

# SISTEMA INTELIGENTE PARA LA MEDICIÓN DEL COMPORTAMIENTO HUMANO EN RELACIÓN AL CUMPLIMIENTO DEL PROTOCOLO DE BIOSEGURIDAD COVID-19, IMPLEMENTANDO TECNOLOGÍA DE IoT

**Elvis Moisés Martínez Pérez**

Ingeniero en Sistemas Informáticos. Docente Investigador de la Escuela de Ingeniería en Computación, Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE.  
Correo: emmartinez@itca.edu.sv

**Rina Elizabeth López de Jiménez**

Ingeniera en Sistemas Informáticos. Docente Coinvestigadora de la Escuela de Ingeniería en Computación, Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE.  
Correo: rina.lopez@itca.edu.sv

Recibido: 22/04/2022 - Aceptado: 1/07/2022

## Resumen

Este proyecto de investigación 2021 desarrollado por la Escuela de Ingeniería en Computación de ITCA-FEPADE, tuvo como objetivo usar las tecnologías para ayudar a mejorar el comportamiento de la comunidad educativa en pandemia Covid-19. Es un sistema inteligente para la medición del comportamiento humano con relación al cumplimiento del protocolo de bioseguridad Covid-19, implementando tecnologías de Internet del Comportamiento IoT, Internet de las Cosas IoT, Business Intelligence, Big Data y reconocimiento facial. La primera fase consistió en la toma de requerimientos y el estudio de investigaciones previas. Posteriormente se diseñó la interfaz del aplicativo que interpreta los datos colectados y la estructura de un dispensador inteligente de alcohol gel para ser impreso en 3D. Finalmente se realizó la programación del sistema y del circuito que conforman el dispositivo. Como resultado se construyó un dispositivo inteligente que mide y alerta la temperatura, dispensa alcohol gel y toma de fotografía para reconocimiento facial en la portación correcta de mascarilla. Incorpora un sistema informático que procesa los datos colectados que son utilizados por la aplicación de Inteligencia de Negocios para analizar el comportamiento de las personas ante el cumplimiento del protocolo de bioseguridad para Covid-19. El resultado del proyecto es un dispositivo inteligente y automatizado, que dotará a la institución de una herramienta innovadora de bajo costo para medir el comportamiento de la población que hace uso de las instalaciones de ITCA-FEPADE Sede Central y contribuirá a prevenir contagios por Covid-19, dando mayor seguridad a un retorno presencial al campus.

## Palabras clave

Internet de las Cosas IoT, Internet del Comportamiento IoT, inteligencia artificial, Covid-19, microcontroladores, protocolo de bioseguridad; Coronavirus.

## INTELLIGENT SYSTEM FOR MEASURING HUMAN BEHAVIOR IN RELATION TO COMPLIANCE WITH THE COVID-19 BIOSECURITY PROTOCOL, IMPLEMENTING IoT TECHNOLOGY

## Abstract

This 2021 research project developed by the Escuela de Ingeniería en Computación de ITCA-FEPADE, had the objective to use the technologies to help improve the behavior of the educational community in pandemic Covid-19. It is an intelligent system for measuring human behavior in relation to compliance with the Covid-19 biosecurity protocol, implementing Internet of Behavior IoT, Internet of Things IoT, Business Intelligence, Big Data and facial recognition technologies. The first phase consisted of requirements gathering and previous research study. Subsequently, the interface of the application that interprets the collected data and the structure of an intelligent alcohol gel dispenser to be printed in 3D was designed. Finally, the programming of the system and the circuitry that make up the device was carried out. As a result, an intelligent device was built that measures and alerts the temperature, dispenses alcohol gel and takes a photograph for facial recognition in the correct wearing of the face mask. It incorporates a computer system that processes the data collected, which is used by the Business Intelligence application to analyze the behavior of

people in compliance with the biosecurity protocol for Covid-19. The result of the project is an intelligent and automated device, that will provide the institution with an innovative low-cost tool to measure the behavior of the population that make use of the ITCA-FEPADE Sede Central facilities and will contribute to prevent Covid-19 infections, providing greater security for a face-to-face return to campus.

## Keyword

Internet of Things IoT, Internet of Behavior IoB, artificial intelligence, Covid-19, microcontrollers, biosafety protocol; Coronavirus.

## Introducción

Cuando iniciaba la pandemia el mundo tuvo que reinventarse. Muchas de las actividades y comportamientos que la sociedad realizaba tuvieron que cambiar. Los eventos presenciales se suspendieron y la sociedad se confinó. Luego de 3 años en pandemia, es necesario seguir evolucionando y cambiando las formas tradicionales de convivencia.

Este proyecto de investigación implementa un sistema inteligente para la medición del comportamiento humano con relación al cumplimiento del protocolo de bioseguridad Covid-19, siendo parte fundamental la implementación de tecnología del Internet del Comportamiento IoB, componente principal de la investigación.

En El Salvador, la mayoría de la población hace un buen uso del cumplimiento de las medidas de bioseguridad, portación de mascarilla, distanciamiento social, uso de alcohol gel y medición de temperatura; pero existe población que por algún motivo no hace uso de estas medidas, lo que contribuye a un aumento en los casos de contagio de Covid-19. Ante esta situación, la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE desarrolló este proyecto de investigación innovando con tecnología del Internet de las Cosas IoT, Internet del Comportamiento IoB, Inteligencia de Negocios, Big Data y reconocimiento facial.

Estas tecnologías se combinaron para diseñar e implementar dispensadores de alcohol gel, en donde se mide y se da alerta de la temperatura, se dispensa alcohol gel y se toma una fotografía para el reconocimiento facial y uso correcto en la portación de mascarilla. Los datos de temperatura, alcohol gel y fotografía son almacenados en una base de Datos Big Data para ser extraídos, procesados y analizados usando tecnología de Inteligencia de Negocios con Power BI y establecer cuál es la tendencia de la población en el cumplimiento del protocolo de bioseguridad. Este análisis se puede hacer en cualquier nivel o rango de tiempo y entre más datos sean almacenados, mayor será el nivel de análisis que el sistema pueda proporcionar.

Haciendo uso de Inteligencia Artificial se establece cuáles

de los visitantes porta de manera incorrecta la mascarilla, la cual es considerada parte importante en el cumplimiento del protocolo para evitar contagios de Covid-19.

## Desarrollo

### I. ANTECEDENTES

#### A. Internet del Comportamiento (Internet of Behavior IoB)

Se entiende como Internet de las Cosas IoT, la interconexión de dispositivos que da como resultado una gran variedad de nuevas fuentes de datos. El Internet del Comportamiento surge a medida que la tecnología es capaz de captar y utilizar la información generada por las personas en su vida cotidiana. Estos datos pueden ser específicos de clientes, datos que ha proporcionado a través de la aplicación de una empresa, institución o cualquier entidad con la que se encuentre relacionado [1].

A diferencia del Internet de las Cosas IoT o del Internet del Todo IoE, que capturan información en tiempo real, el IoB abre una nueva oportunidad de conocer hábitos o comportamientos de los usuarios. Se considera el IoB como una combinación de tres campos:

- Tecnología.
- Analítica de datos.
- Ciencia del comportamiento.

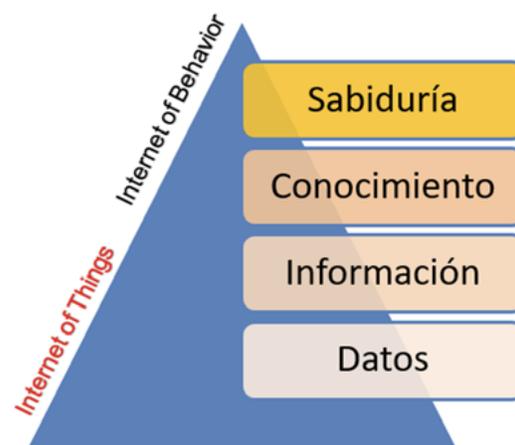


Fig. 1. Áreas de la ciencia del comportamiento.

A medida que las empresas o instituciones aprenden más sobre nosotros a través de IoT, pueden afectar nuestros comportamientos utilizando IoB. Una aplicación de salud en su teléfono inteligente que rastree su dieta, patrones de sueño, frecuencia cardíaca o niveles de azúcar en la sangre, puede alertarlo sobre situaciones adversas y sugerir modificaciones de comportamiento hacia un resultado más positivo o deseado [2].

### B. Proyectos de bioseguridad

Algunos ejemplos de proyectos de bioseguridad usando IoT para evitar el Covid-19 son:

- Dispensador automático de alcohol gel con ESP32. Fue desarrollado para evitar el contacto con el dispensador de alcohol y a la vez se tiene un control de la cantidad de personas que lo utilizan. Ésta emplea un microcontrolador ESP32 [3].
- Detector de mascarilla. Desarrollado por MakerFabs. Su principal propósito fue el impedir el acceso a personas que no posean mascarillas al edificio de la empresa, además no deben de utilizar cualquier mascarilla sino únicamente las que la empresa fabrica, por lo que la puerta se abre automáticamente al detectar que el empleado está utilizando una de ellas [4].
- Dispensador Alcohol Gel y Termómetro Automático sin Contacto. Existe en el mercado una serie de dispensadores de alcohol gel y termómetro infrarrojo automático sin contacto, el cual puede ser montado en pared o trípode. Este aparato por ser hardware propietario, no se puede acceder a su codificación ni tampoco modificarlo por estar protegido por la ley de Derechos de autor.

### C. Covid-19

El Covid-19, acrónimo del inglés Coronavirus Disease 2019, es una enfermedad infecciosa causada por el virus SARS-CoV-2. Produce síntomas similares a los de la gripe o catarro, entre los que se incluyen fiebre, tos, disnea, mialgia y fatiga. En casos graves se caracteriza por producir neumonía, síndrome de dificultad respiratoria aguda, sepsis y choque séptico que conduce a cerca de 3,75 % de los infectados a la muerte según la OMS. [5].

### D. Medidas de protección

Algunas de las medidas de protección básicas recomendadas por autoridades de salud contra el nuevo coronavirus son:

- Lavarse las manos frecuentemente.
- Adoptar medidas de higiene respiratoria.
- Mantener el distanciamiento social
- Evitar tocarse los ojos, la nariz y la boca

- Solicitar atención médica a tiempo en caso de fiebre, tos y dificultad para respirar.
- Usar mascarillas en entornos comunitarios y lugares públicos.
- Procurar el distanciamiento social.

### E. Obtención de datos de comportamiento relevantes con IoB

En el caso de Covid-19, los datos de comportamiento recopilados a través de una aplicación IoB permitirán monitorear comportamientos individuales o comunales que ocurren. Esto puede complementarse con datos de contexto relevantes como datos geográficos, organizativos, de proceso, de comunidad, médicos, económicos o cualquier otra información de fondo que permita mapear los comportamientos en curso en cualquiera que sea el contexto o dominio del comportamiento.

IoB puede proporcionar información predictiva sobre cualquier intención y comportamientos relacionados con Covid-19. Cuando un grupo lo suficientemente grande o multitud de personas utilizan una aplicación IoB, se convierte en una herramienta para la previsión precisa. Esto lo hace diferente de cualquier aplicación que tiene como objetivo seguir los movimientos, rastrear personas, detectar ubicaciones y la cercanía de las personas; juntos estos enfoques pueden conformar un servicio muy poderoso y situacionalmente inteligente [6].

### F. Reconocimiento facial

Es una tecnología capaz de identificar o verificar a un sujeto a través de una imagen, vídeo o cualquier elemento audiovisual de su rostro. Generalmente, esta identificación se utiliza para acceder a una aplicación, sistema o servicio. Es un método de identificación biométrica que utiliza esas medidas corporales, en este caso cara y cabeza, para verificar la identidad de una persona a través de su patrón biométrico facial y sus datos. Los sistemas tecnológicos a veces pueden variar en lo que respecta al reconocimiento facial, pero el funcionamiento general es el siguiente: análisis facial, convertir una imagen en datos y comparar imágenes

## II. METODOLOGÍA EMPLEADA

Durante el proceso de investigación se diseñó y creó un sistema inteligente para la medición del comportamiento humano relacionado con el cumplimiento del protocolo de bioseguridad para Covid-19. Para tal fin, la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE integró un grupo de estudiantes de la carrera de Ingeniería en Desarrollo de Software, docentes de Escuela de Educación Dual y de la Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, así como la Clínica Empresarial Institucional.

### A. Fase Inicial Recolección de Información

En esta fase de investigación técnica se recolectó la información necesaria para determinar qué tecnologías simplificarían el desarrollo del sistema para el tratamiento de los datos y la construcción de los dispositivos. Los datos proporcionados en el área de salud estuvieron a cargo de profesionales de la Clínica Empresarial.



Fig. 2. Docentes investigadores de la Escuela de Computación con personal de la Clínica Empresarial.

### B. Análisis y diseño del sistema multiplataforma y dispositivo

En esta parte se establecieron las herramientas óptimas para la programación del sistema. Para el módulo Web se determinó por su facilidad de uso y seguridad el framework Laravel, complementándolo con otros lenguajes, entre ellos JavaScript. El diseño e impresión 3D del dispositivo dispensador de alcohol gel, toma de temperatura y reconocimiento facial, fue desarrollado por profesionales del Taller y Laboratorio de Mecánica e Industrial de ITCA-FEPADE.

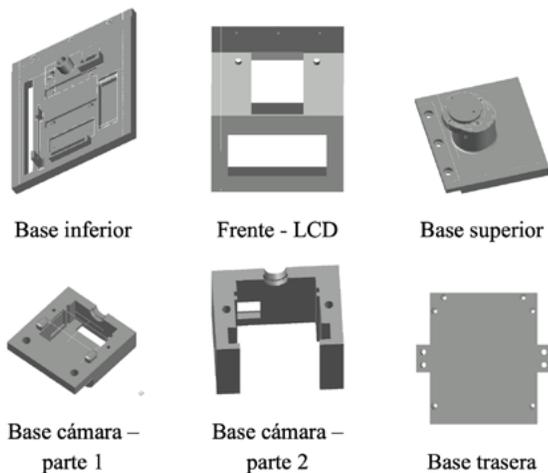


Fig. 3. Diseños creados para la impresión en 3D de los dispositivos dispensadores de alcohol gel.

El diseño del circuito fue desarrollado por docentes de la escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica y estudiantes de cuarto año de la carrera de Ingeniería en Desarrollo de Software.

Para el dispositivo se utilizaron dos tipos de microcontroladores, el ESP32 CAM para procesar la detección del uso de mascarilla y ESP32 WROOM para el resto de las funciones.

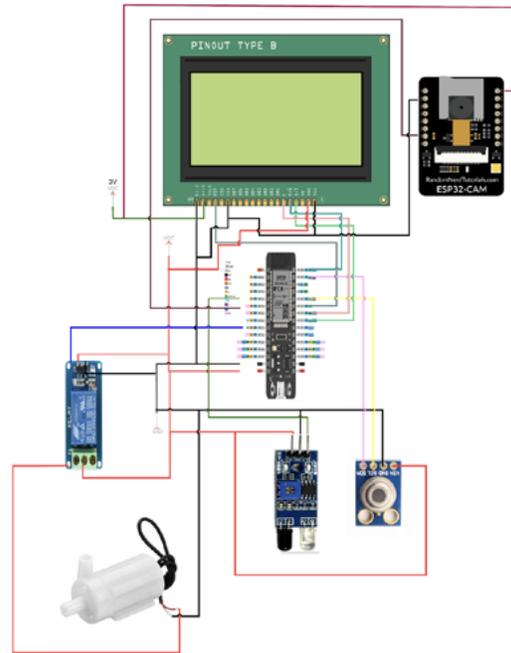


Fig. 4. Diseño de circuito empleado en los dispensadores de alcohol gel.

### C. Ensamble del dispositivo

En esta etapa se procedió a realizar la codificación del sistema informático y a efectuar las respectivas pruebas; se construyó el circuito electrónico PCB, así como la impresión 3D de la carcasa del dispositivo dispensador de alcohol gel.



Fig. 5. Docente investigador y estudiantes trabajando en la construcción del circuito dispensador de alcohol gel.

### III. RESULTADOS OBTENIDOS

#### A. Dispositivo inteligente para medición de variables

Como dispositivos de entrada para el sistema programado se ensamblaron las piezas impresas en 3D, el circuito completo con sus sensores de temperatura y proximidad para determinar la distancia ideal en el momento de la toma y alerta de temperatura y suministro de alcohol gel; así como la cámara para la toma de fotografía para el reconocimiento de la portación correcta de mascarilla.



Fig. 6. Dispositivo inteligente para la medición de variables con relación al cumplimiento del protocolo Covid-19

#### B. Aplicación para el monitoreo y control del cumplimiento de protocolo de bioseguridad

La aplicación desarrollada es multiplataforma. Este sistema se encargará del monitoreo y control de variables relacionadas con el protocolo de bioseguridad Covid-19, la temperatura, mensaje de alerta, uso y portación correcta de mascarilla, solicitud y dispensado de alcohol gel.

La aplicación está compuesta por dos partes. La primera es el panel de control desde donde el administrador del sistema podrá observar cómo está la captura de datos y la configuración de éstos en forma de gráficos, lo cual permite una mayor apreciación y comprensión de estos. La información mostrada es filtrada en base a un periodo determinado, tal como se muestra en la figura 7. La segunda parte consiste en la captura de datos utilizando Mongo DB y el análisis de datos a través de Power BI como una herramienta de Business Intelligence.

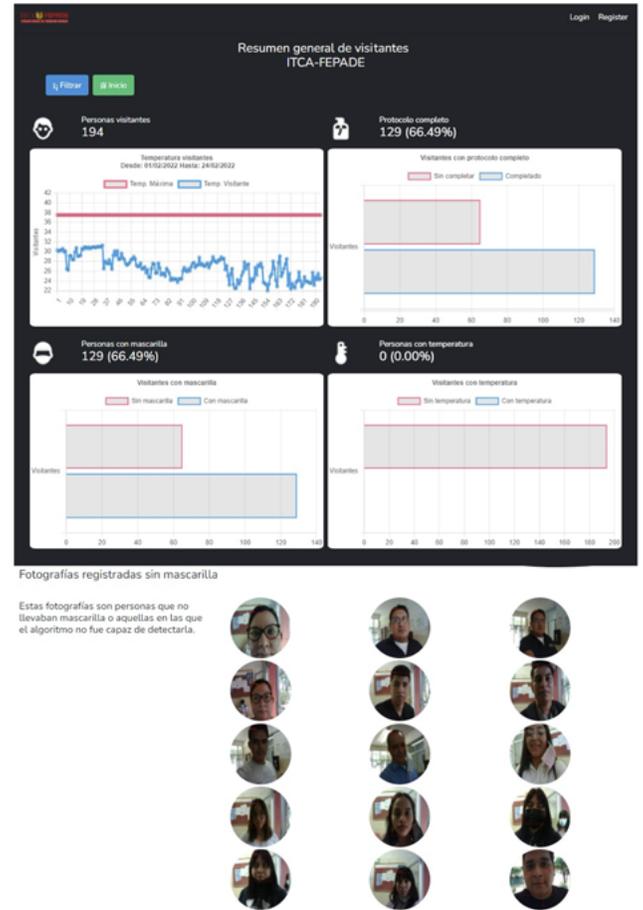


Fig. 7. Pantalla principal del sistema para la medición del comportamiento humano con relación al cumplimiento del protocolo Covid-19.

#### C. Análisis de datos

Esta es la parte medular del proyecto y consiste en el análisis de los datos por medio de Power BI, herramienta de Business Intelligence con la cual se aplica la metodología del Internet del Comportamiento IoB. Esta solución fue programada utilizando lenguaje PHP con ayuda del framework Laravel, MongoDB como gestor de base de datos y Power BI.

MongoDB Server es la herramienta que contiene todos los datos provenientes de las estaciones inteligentes de monitoreo de cumplimiento del protocolo Covid-19.

Basándose en el modelo de bases de datos no relacionales desarrollados en este proyecto, se planteó un diseño de bases de datos multidimensional para realizar un análisis y poder representarlos de una forma más ordenada y organizada, para lo cual se utilizó el software de Inteligencia de Negocios llamado Power Bi.

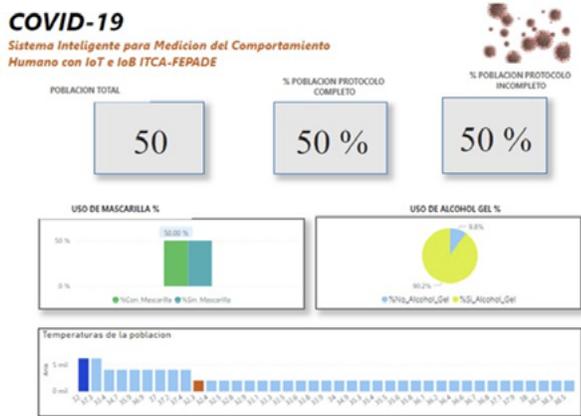


Fig. 8. Dashboard principal Power BI para el análisis de datos IoT.

## Conclusiones

Con el desarrollo de este proyecto de investigación se ha llegado a las siguientes conclusiones:

1. El uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación TIC, es una herramienta valiosa para la manera en que la sociedad está evolucionando, rigiendo nuestros comportamientos muchas veces de formas involuntarias.
2. En estos años de pandemia se ha llegado a culturizar a las personas sobre la importancia de cumplir con los protocolos de bioseguridad para prevenir el contagio por Covid-19.
3. Durante las pruebas realizadas con el dispositivo dispensador de alcohol gel, no existió ninguna persona que hiciera un mal uso de éste y de igual forma todos cumplieron con el protocolo. Se requirió que usuarios fallaran de forma adrede para poder registrar valores de incumplimiento.
4. El resultado de esta investigación aportará a la institución una herramienta innovadora y de bajo costo que contribuirá a medir el comportamiento de la población en general que hacen uso de las instalaciones de ITCA-FEPADE Sede Central.
5. Este dispositivo inteligente contribuirá a prevenir los contagios por Covid-19 entre visitas, personal y población estudiantil, propiciando las condiciones de mayor seguridad para un retorno presencial a las instalaciones.

6. El empleo del Internet del Comportamiento IoB debe promoverse en las investigaciones de las Instituciones de Educación Superior, fortaleciéndolas con la experiencia y conocimiento en el uso del Internet de las Cosas IoT y las Tecnologías de la Información TIC en general.

## Referencias

- [1] S. Greengard, The Internet of Things. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 2015.
- [2] C. Kidd, "What Is the Internet of Behaviors? IoB Explained". BMC Blogs. [Online]. Available: <https://www.bmc.com/blogs/iob-internet-of-behavior/#>. [Accessed: Ene 26, 2021]
- [3] C.VoltT, "Automatic gel alcohol dispenser with Esp32", Instructables [Online]. Available: <https://www.instructables.com/Automatic-Gel-Alcohol-Dispenser-With-Esp32/> [Accessed: Jan 26, 2021]
- [4] Lam Makerfabs "COVID-19 Mask Detector", Instructables. [Online]. Available: <https://www.instructables.com/Arduino-NFC-Door-Lock/> [Accessed: Jan 26, 2021]
- [5] S. Fernández Rodríguez "Conocimientos básicos del COVID-19 para celadores y auxiliares administrativos", Ocronos - Editorial Científico-Técnica. [En línea]. Disponible: <https://revistamedica.com/conocimientos-basicos-covid-19-celadores-auxiliares-administrativos/> [Accedido: 3-mar- 2021]
- [6] Openest, Technologies stratégiques : tendances 2021-. "COVID-19, Behavior Knowledge and Internet of Behaviors (IoB)". Gote Nyman's (Gotepoem) Blog (blog). [Online]. Available: <https://gotepoem.wordpress.com/2020/04/23/covid-19-behavior-knowledge-and-internet-of-behaviors-iob/>. [Accessed: Abr- 23 de 2021]
- [7] E. M. Martínez Pérez, E. M. Pineda, H. E. González Magaña, y R. E. Hernández Ávila, "Development of a Mobile Application for Orientation of Visitors of ITCA-FEPADE through mapping, 3D rendering and Global Positioning", 2018 IEEE 38th Cent. Am. Panama Conv. CONCAPAN XXXVIII, nov. 2018, <https://doi.org/10.1109/CONCAPAN.2018.8596655>.