

IoT applied to counting the number of people in a classroom and measuring body temperature with a built-in alarm system for the prevention of Covid-19

Santiago Rubiños, Doctor¹, Eduardo Chavez, Bachelor², Edwin Huarcaya, Doctor³, Abilio Cuzcano, Doctor⁴, Marcelo Damas, Doctor⁵, Fernando Mendoza, Doctor⁶, and Cesar Santos, Doctor⁷
^{1,2,3,4,5,6,7} Universidad Nacional del Callao, Perú, slrubinosj@unac.edu.pe, enchavezg@unac.edu.pe, ehuarcayag@unac.edu.pe, abcuzcanor@unac.edu.pe, mdamasn@unac.edu.pe, fmendozaa@unac.edu.pe, csantosm@unac.edu.pe

Abstract— This document presents an improved IoT-based system designed to help teachers manage the classroom in accordance with the restrictions established to prevent the spread of COVID-19, this system allows fever detection of students with possible cases of COVID 19 using the Mlx90614 sensor. In addition, it can provide information about the number of people entering or leaving the classroom by door-crossing detection with the use of Sensor HC-SR04. It is concluded that the system is very precise and considerably robust when detecting body temperature and counting people for capacity control.

Keywords—Covid-19, body temperature, classroom assistance, prevention.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

IoT aplicado al conteo del número de personas en un salón de clases y la medición de temperatura corporal con un sistema de alarma incorporado para prevención de Covid-19

Santiago Rubiños, Doctor¹, Eduardo Chavez, Barchelor², Edwin Huarcaya, Doctor³, Abilio Cuzcano, Doctor⁴, Marcelo Damas, Doctor⁵, Fernando Mendoza, Doctor⁶, and Cesar Santos, Doctor⁷
1,2,3,4,5,6,7 Universidad Nacional del Callao, Perú, slrubinosj@unac.edu.pe, enchavezg@unac.edu.pe, ehuarcayag@unac.edu.pe, abcuzcanor@unac.edu.pe, mdamasn@unac.edu.pe, fmendozaa@unac.edu.pe, csantosm@unac.edu.pe

Resumen— Este documento presenta una mejora basada en sistema IoT diseñado para ayudar a los profesores a gestionar el aula de acuerdo con las restricciones establecidas, para evitar la propagación de COVID-19, este sistema permite detección de fiebre de estudiantes con posibles casos de COVID 19 utilizando el sensor Mlx90614. Además, puede proporcionar información sobre el número de personas que ingresan o salen del aula mediante la detección de cruce de puerta con el uso del sensor ultrasonico HC-SR04. Se concluye que el sistema es muy preciso y considerablemente robusto al detectar la temperatura corporal y contar personas para el control de aforo.

Keywords—Covid-19, temperatura corporal, asistencia de clase, prevención.

I. INTRODUCCION

El mundo entero vive una nueva realidad debido al COVID 19, virus que provoca afecciones respiratorias severas como traumas, infecciones, desgaste, malformaciones, deterioros significativos del sistema traqueo-bronquio-respiratorio y en muchos casos, hasta la muerte. A más de dos años de los primeros contagios, la situación despliega alarmantes cifras en cuanto a índices de contagio y mortandad en todo el mundo [1]. Para reducir los indicadores de casos nuevos se han modificado los esquemas de seguridad sanitarias, colocando aforos limitados en algunas actividades sociales y centros educativos [2] donde aún faltan modernizar los sistemas de control de asistencia a clases de los estudiantes [3]. Los estudios y sistemas que tienen como objetivo la identificación de la presencia de personas dentro de un ambiente interior y el monitoreo de sus actividades y flujos han recibido más atención en los últimos años, específicamente desde el comienzo de la pandemia de COVID-19 [4]. La revolución en los dispositivos conectados a Internet, como cámaras y detectores de ocupación, denominados colectivamente Internet de las cosas (IoT), está permitiendo la realización de entornos inteligentes que van desde hogares, oficinas y campus universitarios [5] Gracias a esta importante evolución es como se logra controlar diversidad de dispositivos de forma remota, ya sea mediante internet, desde un teléfono inteligente, con la voz humana o simplemente desde una computadora [6].

En este artículo se presenta un método para la detección de número de estudiantes en el aula y de los síntomas de la fiebre de Covid 19 en función al sistema IoT [7]. Utiliza como servidor, que es la unidad central del sistema propuesto, a la minicomputadora Raspberry Pi. Este dispositivo ejecuta todas

las aplicaciones y servicios que proporcionan conectividad a los nodos de IoT [8] utilizando varias tendencias que impulsan el futuro de la tecnología de la información, como protocolo de publicación y suscripción MQTT y Node-RED [9]. El modulo electrónico utiliza ESP8266 NodeMCU que esta conectado con el sensor ultrasónico HC-SR04 para determinar el número de personas que se encuentran en el aula, el cual se instalará en un lado de la pared de una entrada [10] y el sensor MLX90614 para detectar la temperatura corporal de todos los que quieran ingresar [11], ya que según la Organización Mundial de la Salud (OMS), uno de los síntomas que acompañan la detección de COVID-19 es el aumento de la temperatura corporal humana por encima de lo normal (37 °C) [7]. solo las personas con una temperatura menor a 38 °C podrán ingresar. El sistema también integra la gestión de alertas sonora cuando una persona con esta temperatura intenta ingresar.

II. MÉTODO

A. Estructura del Diseño

En la estructura general del sistema (Ver figura 1) se utilizará un nodo sensor que estará conformado por el NodeMCU, el sensor Mlx90614 y el sensor HC-SR04 los cuales se posicionarán cerca a la puerta y estarán programadas utilizando el IDE de Arduino para evaluar tanto el conteo de personas dentro del salón como la temperatura utilizando el MQTT con el sistema publicador/suscriptor [12], estos datos se enviarán al Broker que estará conformado por el Raspberry que tiene instalado Mosquitto y Node-Red, en este último se podrá realizar un flujo de programación mediante nodos [13], almacenar la información mediante una base de datos MySQL, finalmente permitirá visualizar los valores obtenidos mediante los dashboard al cual se podrá acceder desde un computadora remota.



Fig. 1 Estructura general del sistema de conteo y medición de temperatura de las personas

B. Análisis De Software

1) Node-RED.

Node-RED es la herramienta gráfica establecida por IBM para conectar dispositivos de hardware, API y servicios en línea, permite arrastrar, soltar, conectar y configurar "nodos" (es decir, funciones e interfaces de código abierto). Así, un programa en Node-RED describe el flujo de datos desde el origen hasta el destino pasando por los pasos de elaboración [14]. En nuestro proyecto se utiliza la plataforma Node-RED gracias a la sencillez de instalación de forma local para la interacción con el sistema. Por otra parte, al ser de código abierto hay una gran comunidad y un gran número de funciones creadas por ésta, lo cual hace más sencilla la programación [15].

2) MySQL.

MySQL es de código abierto y compatible con múltiples plataformas. [24,33] Una base de datos en MySQL consta de tablas que se componen de filas y columnas, donde las columnas son los atributos que contendrá cada fila [16]. Los principales procesos que tienen lugar en un entorno MySQL son:

- "MySQL crea una base de datos para almacenar y manipular datos, definiendo la relación de cada tabla".
- "Los clientes pueden realizar solicitudes escribiendo declaraciones SQL específicas en MySQL".
- "La aplicación del servidor responderá con la información solicitada y aparecerá en el lado de los clientes" [17].

3) Node-RED.

El protocolo de conectividad más utilizado en aplicaciones IoT y Machine-to Machine (M2M) es MQTT. MQTT es un protocolo liviano diseñado para conectar dispositivos físicos que ofrece un mejor rendimiento energético [18]. MQTT es un protocolo de transporte de mensajes cliente-servidor basado en publicaciones y suscripciones llamados temas. Esto lo hace adecuado para mensajes IoT, como es el caso de la interacción de sensores o placas de baja potencia con microcontroladores [19].

4) Configurar Arduino IDE.

Arduino IDE es una aplicación de software multiplataforma donde podemos escribir programas en C, C++ y Java. Es la única plataforma disponible para la programación de placas Arduino y el NodeMCU. Arduino IDE facilita la programación al proporcionar varios códigos de ejemplo y tenemos que modificarlo según nuestra necesidad, también contiene diferentes bibliotecas para diferentes sensores [20]. NodeMCU tiene una gran comunidad de desarrolladores, que crearon e integraron detalles de esta placa en Arduino IDE [21] permitiendo una fácil programación.

5) Mosquitto.

Mosquitto es un Broker MQTT ampliamente utilizado, debido a que múltiples usuarios pueden recuperar y controlar fácilmente los datos, y luego usarlos en una gran cantidad de aplicaciones [22]. Mosquitto es un intermediario de mensajes de software gratuito (autorizado por Eclipse Public License). Mosquitto es un sistema operativo compacto que se puede usar en una amplia variedad de dispositivos, desde computadoras de placa única de bajo consumo hasta servidores completos [23].

C. Análisis de Hardware

1) Sensor Ultrasónico.

El HC-SR04 es un sensor de ultrasonido, opera con 5 voltios DC, que se utiliza para medir distancias de 2 cm a 2 metros, como se muestra en la Figura 2, a través de un pin Trig envía señales a la frecuencia de 40 kHz hacia un área o un objetivo, las ondas serán reflejadas y capturadas por el sensor a través de un Echo pin, la distancia se calcula en función de la velocidad del sonido y el tiempo de envío y recepción [24]. Para generar dichas señales, los sensores hacen oscilar un cristal, basándose en un efecto piezoeléctrico de deformación que estos experimentan al introducirse en un campo eléctrico [25].

Velocidad del sonido:

$$V = 340 \text{ m/s}$$

$$\text{Time} = \text{Distance} / \text{Speed}$$

$$T = S/V$$

2) Mlx90614.

Es un sensor infrarrojo que integra un dispositivo foto electrónico sensible a la radiación infrarroja que emiten los cuerpos equivalentes a su temperatura, también denominado radiación térmica de infrarrojo lejano (FIR) [26]. El sensor MLX90614 utiliza protocolos de circuito integrado (I2C). También tiene una salida digital de producto estándar específico de la aplicación (ASSP). Este módulo fue elegido debido a su rango de medición adecuado de -70 °C a 380 °C, que se ajusta a las medidas de los humanos [27].

3) Node MCU.

NodeMCU es una plataforma IoT abierta que se desarrolló a partir del proyecto ESP8266, que integra GPIO, PWM (Pulse Width Modulation), 1-Wire y ADC (Analog to Digital Converter), todo en una sola placa. Esta placa está equipada firmware de código abierto y con funciones de WiFi [28]. El módulo wifi incorporado es compatible con el estándar 802.11b/g/n, devkit nodemcu v0.9 [29].

3) Raspberry.

Raspberry Pi es una computadora multipropósito pequeña y poderosa que se puede usar para una variedad de aplicaciones. Cuando se trata de IoT y el entorno de la ciudad inteligente, Raspberry también se desempeña bien [30]. Una Raspberry Pi consta de múltiples periféricos para interactuar con los dispositivos externos. Raspberry Pi actuará como estación base (punto de acceso) en este proyecto y NodeMCU se conectará a

Raspberry Pi para que pueda recibir los datos de NodeMCU [31].

D. Implementación de Sistema

1) Funcionamiento general.

En la Figura 1, se construye una imagen del esquema del sistema integrado a partir de los componentes escritos anteriormente. Dos sensores ultrasónicos que funcionan como detector de estudiantes colocados a una distancia de 100 cm. Además, tenemos 1 sensor de temperatura infrarrojo [32], para detectar posibles casos de covid-19, también hay una alarma que se activará si en caso la persona no se mide la temperatura al ingresar al salón o si en caso la temperatura corporal es mayor a 38 °C, podemos ver en la figura 2 (a) la estructura electrónica y en la figura 2 (b) la posición del sistema en la puerta.

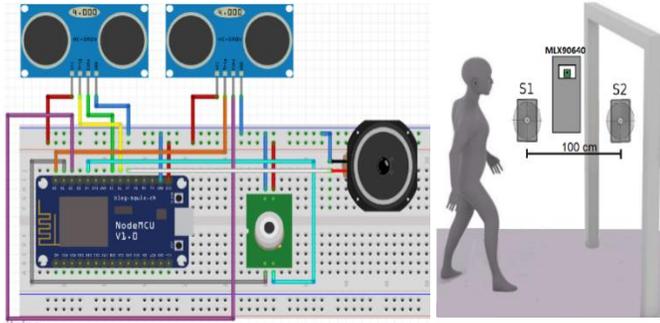


Fig. 2 Figura a y Figura b

2) Programación del nodo del sensor ultrasónico.

El HC-SR04 ayuda a llevar la cuenta de las personas, detecta la cantidad de personas que ingresan a la habitación debido a la distorsión detectada en el sensor que está conectado a un NodeMCU [33], para poder recibir la información en el Node red utilizamos los nodos Mqtt, estos nodos de entrada escuchan los temas “sensors/gate Enter” y el “sensors/gateExit”, luego se usó un nodo función para evaluar la cantidad de estudiantes que hay actualmente en el aula. Toda la información se almacena en la base de datos MySQL, luego la información fue extraída con un nodo función llamado “Checking” y por último para mostrar el valor en una interfaz gráfica utilizamos el nodo gauge llamado “measure” (Ver figura 3).

3) Programación del nodo del sensor de temperatura.

El sensor infrarrojo MLx90614 se coloca en el trayecto entre el sensor S1 y S2, está conectado a un nodemcu que envía la medida de la temperatura corporal de los estudiantes al Node red, para ello utilizamos el nodo Mqtt con el tema “esp/temperature” luego los datos pasarán a la función “parse sensor message” donde se separarán los datos mayores de 38 °C para colocar “Fiebre” y si en caso fuera menor se colocará “Normal” dentro de la base de datos (Ver figura 3).

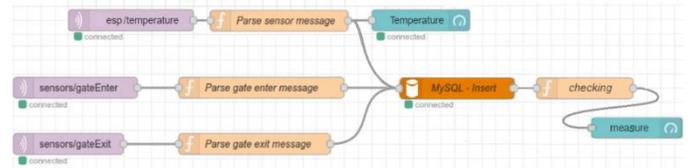


Fig. 3. Diagrama de flujo del sistema en general

4) Lógica del sistema.

El NodeMCU utilizará el protocolo MQTT para enviar la data capturada por el sensor ultrasónico [34], para ello comprueba si hay alguna red Wi-Fi disponible en las inmediaciones y establece una conexión con la red. El NodeMCU tiene una unidad WIFI integrada y una CPU de 32 bits. Se ejecutará el algoritmo de decisión para comprobar si alguien entra o sale del salón. Luego, el microcontrolador enviará una señal a la Raspberry sobre cualquiera de las instancias [35]. Cada vez que la persona quiere ingresar al salón, se activa el sensor ultrasónico S1. Después el sensor MLx90614 queda en espera de que el estudiante se mida la temperatura si en caso el estudiante no se mide la temperatura y pasa por el sensor S2 se emitirá una alarma que dará aviso y el conteo no se realizará hasta que la persona se realice la medición. Si en caso realiza la medición y pasa por S2 recién aumentará el contador, pero si la persona sale del salón pasado primero por S2 y luego por S1 disminuirá el contador [36]. Además, si al momento de realizar la lectura se detecta una temperatura mayor a 38 °C también se emitirá una alarma, podemos ver el diagrama de flujo de la programación en la figura 4.

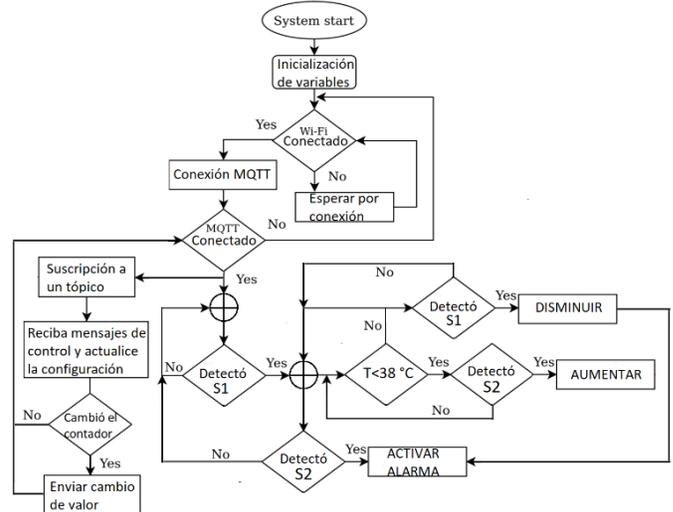


Fig. 4. Diagrama de Flujo

III. RESULTADOS

Se llevaron a cabo experimentos para probar la robustez y confiabilidad del algoritmo de detección de cruce de puertas mediante la interfaz gráfica (Ver tabla 1). Las pruebas se realizaron considerando los siguientes escenarios:

1. La persona ingresa al salón de clases.
2. La persona sale del salón de clases.

3. La persona ingresa deteniéndose en el área de la puerta y luego retorna.

Cada escenario fue probado 20 veces a 2 diferentes distancias la primera de 20 cm y luego a 25 cm. Los resultados se presentan en la Tabla 1 y 2.

TABLA I
RESULTADOS DE SENSADO

Escenario	Number of tests	Correcta Detección	Incorrecta Detección	Distancia de sensor	Precisión [%]
1.	20	20	0	20 cm	100
2.	20	20	0	20 cm	100
3.	20	20	0	20 cm	100

TABLA II
RESULTADOS DE SENSADO

Escenario	Number of tests	Correcta Detección	Incorrecta Detección	Distancia de sensor	Precisión [%]
1.	20	18	2	25 cm	90
2.	20	16	4	25 cm	80
3.	20	16	4	25 cm	80

En la figura 5 se puede ver el Dashboard de la cantidad de asistentes por clases, esta medida corresponde a la obtenida por el sensor HC-SR04, donde se obtuvo un total de 43 asistentes.

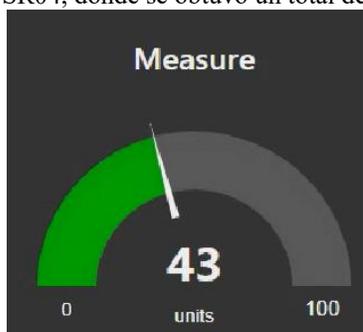


Fig. 5. Dashboard de la cantidad de asistentes por clases

En la figura 6 se puede ver el Dashboard de la temperatura corporal durante las pruebas iniciales, esta medida corresponde a la obtenida por el sensor Mlx90614, donde notamos que cada vez que ingresa un estudiante se actualiza la gráfica de la temperatura.

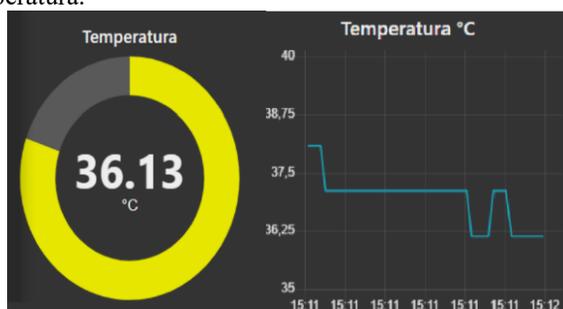


Fig. 6. Dashboard de la temperatura corporal

Cuando se realizó la medición a las 43 personas del salón se obtuvo un histograma (Ver figura 7) donde se puede apreciar que ninguno de los estudiantes superaba los 38 °C. la mayoría tenía una temperatura de entre 36.86 y 37.21

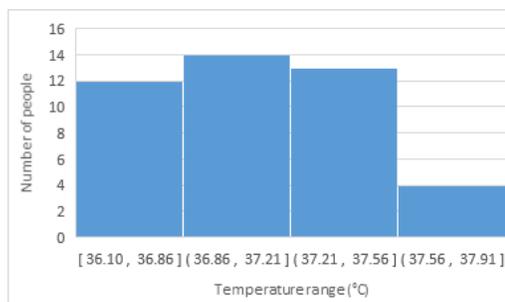


Fig. 7. Histograma de la temperatura de todas las personas en el salón

IV. CONCLUSIONES

Node-RED ha permitido una programación muy cómoda. Al tener tan variedad de nodos y facilidad para comunicarlos, ha hecho sencilla la forma de entender la comunicación entre ellos para poder desarrollar la aplicación esperada.

El sistema es muy preciso y considerablemente robusto al momento de detectar correctamente el cruce de las puertas por parte de las personas, teniendo un acierto del 100 % a una distancia de 20 cm si hubiese una mayor distancia la precisión disminuye. Además, el sistema puede operar en tiempo real, es relativamente económico y muy fácil de instalar. La principal ventaja del sistema es la posibilidad de despliegue sin poner en peligro la privacidad de las personas en el aula

Se pudo desarrollar un termómetro infrarrojo compacto, que permite tomar la temperatura corporal sin contacto y conectarse mediante el IoT, para registrar dicha información de las personas que acceden al salón de clases en una base de datos.

V. RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar un sistema de sensores que se ubique en cada mesa que permita identificar la carpeta en la que se encuentra sentado cada estudiante que ingresa al aula para no tener la necesidad de pasar asistencia.

Se recomienda señalar en el piso una línea que indique la distancia a la que debe estar separado el estudiante para un correcto sensado.

Se recomienda utilizar un sensor infrarrojo de mayor alcance como el AMG8833, ya que, aunque se cumplió con las mediciones de temperatura de los estudiantes, estos deben acercarse mucho a la pared lo que les puede generar incomodidad.

REFERENCES

- [1] D. R. Velásquez García, Implementación de un prototipo para el control del cumplimiento de cuarentena de pacientes con covid19 en la ciudad de Quito, Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2022.
- [2] I. Arregocés Julio, Motion detection system with ultrasound sensor and Arduino to control the capacity of tourists, Barranquilla: J. Comput. Electron. Sci.: Theory Appl, 2022.

- [3] F. A. Rogers Sufán, Sistema de presencia académica a través de sensor de movimiento y control de asistencia a través de huellas dactilares usando un microcontrolador., Concepción: Universidad de Concepción, 2018.
- [4] L. Monti, R. Tse, S.-K. Tang, S. Mirri, G. Delnevo, V. Maniezzo y P. Salomoni, Based Transfer Learning for Classroom Occupancy Detection in a Smart Campus Context, Bologna: Sensors, 2022.
- [5] T. Sutjaritham, H. H. Gharakheili, S. S. Kanhere y V. Sivaraman, Realizing a Smart University Campus: Vision, Architecture, and Implementation, Sydney: School of Electrical Engineering and Telecommunications, 2018.
- [6] L. E. Avila Gallegos, «Automatización de los sistemas de acceso, iluminación y monitoreo del laboratorio de electrónica de la universidad católica de cuenca sede azogues usando tecnología IoT,» Universidad Católica de Cuenca, Azogues, 2020.
- [7] H. Mustafa Wassef, «Covid-19 fever symptom detection based on IoT cloud,» International Journal of Electrical and Computer Engineering, Baghdad, 2021.
- [8] S. Matuska, J. Machaj, R. Hudec y P. Kamencay, «An Improved IoT-Based System for Detecting the Number of People and Their Distribution in a Classroom,» Sensors, Zilina, 2022.
- [9] P. Sunil Paluskar, R. Anil Kasliwal, S. Vilas Mate, S. P. Mene y A. Talole, «People Counting System for Smart Energy Consumption and Mob Management,» IJSTE - International Journal of Science Technology & Engineering, Nashik, 2017.
- [10] A. Al Mamun, «Real-time Integration of IoT Sensor and IOTA Tangle for Securing IoT Infrastructure,» The University of Manitoba, Manitoba, 2021.
- [11] Azhari, H. Marbun, R. Karolina y L. Hakim, «Design of room capacity measurement and body temperature detection based on atmega328 microcontroller,» Journal of Physics: Conference Series, Utara, 2022.
- [12] R. Lakshmanan, M. Djama, S. K. Selvaperumal y R. Abdulla, «Automated smart hydroponics system using internet of things,» International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE), Kuala Lumpur, 2020.
- [13] M. A. Ahmed, S. A. Chavez, A. M. Eltamaly, H. O. Garces, A. J. Rojas y Y. C. Kim, «Toward an Intelligent Campus: IoT Platform for Remote Monitoring and Control of Smart Buildings,» Sensors, Concepción, 2022.
- [14] P. Ferrari, A. Flammini, S. Rinaldi, E. Sisinni, D. Maffei y M. Malara, «Impact of Quality of Service on Cloud Based Industrial IoT Applications with OPC UA,» Electronics, Milano, 2018.
- [15] S. Alba Contiente, «Automatización de una vivienda unifamiliar,» Universidad de Zaragoza, Zaragoza, 2017.
- [16] J. Asante y J. Olsson, «Using Node-Red to Connect Patient, Staff and Medical Equipment,» Linköping University, Linköping, 2016.
- [17] M. Moreno Caballero, «Diseño y programación de un sistema de monitorización de parámetros biomédicos,» Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena, 2021.
- [18] S. Trilles, A. González Pérez y J. Huerta, «A Comprehensive IoT Node Proposal Using Open Hardware. A Smart Farming Use Case to Monitor Vineyards,» Electronics 2018, Castellón de la Plana, 2018.
- [19] E. Bartrés Jurado, S. Trilles Oliver, A. Perez Navarro y J. Torres Sospedra, «A Low-Cost Control Occupancy Solution Using a Time-of-Flight Ranging Sensor Laser,» IPIN 2021 WiP Proceedings, Barcelona, 2021.
- [20] A. Jadhav, S. Dutonde, A. Todarmal y A. Patil, «IoT Based Biometric Attendance System for Smart Classroom,» International Journal of Scientific Research in Computer Science and Engineering, Sangli, 2020.
- [21] D. Cagánová y N. Hornáková, «Industry 4.0 Challenges in Smart Cities,» EAI/Springer Innovations in Communication and Computing, Cham, 2022.
- [22] B. Sifuentes, E. Chavez, R. Vidal, J. Grados, S. Rubiños y A. Cuzcano, «Remote Monitoring Applying IoT to Improve Control of Medication Adherence in Geriatric Patients with a complex Treatment Regimen, Lima-Peru,» Proceedings of the 2020 3rd International Conference on Electronics and Electrical Engineering Technology, Callao, 2020.
- [23] S. Gupta, Saurav, V. Patira, N. Jain y V. Kumar, «Home automation solution using node-red and MQTT,» International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering, Karnataka, 2021.
- [24] Y. Allbadi, J. N. Shehab y M. M. Jasim, «The Smart Parking System Using Ultrasonic Control Sensors,» 2nd International Scientific Conference of Engineering Sciences, Diyala, 2020.
- [25] V. Tello Carrascal, J. Álvarez Coll, M. Artell Moreno y D. Grado Guerrero, «Sistema de Control de Aforo en Espacios Cerrados,» Universidad Complutense, Madrid, 2021.
- [26] J. M. Sánchez Ramírez, «Diseño e implementación de un sistema de control de acceso y monitoreo, mediante temperatura corporal para el personal de una empresa de servicios informáticos en Lima-Perú,» Universidad Tecnológica del Perú, Lima, 2022.
- [27] V. D. Nguyen, H. Van Khoa, T. Nguyen Kieu y E. N. Huh, «Internet of Things-Based Intelligent Attendance System: Framework, Practice Implementation, and Application,» Electronics 2022, Ho Chi Minh City, 2022.
- [28] Rusman, Bahrawi Ahmad y A. R. Hasniati, «IoT-Based Rotating Beacon Current and Voltage Monitoring Design Using Nodemcu Via Blynk Application At International Airport in Indonesia,» IOSR Journal of Electrical and Electronics Engineering, Célebes Meridional, 2021.
- [29] T. Sysala, D. Fogl y P. Neumann, «The family house control system based on Raspberry Pi,» MATEC Web of Conferences, Zlin, 2017.
- [30] D. G. Costa y C. Duran Faundez, «Open-Source Electronics Platforms as Enabling Technologies for Smart Cities: Recent Developments and Perspectives,» Electronics 2018, 2018.
- [31] A. K. Somani, R. Singh Shekhawat, A. Mundra, S. Srivastava y V. K. Verma, «Smart Systems and IoT: Innovations in Computing,» Smart Innovation, Systems and Technologies, Sidney, 2019.
- [32] M. F. Maulana, S. Adhy, N. Bahtiar y I. Waspada, «Development of a smart parking system based on internet of things using object-oriented analysis and design method,» Journal of Physics: Conference Series, Java Central, 2020.
- [33] D. P. Selvam, G. G. Reddy y M. Kumar, «Smart Circuit Board for Classroom and Workplace Automation,» International Research Journal of Engineering and Technology, Bangalore, 2020.
- [34] A. O. Pazos Chumo y M. M. Suárez Ramos, «Solución de alerta temprano utilizando chatbot para identificar lugares con aglomeración de personas en zonas vulnerables,» Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, 2022.
- [35] J. Brazauskas, K. Nagy Betegh, R. Molnar y S. Gheorghiu, «Team 2 Design Portfolio,» AirQfy Fear Not the Particulates, 2019.
- [36] V. Rajak, S. Pandey, H. Nadar y S. Amin, «Smart Street Light Management System,» DJ Spark 2020, Kerala, 2020.