

Tecnologías emergentes para la reincorporación de personal a sus actividades durante la pandemia de COVID-19

Magdalena Saldana-Perez¹, Fatima Figueroa-Ayala²,
Carolina Palma-Preciado¹, Marco Moreno-Ibarra¹

Instituto Politécnico Nacional,
Centro de Investigación en Computación,
Mexico

{amagdasaldana, cpalmap2020, marcomoreno}@cic.ipn.mx,
ffigueroaa1500@alumno.ipn.mx

Resumen. Es un hecho que el contagio de la COVID-19 es un riesgo que puede disminuirse al aplicar las normas de sanidad adecuadas, también es importante considerar que adaptarnos a dichas medidas sanitarias, y la necesidad de concientización sobre la existencia de virus es totalmente inminente. Las actividades que de alguna forma se vieron trasladadas a un entorno virtual debido al peligro de contagio del virus SARS-Cov-2 que representaban, de manera gradual han comenzado a regresar a su modalidad presencial, permitiendo que las personas comiencen a interactuar de forma física nuevamente, lo que a su vez ha generado la creación de tecnologías emergentes que colaboren a la nueva dinámica que deben llevar las ciudades. Lo anterior genera la necesidad de buscar metodologías y herramientas que permitan mantener a las personas seguras durante su estancia en recintos, y llevar un control de acceso de personal a cada sitio en el que varias personas deban reunirse. La tecnología es un factor importante en esta nueva adaptación de actividades, y debe ser considerada pues las soluciones que genera permiten a las ciudades dirigirse hacia el paradigma de las Ciudades Inteligentes. En el presente documento se detallan algunas soluciones tecnológicas planteadas para adaptar las actividades humanas a la situación de salud mundial actual relacionada con la COVID-19, con la finalidad de que sean conocidas, y de ser posible implementadas con desarrollos tecnológicos producidos en instituciones públicas. También se presenta un análisis sobre la importancia de la tecnología en el avance de las adversidades provocadas por el virus del SARS- CoV-2.

Palabras clave: SARS-CoV-2, COVID-19, tecnologías emergentes, ciudades inteligentes, readaptación.

Emerging Technologies for Returning Staff to Work During the COVID-19 Pandemic

Abstract. It is a fact that COVID-19 infection is a risk that can be reduced by applying appropriate health regulations. It is also important to consider that adapting to these health measures, and the need for awareness about the existence of viruses, is absolutely imminent. Activities that were somehow transferred to a

virtual environment due to the risk of SARS-CoV-2 infection that they represented, have gradually begun to return to their in-person form, allowing people to begin interacting physically again. This, in turn, has led to the creation of emerging technologies that contribute to the new dynamics that cities must navigate. This creates the need to find methodologies and tools that allow people to stay safe during their stay in facilities and to monitor staff access to each location where several people must meet. Technology is an important factor in this new adaptation of activities and must be considered because the solutions it generates allow cities to move toward the Smart Cities paradigm. This document details some proposed technological solutions for adapting human activities to the current global health situation related to COVID-19, with the aim of making them known and, if possible, implemented with technological developments produced in public institutions. It also presents an analysis of the importance of technology in addressing the adversities caused by the SARS-CoV-2 virus.

Keywords: SARS-CoV-2, COVID-19, emerging technologies, smart cities, retrofitting.

1. Introducción

La pandemia ocasionada por el virus SARS-CoV-2, que se convirtió en un problema mundial desde comienzos de 2020, hizo que los gobiernos solicitaran a sus habitantes evitar cuanto fuese posible el dejar sus hogares y aglomeraciones, con la finalidad de mantenerlos fuera del riesgo de contagio. Derivado de la solicitud gubernamental, empresas, escuelas, centros comerciales, cines, parques y múltiples comercios, se vieron en la necesidad de migrar sus actividades a un ambiente completamente virtual, pensando en ello como una solución temporal.

Pese a la adaptación de diversas actividades al entorno virtual, el mantener la situación, en muchos casos se volvió insostenible, pues el avance en diferentes áreas no era equivalente al avance que de forma presencial se habría obtenido, además de que, de acuerdo con el estudio psicológico descrito en [1, 10], las personas requieren del contacto y de la presencia de otras personas, a fin de mantener el equilibrio mental necesario para desarrollar de forma eficiente sus actividades.

Considerando lo anterior, y con la desocupación hospitalaria derivada de los cuidados de los ciudadanos para evitar la propagación del virus SARS-CoV-2, las autoridades comenzaron a permitir la apertura de establecimientos y centros de trabajo respetando ciertas reglas de convivencia como: la sana distancia, el uso de cubrebocas y gel antibacterial, y manteniendo una capacidad máxima del 30% en los recintos. Sin embargo, es necesario considerar la existencia de los super dispensadores del virus que provoca la COVID-19, y las personas asintomáticas, que, de manera indirecta son capaces de contagiar a otras personas el virus SARS-CoV-2, aún sin saberlo [2, 11, 12].

Si bien el virus ha demostrado a lo largo de los últimos meses que puede variar su genoma [3, 13], y que los efectos que causan cada una de sus variantes son diferentes, las reacciones de cada organismo humano también lo son; se sabe que entre los síntomas de contagio iniciales se encuentran el dolor de garganta, dolor de cabeza y fiebre, mismos que van empeorando hasta causar baja de oxigenación del paciente y daño pulmonar [4, 14].

En el presente documento se describen algunas soluciones tecnológicas que han surgido durante el periodo de pandemia con la finalidad de permitir la continuidad de las actividades diarias. Además, se detalla una solución de control de acceso que permite el monitoreo de síntomas de COVID-19, diseñada para escuelas públicas.

El trabajo se conforma de cinco secciones, en la sección 1 la introducción, en la sección 2 se muestran los antecedentes que preceden al trabajo planteado para el control de acceso, en la sección 3 se plantea la metodología propuesta, en la sección 4 se presentan los resultados del proceso; finalmente en la sección 5, se detallan las conclusiones obtenidas de la propuesta.

2. Antecedentes

La pandemia ocasionada por la propagación desmedida del virus que provoca la enfermedad denominada COVID-19 ha traído consigo una crisis de salud pública que ha afectado durante un largo periodo de tiempo, trayendo así la necesidad de adaptación a una nueva normalidad. Es por ello que, los sectores tanto públicos como privados, han decidido enfocar sus recursos al diseño de estrategias seguras para esta nueva etapa en la historia de la humanidad. Un ejemplo es la estrategia de control propuesta por la consultora Gartner Inc. [5]. La cual plantea una propuesta de solución para facilitar el control antes y durante situaciones de crisis. A su vez entre los aportes más destacados, se encuentran los desarrollados por la comunidad científica y tecnológica, ya que a lo largo de este tiempo se ha reconocido la importancia de la telemedicina en conjunto con la inteligencia artificial para el desarrollo de diversos servicios tecnológicos como: aplicaciones web o móviles, chat-bots, robots y dispositivos destinados a realizar mediciones y monitoreo de algunos de los síntomas característicos de la enfermedad.

Un claro ejemplo es el oxímetro electrónico, dispositivo que permite medir el nivel de saturación del oxígeno en la sangre de la persona monitoreada sin necesidad de que la medición sea realizada en el hospital, y el termómetro infrarrojo, que permite medir la temperatura de las personas sin tener contacto directo con ellas, de modo que se pueda monitorear las variaciones de temperatura que tiene una persona a lo largo de los días, y que ha resultado una herramienta útil pero insuficiente en el control de acceso a lugares públicos. Si bien el monitoreo que puede realizarse por este tipo de dispositivos electrónicos no es suficiente para evitar contagios, ha permitido de manera efectiva disminuir la propagación del virus, pues permiten identificar de forma rápida a personas que posiblemente han sido infectadas y se encuentran ya en la fase de contagio, y han ayudado en evitar las aglomeraciones en hospitales.

En el proyecto Detección y seguimiento del contagio mediante tecnologías IoT-Edge: Enfrentando la pandemia COVID-19 [6], desarrollado en Estambul, Turquía, se aprovecharon funcionalidades de diversas tecnologías como lo son el Internet de las cosas (Internet of Things, IOT), el análisis de grandes conjuntos de datos (Big Data) y la inteligencia artificial (Artificial Intelligence, AI). Los autores proponen una estrategia tecnológica para el control de acceso a recintos que consiste en el desarrollo de un mecanismo de comunicación, que mediante el uso de las capas de orden y nube empleando la tecnología IOT y Cómputo de borde (Edge computing), obtienen datos de sensores de temperatura y oxigenación, que son procesados por un microprocesador y transmitidos a base de datos; finalmente, la capa multi edge del modelo realiza el

análisis casi instantáneo de la salud de la persona. El proyecto cuenta con una aplicación móvil que notifica el seguimiento de la persona.

Por otro lado, en Eslovaquia investigadores de la facultad de electromagnetismo y biomédica en la universidad de Ziliana [7], publicaron un artículo donde explican su propuesta para la adaptación de actividades durante la pandemia de la COVID-19. Su propuesta consiste en un software y un hardware destinados a automatizar la toma de temperatura, así como la revisión del uso de cubre bocas. El hardware propuesto fue diseñado de manera que fuera fácil de colocar en cada acceso del recinto de prueba, por medio de un dispositivo electrónico conectado a una cámara, se analiza el rostro de la persona y se muestran los datos obtenidos en una pantalla visible para el usuario.

En el artículo antes mencionado se propone el escaneo y análisis de rostro de la persona, con la finalidad de determinar si el usuario que desea ingresar al recinto tiene la mascarilla puesta, dicho dispositivo también cuenta con un lector de temperatura con el cual realizar la medición de temperatura en tiempo real, en caso de que se detecte que el usuario no cumple con las normas adecuadas para el ingreso, se le niega el acceso al complejo, y se emite una alerta. El funcionamiento del dispositivo depende de una tarjeta controladora raspberry Pi 4, un módulo con cámara v2, un módulo de medición de temperatura tipo MLX90614, un sensor de distancia V153L0X y por último un módulo LCD [7].

En resumen, la información obtenida por el dispositivo de hardware es procesada en tiempo real con ayuda del sistema tipo Laboratorios rápidos de ciencia terapéutica (Rapid Therapeutic Science Laboratory, RTSL), guardando la información en una base de datos MySQL, simultáneamente y con ayuda de los sensores de presencia se toma la información en un perímetro de 4 metros, en el caso de no detectarse nada, el dispositivo se mantiene en un estado de espera hasta que haya un cambio, si el sistema está en pausa se proyecta información general en la pantalla. Adicionalmente al diseño de este dispositivo, se propone el proyectar en la pantalla mediante una barra de progreso el análisis de la temperatura que indica al usuario el tiempo restante de espera para concluir la evaluación.

En cuanto a la detección de la mascarilla, la codificación sigue la estructura de un algoritmo híbrido, el cual implementa el uso de redes neuronales (Neural Network, NN) y un análisis del vector de las características del sistema, toma un enfoque de histograma de gradientes orientados (HGO), este proceso disminuye la resolución de los píxeles con el fin de realizar el reconocimiento facial, para esta tarea se utilizaron modelos faciales disponibles gratuitamente. Finalmente, para la evaluación de la temperatura sólo se usó el dispositivo que realiza la medición, donde en cuanto el sensor detecta presencia se activa.

De forma similar en la universidad australiana Sunshine Coast se realizó una investigación enfocada en la implementación de la inteligencia artificial con el propósito de lograr detectar los casos sospechosos de COVID-19, caracterizándose por recopilar los datos obtenidos de las mediciones de los síntomas en tiempo real [8].

El sistema se compone de sensores infrarrojos destinados a la detección de obstáculos realizando un conteo de las personas que entran y salen, para esta tarea se considera el aforo del recinto donde se desea instalar, es decir, en el momento de ingreso al establecimiento el usuario debe responder un cuestionario referente a los síntomas de COVID-19, al terminar es enviado a un servidor controlado por una Raspberry Pi.

La microcomputadora se encuentra configurada de tal manera que se encarga de actualizar la base de datos con la información recopilada diariamente. Una vez que el usuario termina de llenar el cuestionario avanza un lugar en la fila para colocarse en la posición señalada donde se encuentra el sensor de temperatura IR MLX90614, destinado a medir su temperatura corporal. Así mismo cuando se forma la fila para entrar al recinto se utilizan leds direccionables WS2812B, con el fin de señalar al usuario el lugar en el que se debe ubicar conforme avance la fila, si llegan a la entrada dos personas, el sistema marcará los lugares permitidos para que se sitúen a una sana distancia uno del otro. A medida que ingresan más personas el número de ubicaciones disponibles se actualiza manteniendo una distancia mínima de 1.5 metros entre los lugares ocupados.

Como se observa, muchos son los desarrollos tecnológicos enfocados en el control de acceso a recintos, sin embargo, todos ellos además de útiles resultan relevantes pues muestran distintas soluciones que abordan el mismo problema desde diferentes perspectivas, y que han sido adaptados a las necesidades de los lugares en los que han surgido.

Cabe resaltar que justo en la pandemia, tanto medios de divulgación científicos como repositorios y revistas científicas, así como instituciones de investigación han estado desarrollando desde diferentes frentes, soluciones, estudios y análisis, para comprender de forma conjunta el fenómeno de la pandemia, sus consecuencias y posibles soluciones, por lo que gran número de desarrollos se han centrado en el trascendental tema de la COVID-19.

3. Metodología

En la presente propuesta, se plantea un proyecto para el control de acceso de personas a recintos públicos, que combina componentes de hardware con software para automatizar la autorización de acceso y prevenir el contacto entre personas.

La metodología propuesta se compone de tres factores determinantes referentes al diseño estructural de la arquitectura, estos son: administrador, software y hardware ya que en conjunto se busca obtener un sistema eficiente de monitoreo y realizar el seguimiento de personas que posiblemente estén infectadas con el virus SARS-CoV-2, mediante el monitoreo de su temperatura diaria al momento de acceder al recinto.

La metodología del proyecto se compone de cinco etapas: registro, identificación, recopilación, almacenamiento y decisión, tal como se puede observar en el diagrama de la Fig.1.

Para cumplir con la metodología propuesta se ha diseñado una base de datos en MySQL Workbench, destinada a almacenar la información obtenida tanto de la etapa de registro como de la etapa de recopilación. En la fase de registro se utiliza una aplicación de Internet enriquecida (RIA), por medio de esta aplicación y con la intervención del administrador se llena un formulario previamente diseñado, con la finalidad de recopilar los datos de interés para identificar la identidad de la persona interesada en ingresar al recinto.

La RIA es el medio por el cual el administrador interactúa con la base de datos, reservando un espacio de memoria en la base de datos para cada persona registrada, ese espacio de memoria es ocupado por las mediciones realizadas cada vez que la persona

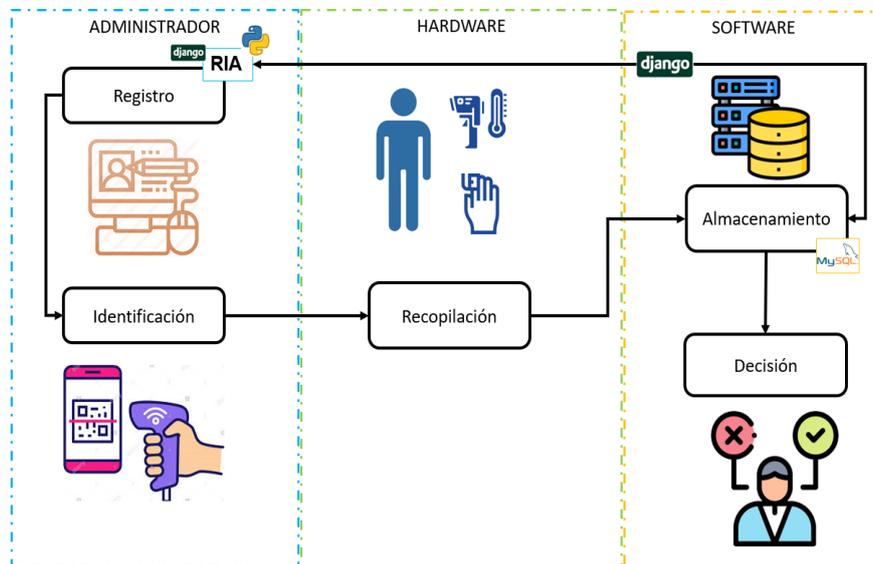


Fig. 1. Diagrama de la metodología propuesta para la solución del problema, en él se muestran las cinco etapas que componen la ejecución del proyecto, desde la toma de temperatura de la persona, hasta la toma de decisión del sistema.

denominada usuario desee ingresar al lugar, generando con esto un historial personalizado de las mediciones obtenidas.

En la base de datos del sistema se cuenta con un registro básico de las personas que regularmente acuden al recinto, a cada persona le es asignado un código de identificación de respuesta rápida (QR, Quick response code), el cual es presentado por el usuario al administrador cada vez que este desee ingresar al recinto (la etapa de registro solo se realiza una vez por persona).

En caso de que la persona que desea acceder sea un visitante, se le asigna un código QR temporal de visita. Para lograr la comunicación de la RIA con la base de datos se hace uso del entorno de desarrollo de Django [9].

Al concluir el registro se inicia la etapa de identificación, el usuario muestra al administrador su código de identificación QR, el administrador lo escanea por medio de una pistola lectora QR y al mismo tiempo el sistema realiza una búsqueda de coincidencias en la base de datos, si se encuentra en la RIA aparece el nombre y los datos de la persona, de otra forma el administrador invitara a la persona a que realice su primer registro.

Posteriormente se llega a la etapa de recopilación, en la cual intervienen dos dispositivos diseñados en este proyecto, uno destinado a realizar la medición de temperatura donde respectiva arquitectura se ilustra en la Fig.2. En la Fig. 3, se muestra la conexión entre uno de los microprocesadores Arduino empleados en el proyecto y el sensor de medición de oxigenación.

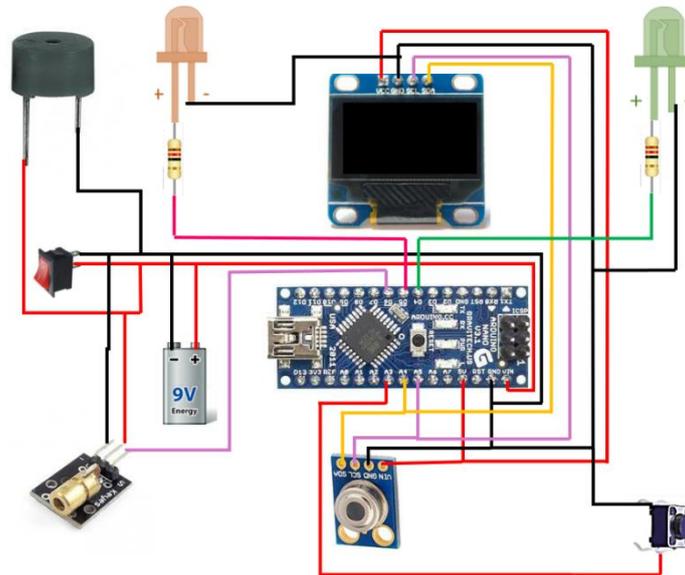


Fig. 2. Esquema de interconexión que existe entre los componentes electrónicos que permiten la medición de temperatura de la persona que desea ingresar al recinto. El cerebro del circuito lo representa el Arduino al que están conectados el sensor infrarrojo de temperatura, la bocina para alertar si la temperatura del visitante es mayor a 37°C, y leds indicadores.

En el proceso para medir la temperatura intervienen diversos componentes electrónicos de los cuáles el Arduino resulta ser el núcleo del dispositivo; el Arduino es un microcontrolador con un ambiente de desarrollo cuyo microprocesador se basa en el microcontrolador ATmega328P, la placa de desarrollo cuenta con 14 terminales digitales y 6 terminales analógicas programables desde en entorno de desarrollo del Arduino.

Para lograr la comunicación entre el Arduino y el sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 seleccionado para el proyecto, se realiza una conexión serial SCL (sistema de reloj, system clock) del sensor a la terminal A5, y una conexión SDA del sensor a la terminal A4 del Arduino. Para precisar, la conexión SCL es la línea de pulsos de reloj que sincroniza el sistema, por su parte la conexión SDA (Sistema de datos, system data) permite transportar datos entre los dispositivos. La medición de temperatura obtenida se muestra en una pantalla de diodo orgánico de emisión de luz (OLED, organic light-emitting diode).

El funcionamiento del circuito es el siguiente, primero se activa el mecanismo presionando el interruptor, posteriormente se coloca el usuario frente al sensor de temperatura a una distancia aproximada de 5 cm, cuidando de que la luz láser apunte a su frente ya que esta será la referencia de que se está posicionando de manera correcta.

Una vez que el sensor detecte la presencia del usuario realizará la respectiva medición reflejando el resultado en la pantalla OLED. Internamente el sistema ejecuta

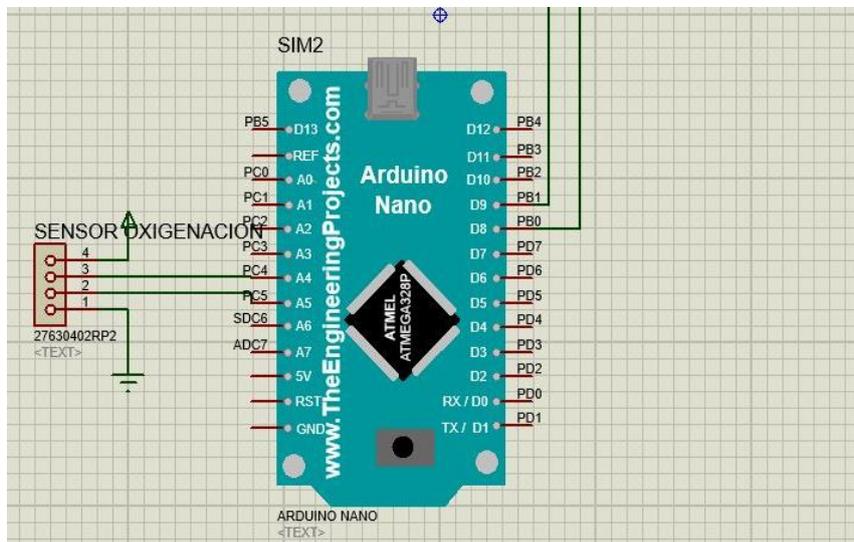


Fig. 3. El esquema de conexión entre el sensor que mide la oxigenación del visitante y el Arduino. El diagrama fue elaborado en Proteus.

una validación de los datos obtenidos, en dicha validación intervienen dos opciones, si el usuario excede la temperatura permitida se activará el LED rojo en señal de acceso denegado y como medida de prevención adicional también se emitirá una alarma emitida por la bocina conectada al circuito, en caso contrario, cuando el usuario presente temperatura normal, se activará el LED verde haciendo referencia a que todo está bien y el usuario puede ingresar al recinto de manera segura.

Para el dispositivo de oxigenación se utiliza otro Arduino, se implementa un Arduino para cada parámetro de medición, para que estos se puedan posicionarse separados de forma estratégica en lugares diferentes del módulo de acceso seguro en el que se utilizarán, de otro modo sería necesario cablear los sensores al Arduino, generando impedancia que podría modificar la calidad de las mediciones.

El dispositivo de oxigenación se compone de un Arduino el cual se encarga de la parte lógica y un sensor de pulso MAX30102 cuyo trabajo es detectar la presencia de la persona, cuando esté es cubierto en su totalidad por el dedo índice del usuario, para así realizar la respectiva medición. El sensor de pulso es un pulsioxímetro y monitor de frecuencia cardíaca, que se caracteriza por contar con un sensor infrarrojo y detectores fotoeléctricos.

El dispositivo Arduino encargado de la medición de oxigenación, está conectado en serie mediante el puerto USB a la computadora designada para el monitoreo del administrador, dicha acción ayuda a entablar la comunicación entre el Arduino y la computadora logrando que se pueda visualizar en la pantalla del equipo el valor de la medición obtenida y registrarla en la base de datos.

La medición de la oxigenación funciona de la siguiente forma, una vez que concluye la medición de temperatura el administrador indica el usuario dónde colocar su dedo. El sistema muestra al administrador por medio de una ventana los resultados obtenidos

de la medición. Una vez concluido el proceso, el administrador informa al usuario su nivel de oxigenación finalizando así el proceso de medición.

Una vez realizada esta acción se recopilan los datos obtenidos y son registrados por el administrador en la RIA, guardándose automáticamente en los espacios de memoria previamente reservados en la primera etapa, acción que cumple la etapa de almacenamiento.

Una vez concluida la etapa de almacenamiento se llega a la etapa de decisión, en esta parte el sistema internamente realiza una comparación de los resultados obtenidos en cada medición, en caso de que el sistema detecte que alguno de los datos registrados por el administrador no cumple con la condición previamente establecida en la codificación del mismo, emite una alerta para avisar al administrador que el usuario no cumple con los requerimientos establecidos para ingresar al sitio. Por otra parte, en caso de que los datos sí sean válidos, no se emitirá ninguna alerta y solo guardará la medición de sus parámetros en la base de datos.

4. Resultados

La relevancia del presente proyecto recae en que su inclusión en los accesos a recintos públicos y privados permitirá tener un mayor control de los posibles síntomas que una persona infectada de con el virus SARS-COV-2 podría presentar, y evitar así que entre en contacto con otras personas, propagando el virus.

El proyecto, además, atiende una de las necesidades más imperiosas que se presentan en la adaptación a esta nueva normalidad, el control de personas en lugares cerrados, y la evasión de contacto entre personas no relacionadas entre sí. Es importante resaltar que la automatización de este tipo de tareas sigue también la idea del desarrollo de ciudades inteligentes.

Se ha demostrado que el virus se propaga principalmente por las gotículas expelidas por la persona al hablar toser o reírse, es decir, si el usuario interesado en ingresar al recinto sólo muestra su código de identificación reduce al máximo la probabilidad de contagio además de agilizar el proceso de entrada al recinto disminuyendo el aforo de personas en la recepción [15].

Como se estableció en la metodología, el proyecto se compone de dos elementos, una de hardware, compuesta por el circuito electrónico que permite llevar a cabo la medición de temperatura y oxigenación, y una de software, que comprende la aplicación web y base de datos del proyecto.

Una vez desarrollados los pasos establecidos en la metodología para el desarrollo del componente electrónico, se logró ensamblar el componente para la medición de temperatura, como se muestra en las Fig. 4a y 4b. Del mismo modo, el dispositivo para la medición de oxigenación se muestra en la Fig. 5. Cabe mencionar que en ambos casos se colocaron los circuitos dentro de cajas de polímero, de forma que pudieran colocarse en el control de acceso, sin sufrir riesgos como desconexión o exposición de los componentes electrónicos.

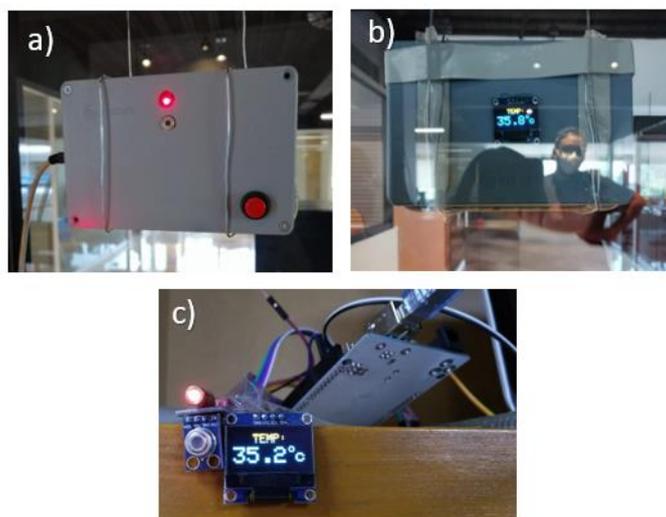


Fig. 4. Componente electrónico para medición de temperatura. La imagen a) muestra el led que debe situarse en la frente de la persona que desea ingresar, para realizar una correcta medición. La figura b) muestra la pantalla OLED que visualiza el visitante mostrando la temperatura medida. La imagen del inciso c) muestra los componentes electrónicos antes de ser protegidos por la carcasa de polímero.

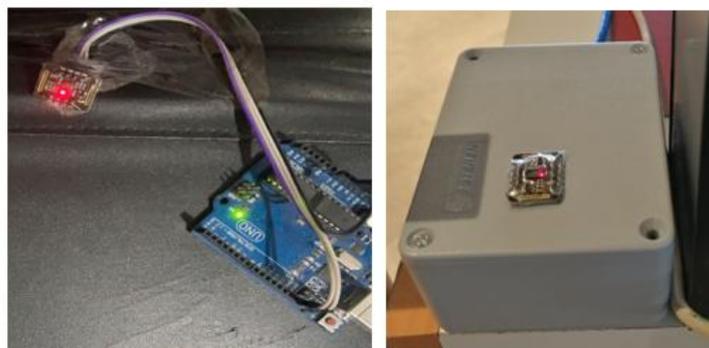


Fig. 5. La imagen de la izquierda muestra los componentes electrónicos conectados para realizar la correcta medición de la oxigenación del visitante, por medio del sensor de contacto. La imagen de la derecha muestra el dispositivo ya ensamblado en una carcasa de polímero para protección de los componentes.

Para el mejor manejo de la herramienta propuesta se diseñó una aplicación web encargada de mostrar una interfaz para el rápido registro de los usuarios, así como para la visualización de los parámetros medidos al momento de su ingreso. Este sistema es



Fig. 6. Instructivo con los pasos que se siguen para realizar la medición de la temperatura y la oxigenación del usuario, en el proyecto planteado.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	NOMBRE	APELLIDOS	NOMBRE DE USUARIO	ULTIMA SESION	BOLETA	TIPO DE USUARIO	BOTON	BOTON	BOTON	BOTON
1				12 de Mayo de 2021 a las 22:26		ESTUDIANTE	EDITAR	AGREGAR	HISTORIAL	BOTON
2				7 de Mayo de 2021 a las 14:35		DOCENTE	INABILITADO	INABILITADO	HISTORIAL	ELIMINAR
3				7 de Mayo de 2021 a las 11:30		DOCENTE	EDITAR	AGREGAR	HISTORIAL	ELIMINAR
4				8 de Mayo de 2021 a las 3:00		ADMINISTRACIÓN	EDITAR	AGREGAR	HISTORIAL	ELIMINAR
5				12 de Mayo de 2021 a las 22:29		ADMINISTRACIÓN	INABILITADO	INABILITADO	HISTORIAL	ELIMINAR
6				12 de Mayo de 2021 a las 22:32		DOCENTE	EDITAR	AGREGAR	HISTORIAL	ELIMINAR
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										

Fig. 7. Muestra de datos capturados en el sistema diseñado para el proyecto.

monitoreado por un administrador. En la Fig. 6, se muestra un instructivo con los pasos ejecutados en el proceso de medición de temperatura y medición de oxigenación.

Hasta el momento, las pruebas realizadas en el sistema se han llevado a cabo en el Centro de Investigación en Computación, por lo cual se generaron tres perfiles para los posibles usuarios: administrador del sistema, personal, y estudiantes. El perfil de administrador es el más completo, pues tiene la capacidad de acceder a los datos de los otros usuarios para verificar que todo esté funcionando correctamente, y en caso de que un usuario sea identificado como posible portador del virus, colocarlo en cuarentena, o

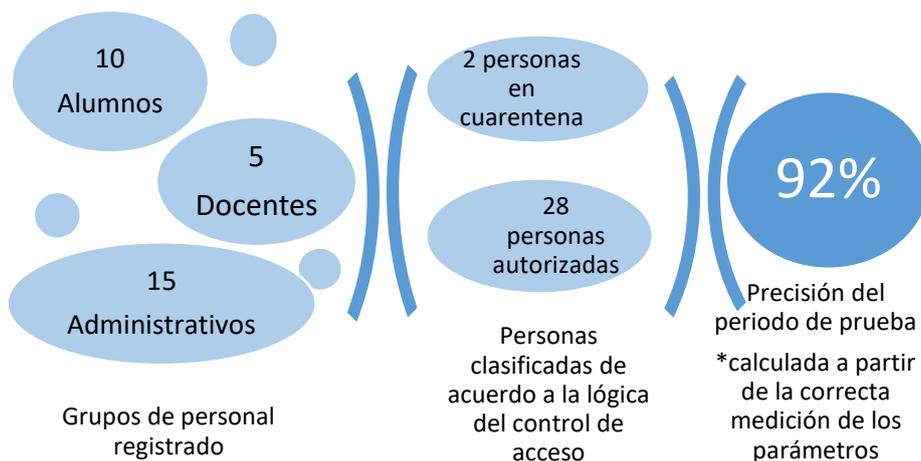


Fig. 8. Diagrama de algunos datos duros obtenidos del uso del dispositivo como control de acceso al área de administración de recursos del Centro de Investigación en Computación.

bien sacarlo de la pila de casos de cuarentena cuando haya pasado su incapacidad y muestre un certificado médico que lo acredite.

La Fig. 7, presenta un extracto de la base de datos del sistema implementado para el proyecto, como se observa, se tiene un campo en el que se monitorea si las mediciones de temperatura y oxigenación de la persona se encuentran dentro de un rango saludable, o si bien parecen ser mediciones de alguien que podría estar contagiado de COVID-19.

Para que un usuario sea colocado en la pila de cuarentena, deberán ocurrir las siguientes condiciones, que el usuario presente una variación considerable en sus registros de temperatura alcanzando mediciones mayores a 37.8 °C, tenga niveles de oxigenación menores al 92%, o bien, presente ambas condiciones. Cuando se cumpla alguna de las tres situaciones sonará una alarma conectada al sistema que alertará a las personas cercanas al acceso, para que la persona sea remitida a atención médica oportuna.

Cabe resaltar que solo el administrador es capaz de mover un registro de la pila de acceso denegado, a la de acceso permitido, y que la revisión del certificado médico que avala dicho movimiento de registros en el sistema se hace de forma manual a través de la terminal colocada en el acceso al recinto. Es también el administrador, quien en caso de que se presente un nuevo usuario no registrado en la base de datos como se ilustra en la Fig. 7, tendrá los permisos para darlo de alta en el sistema y asignar el código.

QR. Por medio de los perfiles de estudiante y personal, solo es posible consultar el historial del usuario generado con cada ingreso del usuario al recinto.

El sistema se probó con un grupo de 30 personas entre las que se cuenta con personal docente, administrativo y alumnos, que acudieron de forma controlada al Centro de Investigación en Computación entre el 1° y el 30 de junio de 2021. Del uso temporal

del sistema en el Centro de Investigación en Computación se obtuvieron los datos duros que se presentan en la Fig. 8.

En la figura anterior se observa la representación visual de los diferentes grupos de estudio, estos se dividen en 3 tipos: Alumnos, docentes y administrativos sumando un total de 30 pruebas. Seguido de eso se observa la clasificación de personas de acuerdo con la lógica del sistema, dando como resultado 28 personas autorizadas y 2 personas en cuarentena.

Donde, las personas que cumplan con las condiciones de acceso previamente establecidas en la lógica del sistema, se consideran personas autorizadas y las personas que no cumplan con las condiciones se consideran personas en cuarentena.

Cabe destacar que los 2 casos clasificados como personas en cuarentena son canalizadas de inmediato a la instancia correspondiente para realizarle una prueba rápida, el resultado de la misma debe ser notificado al administrador quien dará seguimiento al caso en cuestión, protegiendo la integridad y anonimato del caso positivo.

5. Conclusiones

En este trabajo se presenta una metodología que mediante el uso de software y hardware libre propone un sistema de monitoreo y seguimiento de personas para controlar su acceso a espacios interiores promoviendo el uso exitoso de instrumentos de medición como oxímetros y termómetros para detectar a posibles individuos que estén infectados de COVID-19.

La metodología compuesta de cinco etapas: registro, identificación, recopilación, almacenamiento y decisión, permite facilitar el proceso de control de interacciones entre personas en espacios cerrados. Debido a los criterios de registro, las personas proporcionan datos valiosos que permiten identificar a personas que probablemente estén infectadas de SARS-CoV-2 y canalizarlas adecuadamente.

El uso de una página web como método de registro, y la asignación de código de identificación QR, disminuyen la probabilidad de contagio entre el personal de recepción del edificio y el usuario interesado en entrar. Además, la automatización de esta tarea ayuda a agilizar el flujo de personas en la recepción, evitando así las aglomeraciones.

La técnica de almacenamiento utilizada en el manejo de la base de datos, facilitan la seguridad y administración de la información, aunado a la ayuda que ofrece el rol del administrador o personal de recepción designados, se logra un monitoreo confiable de los síntomas de las personas en el edificio.

Para finalizar el proyecto desarrollado resuelve el problema de monitoreo de personas en instalaciones, el cual puede ser replicado para usar en diferentes edificios de la institución, permite generar un seguimiento de los posibles casos y casos confirmados de COVID-19, e implementa varios pasos de verificación para impedir el paso a los casos que no cumplen con los requisitos mínimos necesarios para ingresar a un área.

Referencias

1. Valdés, M.A.P., Morales, N.E.Á., Cárdenas, A.E.R.: Repercusión psicológica y social de la pandemia COVID-19. *Medimay*, 27(2), pp. 252–261 (2020)
2. Víctor, R.Z., Eder, W.P., Rocío, L.D.: COVID-19: El enigma de los caminantes asintomáticos. *Rev Mex Patol Clin*, 67(1), pp.59–60 (2020)
3. Avendaño, L.F.: ¿Es controlable la COVID-19?. *Neumología Pediátrica*, 16(3), pp. 95–96 (2021) doi: 10.51451/np.v16i3.438.
4. Marín, J.E.O.: Sintomatología no respiratoria de COVID-19. *Alerta, Revista científica del Instituto Nacional de Salud*, 4(2), pp. 61–68 (2021) doi: 10.5377/alerta.v4i2.9923.
5. Guía de mercado para soluciones de gestión de crisis/emergencias y regreso seguro al trabajo COVID-19. <https://www.gartner.com/guest/purchase/registration?resId=3989277>.
6. Ashraf, MU, Hannan, A., Cheema, SM.: Detección y seguimiento del contagio mediante tecnologías IoT-Edge: Enfrentando la pandemia COVID-19. In: 2020 International Conference on Electrical, Communication and Computer Engineering, IEEE, pp. 1–6 (2020) doi: 10.1109/ICECCE49384.2020.9179284.
7. Bashir, A., Izhar, U., Jones, C.: IoT-Based COVID-19 SOP Compliance and Monitoring System for Businesses and Public Offices. In *Engineering Proceedings, Multidisciplinary Digital Publishing Institute*, 2(1) (2020) doi: 10.3390/ecsa-7-08267.
8. Barabas, J., Zalman, R., Kochlan, M.: Automated Evaluation of COVID-19 Risk Factors Coupled with Real-Time, Indoor, Personal Localization Data for Potential Disease Identification, Prevention and Smart Quarantining. In: *IEEE 43rd International Conference on Telecommunications and Signal Processing*, pp. 645–648 (2020) doi: 10.1109/TSP49548.2020.9163461.
9. Django sitio oficial: <https://www.djangoproject.com> (2020)
10. Saladino, V., Algeri, D., Auriemma, V.: The Psychological and Social Impact of Covid-19: New Perspectives of Well-Being. *Frontiers in Psychology*, 11 (2020) doi: 10.3389/fpsyg.2020.577684.
11. Stein, R.A.: Superspreaders in Infectious Diseases. *International Journal of Infectious Diseases*, 15(8), pp. 510–513 (2011) doi: 10.1016/j.ijid.2010.06.020.
12. Beldomenico, P.M.: Do Superspreaders Generate New Superspreaders? A Hypothesis to Explain the Propagation Pattern of COVID-19. *International Journal of Infectious Diseases*, 96, pp. 461–463 (2020) doi: 10.1016/j.ijid.2020.05.025.
13. Liu, Y., Yan, L.-M., Wan, L.: Viral Dynamics in Mild and Severe Cases of COVID-19. *The Lancet Infectious Diseases*, 20(6), pp. 656–657 (2020) doi: 10.1016/S1473-3099(20)30232-2.
14. World Health Organization: World Health Organization. Obtenido de WHO Coronavirus (COVID-19) (2021) https://covid19.who.int/?gclid=CjwKCAjwoZWHBhBgEiwAiMN66SxMOoXtbNyo2oFAMR16sVHhxMVz2GogHfk19wa27xBy567kyS0_FB0CTRQQAxD BwE.
15. Coello Barzola, K.J., Naranjo Segovia, A.S.: Percepciones de cuidadores familiares frente al cuidado de personas adultas con discapacidad mental e intelectual severa ante el confinamiento por la crisis sanitaria COVID-19 entre marzo y mayo de 2020 en la ciudad de Guayaquil (2020)