LUA-MADRIGAL, Olimpo and ARCEO-DÍAZ, Santiago

Editorial label ECORFAN: 607-8695

BECORFAN Control Number: 2023-03

BECORFAN Classification (2023): 111213-0301

Pages: 18

RNA: 03-2010-032610115700-14

MARVID - Mexico

Park Pedregal Business. 3580-
Adolfo Ruiz Cortines Boulevard –
CP.01900. San Jerónimo Aculco-
Álvaro Obregón, Mexico City
Skype: MARVID-México S.C.
Phone: +52 1 55 6159 2296
E-mail: contact@marvid.org
Facebook: MARVID-México S. C.
Twitter:@Marvid_México

www.marvid.org

Holdings

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

Agenda

- Introducción
 - Revisión de la literatura
 - Objetivo
- Metodología
- Resultados
- Conclusiones
- Referencias

Introducción

- Las *enfermedades respiratorias a nivel mundial* representan una amenaza significativa, con una tasa de mortalidad de 35.8 muertes por cada 100,000 habitantes.
- En **México**, el COVID-19 y la influenza ocuparon el cuarto y octavo lugar, respectivamente, entre las **principales causas de mortalidad en el 2021 y el 2022**.
- Los *virus*, incluyendo el COVID-19, se transmiten a través de microgotas que permanecen suspendidas en el aire durante hasta 10 minutos en ciertas condiciones en interiores.
- Los *sistemas de ventilación* pueden transportar microgotas, por ejemplo, esto provoca potencialmente infecciones adquiridas en hospitales.

Introducción

- Para reducir la proliferación de virus emergen *tres estrategias*, principalmente:
 - Ventilación natural y mecánica,
 - Utilización de desinfectantes químicos,
 - Implementación de sistemas de extracción de aire para mejorar las tasas de intercambio de aire.

Además, se han empleado:

- Los filtros capturan microgotas, reduciendo la exposición a virus en lugares concurridos como hospitales, restaurantes y transporte público.
- Sensores integrados en dispositivos de extracción de aire monitorean variables, permitiendo tomar acciones correctivas si la calidad del aire está fuera de los rangos seguros.

Introducción

Por lo tanto, han surgido varios estudios que proponen *sistemas avanzados de monitoreo de calidad del aire*, incluyendo *redes de sensores inalámbricas*, *soluciones basadas en IoT* y sistemas inteligentes para monitoreo de la contaminación del aire.

Revisión de la Literatura

- **Ramos (2015):**
 - Propuesta: utilización de filtros complementarios a sistemas de extracción de aire.
 - Implementación Validada: Hospitales, restaurantes, bares, transporte público y pasillos universitarios.
- **Higuera et al. (2021) y Guerrero et al. (2022) :**
 - Propuesta: integración de sensores para monitorear variables y tomar medidas correctivas.
 - Implementación Validada: Oficinas, hospitales y centros comerciales.
- **Vega et al. (2019), Párraga (2022), Hernández(2022):**
 - Propuesta: redes inalámbricas para medir y monitorear la calidad del aire en entornos específicos.
 - Implementación Validada: Hospitales en México y Ecuador.
- **Edupuganti et al. (2023):**
 - Propuesta: Sistema IoT con sensores, gateway, WiFi, LCD y servidor en la nube.
 - Implementación Validada: Monitoreo en tiempo real con alertas para usuarios.

Revisión de la Literatura

- **Ariyaratne (2023):**
 - Propuesta: uso de redes electroquímicas para medir contaminantes.
 - Desafíos: Calibración de sensores, especialmente en relación con la temperatura y la humedad.
- **Pramanagara et al. (2023):**
 - Propuesta: sistema inteligente para abordar la contaminación del aire, utilizando IoT y sensores variados.
 - Implementación Propuesta: Monitoreo de la calidad del aire a través de una aplicación en smartphones.
- **Truong et al. (2023):**
 - Propuesta: sistema de monitoreo de variables ambientales en aulas con red inalámbrica LoRA.
 - Implementación Propuesta: Recopilación y almacenamiento en tiempo real de datos en una base de datos Cayenne.

Revisión de la Literatura

- **Ariyaratne (2023):**
 - Propuesta: uso de redes electroquímicas para medir contaminantes.
 - Desafíos: Calibración de sensores, especialmente en relación con la temperatura y la humedad.
- **Pramanagara et al. (2023):**
 - Propuesta: sistema inteligente para abordar la contaminación del aire, utilizando IoT y sensores variados.
 - Implementación Propuesta: Monitoreo de la calidad del aire a través de una aplicación en smartphones.
- **Truong et al. (2023):**
 - Propuesta: sistema de monitoreo de variables ambientales en aulas con red inalámbrica LoRA.
 - Implementación Propuesta: Recopilación y almacenamiento en tiempo real de datos en una base de datos Cayenne.

Objetivo

Este estudio presenta el Diseño de una red de sensores basada en tecnología WiFi, diseñada para monitorear variables ambientales como CO₂, TVOC, temperatura y humedad, que influyen colectivamente en la calidad del aire interior, con la finalidad de identificar zonas de transmisión de enfermedades respiratorias.

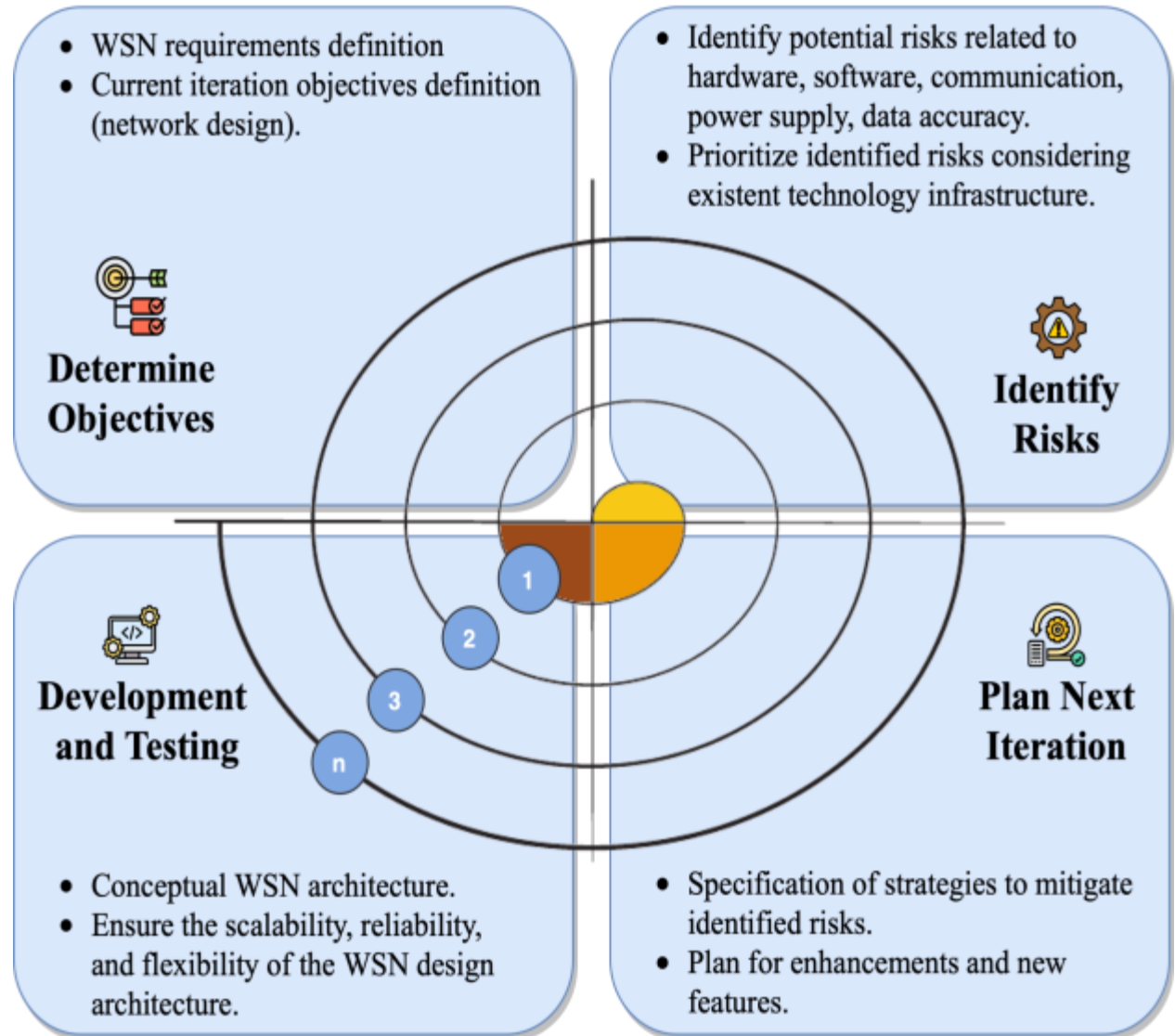
Para este diseño se considera tecnología de acceso abierto y bajo costo, garantizando la escalabilidad de la red de sensores y su integración transparente con la infraestructura existente en interiores.

Metodología de la Investigación

- La *metodología de investigación* empleada en este estudio se basa en la *metodología de investigación tecnológica en ingeniería* propuesta por De la Cruz (2016).
- *Fases:*
 - Planteamiento del problema
 - Objetivos y justificación
 - Antecedentes teóricos para determinar contexto
 - Fundamentos y definición de términos básicos
 - Hipótesis
 - Metodología para diseño o desarrollo
 - Herramientas y materiales necesarios;
 - Implementación y evaluación.

Metodología de Desarrollo

- *Modelo en Espiral*

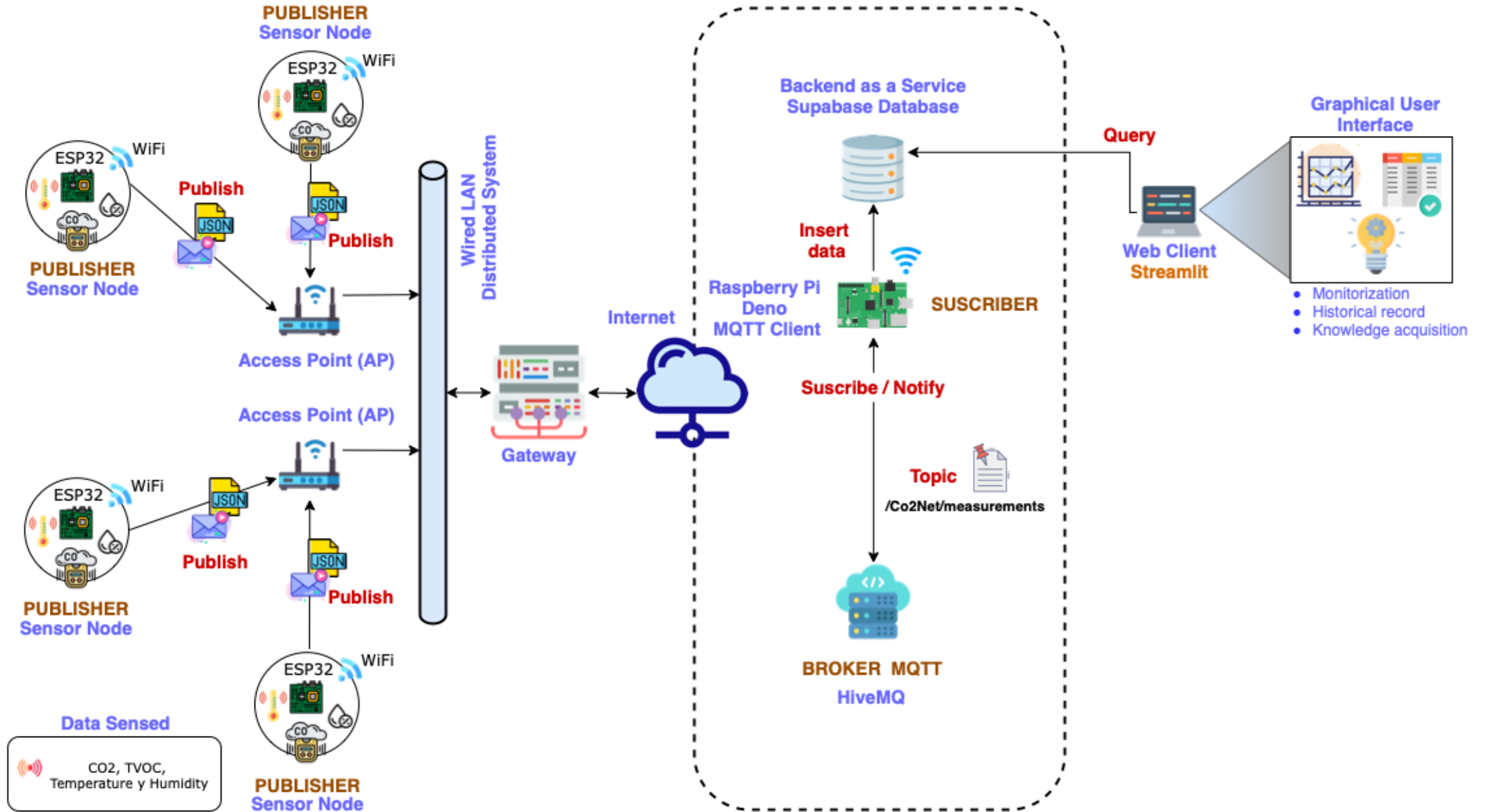


Metodología de Desarrollo

Herramientas y materiales

- ***Sensores:***
 - CSS811 (CO2 y TVOC)
 - DHT22 (temperatura y humedad)
- ***Microprocesador:***
 - ESP32 DevKit 1 board by Espressif
- ***Fuente de Alimentación:***
 - Infraestructura eléctrica interior
- ***Infraestructura de Red:***
 - WiFi (tecnología de comunicación inalámbrica)
- ***Arquitectura de Comunicación:***
 - Patrón publicista-suscriptor
 - Protocolo de transporte de telemetría de mensajes (MQTT) /
 - Broker MQTT (Hive MQ).
 - JavaScript Object Notation (JSON)
- ***Persistencia de datos***
 - Supabase
- ***Interfaz de Usuario:***
 - Desarrollo con Streamlit

Resultados



Conclusiones

- *Diseño de red de sensores WiFi para identificar áreas de transmisión de enfermedades respiratorias en interiores.*
- Variables consideradas: CO2, TVOC, temperatura y humedad.
- Integración de *tecnologías avanzadas de acceso libre* y componentes de bajo costo.
- Contribución innovadora a sistemas de monitoreo de calidad del aire en interiores.
- Potencial para facilitar intervenciones oportunas y reducir riesgos de transmisión de enfermedades.
- Uso de tecnología WiFi para comunicación inalámbrica eficiente y despliegue fácil.
- Implementación de patrón publicista-suscriptor y MQTT para comunicación confiable.
- Utilización de HiveMQ como intermediario para intercambio de mensajes.
- Almacenamiento y sincronización robusta de datos con Supabase.
- Visualización de datos amigable mediante plataformas de acceso abierto como Streamlit.
- Desarrollo futuro de prototipos de nodos de sensores, base de datos y cliente web.
- Implementación de la red de sensores en entornos experimentales y operativos.
- Diseño del modelo para la identificación de zonas de riesgo por especificarse.

Agradecimientos

- Este trabajo ha sido financiado por el *Tecnológico Nacional de México* [número de beca 17796.23-P] "Red Inalámbrica de Prototipos para el Monitoreo de la Calidad del Aire y la Extracción de CO2 en Zonas de Riesgo de Contagio de Enfermedades Transmitidas vía Aérea". Los autores desean agradecer los recursos y las instalaciones proporcionadas por el Instituto Tecnológico de Colima y su Departamento de Mecatrónica y la División de Estudios de Posgrado e Investigación.

Referencias

- Ariyaratne, R. G. R. N. K. (2023). Application of Air Pollution Monitoring Sensor Networks and Modelling Techniques to manage Ambient Air Pollution in Kandy City, Sri Lanka (thesis). Department of Chemical and Process Engineering Faculty of Engineering, Peradeniya, Sri Lanka. doi: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.10798.48964>
- Brevisa, W., Cortésb, S., Duarted, I., Ficad, D., Soledad, F. F., Martínezd, M. R., ... & Valdésd, M. (2021). Escuelas Seguras en tiempos del COVID-19. Universidad de Chile. Retrieved from: <https://acortar.link/CQDWGg>
- Cobos López, J. (2008). Gestión de la calidad del aire ambiental en el Hospital Universitario de Guadalajara y su implicación en su infección hospitalaria. Retrieved from: http://www.conama9.conama.org/conama9/download/files/CTs/985744_JCobos.pdf
- Comunian, F. (2020). El filtrado y renovación de aire como medida de control de la concentración viral en recintos no sanitarios. Retrieved from: <https://acortar.link/WKWcJH>
- Constantin, J. G., Montesinos, N. V., Santágata, D., Quici, N., Lichtig, P., Espada, R., & Rössler, C. (2021). Transmisión de SARS-CoV-2 por vía aérea (inhalación de aerosoles). Medidas de reducción de exposición. Retrieved from: <https://acortar.link/i346dp>
- De La Cruz, C. (2016). Metodología de la Investigación Tecnológica en Ingeniería. Ingenium, 01(01). doi: <http://dx.doi.org/10.18259/ing.2016007>
- Edupuganti, S., Satwik Tenneti, N. S., Iqbal, M. M., & Rajaram, G. (2023). An IOT implemented Dynamic Air Pollution Monitoring System. EAI Endorsed Transactions on Internet of Things, 9(4). doi:<http://dx.doi.org/10.4108/eetiot.v9i4.4316>
- Espressif Systems. (2023, September 21). ESP32-DevKitC V4 Getting Started Guide. Retrieved from: <https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/esp32/hw-reference/esp32/get-started-devkitc.html>

Referencias

- García Portocarrero, A. (2019). Sistema de climatización de aire filtrado para el área de preparación del servicio de farmacia de producción del Hospital Nacional Guillermo Almenara Irigoyen (Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo, Perú). Retrieved from: <https://acortar.link/6AI4o9>
- Guerrero de Luna Villalobos, D. A., & Diaz Yllanes, J. J. (2022). Diseño de sistema de climatización para calidad de aire interior en grandes establecimientos cerrados post COVID-19 (Tesis de Licenciatura, Universidad Cesar Vallejo, Peru). Retrieved from: <https://acortar.link/L3apFU>
- Gutiérrez Muñoz, F. (2011). Ventilación mecánica: Acta médica peruana, 28(2), 87-104. Retrieved from: <http://www.scielo.org.pe/pdf/amp/v28n2/a06v28n2.pdf>
- Hernández Ramírez, M. N., & León Piñeros, S. P. (2008). Determinación de la calidad del aire extramural e intramural en la sala de cirugía del Hospital el Tunal de la ciudad de Bogotá para el desarrollo de mecanismos de control y minimización de riesgo causado por microorganismos potencialmente nosocomiales, Ciencia Unisalle, 1(1). Retrieved from: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/393
- Hernández Arones, C. G., Matta Purilla, K. M., & Ramos Velarde, P. I. (2015). Factores de riesgo asociados a la mortalidad neonatal temprana en la unidad de cuidados intensivos neonatales. Hospital San José de Chíncha, 2013 (Tesis de Licenciatura Universidad San Luis Gonzaga, Perú). Retrieved from: <https://acortar.link/nVrpyd>
- Hernández Quintón, J. O. (2022). Diseño de un prototipo de red de sensores para el monitoreo de la calidad del aire en ambientes interiores del Hospital Básico Durán (Tesis Doctoral, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial. Carrera de Ingeniería en Teleinformática). Retrieved from: <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/6093818>
- Higuera González, A. (2021). Arquitectura frente al COVID 19 en espacios de oficinas. Archivo Digital UPM, España. Retrieved from: <https://oa.upm.es/id/eprint/67580>

Referencias

- García Portocarrero, A. (2019). Sistema de climatización de aire filtrado para el área de preparación del servicio de farmacia de producción del Hospital Nacional Guillermo Almenara Irigoyen (Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo, Perú). Retrieved from: <https://acortar.link/6AI4o9>
- Guerrero de Luna Villalobos, D. A., & Diaz Yllanes, J. J. (2022). Diseño de sistema de climatización para calidad de aire interior en grandes establecimientos cerrados post COVID-19 (Tesis de Licenciatura, Universidad Cesar Vallejo, Peru). Retrieved from: <https://acortar.link/L3apFU>
- Gutiérrez Muñoz, F. (2011). Ventilación mecánica: Acta médica peruana, 28(2), 87-104. Retrieved from: <http://www.scielo.org.pe/pdf/amp/v28n2/a06v28n2.pdf>
- Hernández Ramírez, M. N., & León Piñeros, S. P. (2008). Determinación de la calidad del aire extramural e intramural en la sala de cirugía del Hospital el Tunal de la ciudad de Bogotá para el desarrollo de mecanismos de control y minimización de riesgo causado por microorganismos potencialmente nosocomiales, Ciencia Unisalle, 1(1). Retrieved from: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/393
- Hernández Arones, C. G., Matta Purilla, K. M., & Ramos Velarde, P. I. (2015). Factores de riesgo asociados a la mortalidad neonatal temprana en la unidad de cuidados intensivos neonatales. Hospital San José de Chíncha, 2013 (Tesis de Licenciatura Universidad San Luis Gonzaga, Perú). Retrieved from: <https://acortar.link/nVrpyd>
- Hernández Quintón, J. O. (2022). Diseño de un prototipo de red de sensores para el monitoreo de la calidad del aire en ambientes interiores del Hospital Básico Durán (Tesis Doctoral, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial. Carrera de Ingeniería en Teleinformática). Retrieved from: <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/6093818>
- Higuera González, A. (2021). Arquitectura frente al COVID 19 en espacios de oficinas. Archivo Digital UPM, España. Retrieved from: <https://oa.upm.es/id/eprint/67580>

Referencias

- HiveMQ. (2023, October 6). The Free Public MQTT Broker & MQTT Client by HiveMQ. HiveMQ. Retrieved from: <https://www.hivemq.com/mqtt/public-mqtt-broker/>
- JSON. (n.d.). Introducing JSON. JSON. Retrieved from <https://www.json.org/json-en.html>
- Leung NHL. (2021) Transmissibility and transmission of respiratory viruses. *Nat Rev Microbiol*, 19:528-45. Retrieved from: <https://www.nature.com/articles/s41579-021-00535-6>
- Lombardero M. (2022). COVID-19: más allá de su alta infertilidad. ¿Por qué nos contagiamos tanto?. Retrieved from: <https://sisiac.org/Análisis.Acrobología Dinámica.y.Carga.Viral.pdf>
- López-Olmedo, N., Stern, D., Pérez-Ferrer, C., González-Morales, R., Canto-Osorio, F., & Barrientos-Gutiérrez, T. (2020). Revisión rápida: probabilidad de contagio por infecciones respiratorias agudas en el transporte público y medidas para mitigarlo. *Salud Pública de México*, 1-25. doi: <https://doi.org/10.21149/11601>
- Medscape Pulmonary Medicine. (2022). Italian study shows ventilation can cut school COVID cases by 82% Retrieved from: <https://www.medscape.com/viewarticle/970705>
- Martí, M. C., & Tuma, S. U. (2014). Epidemiología general de las infecciones adquiridas por el personal sanitario. Inmunización del personal sanitario. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 32(4), 259-265. Retrieved from: <https://acortar.link/Fy8gDS>
- Miller, D. (2023). Adafruit CCS811 Air Quality Sensor. Adafruit Industries. Retrieved from: <https://acortar.link/dLBkBP>
- Mutsch, B., Heiber, M., Grätz, F., Hain, R., Schönfelder, M., Kaps, S., et al. (2022). Aerosol particle emission increases exponentially above moderate exercise intensity resulting in superemission during maximal exercise. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 119(22), e2202521119. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.2202521119>

Referencias

- Palacios Montenegro, J. D. (2020). Diseño de robot para inspección interna en ductos de aire acondicionado y ventilación en el hospital Almanzor Aguinaga Asenjo (Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo, Perú). Retrieved from: <https://acortar.link/Y2hmVq>
- Pérez, N. M., Vargas-García, L. A., Díaz-Cisneros, F. E., Gutiérrez-Sierra, A., Pérez-Rodríguez, M. A., & Wei, L. (2023). Características clínicas y factores de riesgo para mortalidad durante la ‘Primera Ola’ de COVID-19 en Reynosa, Tamaulipas. *Medicina e Investigación Universidad Autónoma del Estado de México*, 11(1), 41-48. doi: <https://doi.org/10.36677/medicinainvestigacion.v11i1.20452>
- Párraga Intriago, T. G. (2020). Diseño y Desarrollo de un Prototipo de Sistema de Monitoreo de Calidad de Aire bajo una Temperatura IoT en la Nube para la Detección de los Niveles de Contaminación de Aire en las Salas del Hospital de Niños León Becerra (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Ecuador). Retrieved from: <https://acortar.link/z1XZwCPramanagara>, R. O., Suhendra, C. D., & Kolibongso, D. (2023). Smart Air Pollution Monitoring System planning design in Manokwari. *AIP Conference Proceedings*. doi: <https://doi.org/10.1063/5.0106306>
- Pressman R.: *Software Engineering: A Practitioner's Approach*, (4th ed.), McGraw-Hill, 2020.
- Sailema Sailema, E. E. (2023). Secuelas crónicas cardiovasculares post SARS-COV-2. *Ciencia Digital*, 7(2). Retrieved from: <https://acortar.link/RiS15n>
- Santos-López, M., Jaque-Ulloa, D., & Serrano-Aliste, S. (2020). Métodos de desinfección y reutilización de mascarillas con filtro respirador durante la pandemia de SARS-CoV-2. *International Journal of Odontostomatology*, 14(3), 310-315. Retrieved from: <https://acortar.link/fLFtAV>
- Streamlit. (2023, September 21). Streamlit Docs. Streamlit. Retrieved from: <https://docs.streamlit.io/>
- Supabase. (n.d.). Supabase. Supabase. Retrieved from: <https://supabase.com/>
- Truong, T. P., Truong, A. T., Le, D. P., Pham, D. T., & Qui, N. C. (2023a). Design and implementation of Classroom Environment Monitoring System towards smart campus. *Proceedings of the 2023 9th International Conference on Frontiers of Educational Technologies*. doi: <https://doi.org/10.1145/3606150.3606177>
- Ramos Garcia, J. M. (2015). Modificación del sistema de extracción y filtración de pelusas para la unidad de lavandería del Hospital Nacional Cayetano Heredia. COCYTEC, Perú Retrieved from: <https://acortar.link/Yze4dJ>
- Vega-Luna, J. I., Lagos-Acosta, M. A., & Salgado-Guzmán, G. (2019). Red monitoreo y alerta por partículas PM2.5 en el área de terapia intensiva de hospital. *Revista del Centro de Graduados e Investigación*, 28. Retrieved from: <https://acortar.link/nU78E>



© MARVID-Mexico

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. BECORFAN is part of the media of MARVID-Mexico., E: 94-443.F: 008- (www.marvid.org/booklets)