

# Algoritmo basado en tecnología de identificación por radiofrecuencia RFID para rastreo del SARS-CoV-2

Oscar Camilo Fuentes Amín  
Mariano Esteban Romero Torres  
Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería  
Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Colombia  
oscar.fuentes@unad.edu.co  
mariano.romero@unad.edu.co

Anuar de Jesús Oyola Charry  
Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería  
Universidad Nacional Abierta y a Distancia,  
Colombia  
anuar.oyola@unad.edu.co

**Resumen** – Se muestra el diseño de un sistema basado en Tecnología de Identificación por Radiofrecuencia, RFID, como estrategia de control de contagios de COVID-19, a través del registro automático de ingreso a espacios de alta interacción social. El sistema está integrado por un algoritmo matemático, una placa Arduino, un módulo lector y varias tarjetas RFID. Se propone el desarrollo de este sistema como herramienta de detección de usuarios, relacionados con pacientes que han reportado síntomas de la enfermedad, y así controlar la expansión del virus sin que se detengan las actividades económicas. Se simuló un escenario con ingresos al azar, en cuatro zonas y tres fechas diferentes; asimismo, se simuló el reporte de contagio de uno de los usuarios. De acuerdo a la estrategia de control propuesta, fue posible identificar los usuarios relacionados al contagio de COVID-19 simulado. El prototipo podría ser utilizado para el rastreo del Sars-CoV-2, permitiendo el retorno gradual a las actividades económicas y el control del flujo de personas en el sector comercial. Con la puesta en marcha del dispositivo y la aplicación del modelo matemático, se podrá establecer con certeza una estrategia de aislamiento sectorizado, para la reapertura del comercio.

**Palabras clave**— COVID-19, Rastreo, Sars-CoV-2, Tecnología RFID.

**Abstract**— the design of a system based on Radio Frequency Identification Technology, RFID, is shown as a strategy for the control of COVID-19 contagions, through the automatic registration of admission to spaces of high social interaction. The system consists of a mathematical algorithm, an Arduino board, a reader module and several RFID cards. It is proposed to develop this system as a device to detect users related to patients who have reported symptoms of the disease, and thus control the expansion of the virus, without stopping economic activities. A scenario was simulated where twelve people were randomly registered, in four zones and three different dates. Likewise, the report of contagion of one of the users was simulated. According to the proposed control strategy, it was possible to identify users related to the case of simulated COVID-19 contagion. The prototype could be used for tracking the Sars-CoV-2, allowing the gradual return to economic activities and the control of the flow of people in the commercial sector. With the implementation of the device and the application of the mathematical model, it will be possible to establish with certainty a sectorized isolation strategy, for the reopening of trade.

**Keywords**— COVID-19, Tracking, Sars-CoV-2, RFID Technology.

## I. INTRODUCCIÓN

El 31 de diciembre de 2019, la Organización Mundial de la Salud (OMS) fue informada de unos casos de neumonía desconocida en la ciudad de Wuhan, China, pero no se identificó el agente causal. Más tarde, el 7 de enero de 2020, las autoridades chinas identificaron un nuevo tipo de coronavirus, y los casos positivos continuaron aumentando cubriendo varios países [1] - [3]. Es realmente preocupante que el coronavirus se pueda propagar de persona a persona, según un modelo matemático se estimó que el número esperado de infecciones secundarias, que resultan de la introducción de un solo individuo infectado en una población susceptible fue 3,58 [4]. De acuerdo con esto, la OMS ha pedido a todos los países del mundo que implementen algunas medidas con el fin de mitigar en lo posible la propagación del virus [5]. Se han desarrollado muchas leyes y decretos relacionados con nuevas prácticas de comportamiento social, ya que la medida más eficaz para frenar la propagación es a través del distanciamiento [6]. En este sentido, todos los gobernantes del mundo han tenido que implementar toques de queda, cierres de aeropuertos y prohibir todos los actos sociales, como medidas para asegurar el distanciamiento social.

La crisis por el coronavirus es ampliamente evidenciable en los sectores socioeconómicos, dado que muchas operaciones que se consideraban cotidianas, ahora son peligrosas. Con las nuevas medidas de bioseguridad, las personas no pueden salir de sus casas, los supermercados han tenido que limitar la concurrencia de sus consumidores, se han propuesto restricciones para el sector de transporte y hospedaje, y además, las escuelas han tenido que cerrar [7]. Debido al confinamiento, se ha vuelto necesario trabajar desde casa, por lo que muchos sectores laborales han tenido que desarrollar o fortalecer tecnologías que permitan esta nueva forma de trabajo. En este orden de ideas, el uso de la tecnología ha aumentado y estos avances tecnológicos se han añadido a la vida cotidiana.

Cabe señalar que hoy en día la sociedad está experimentando cambios acelerados por los avances tecnológicos. Por ejemplo, la nueva era industrial se basa en dispositivos con conexión a

Internet, un campo conocido como el Internet de las Cosas (IoT), basado en muchas plataformas como hardware y software que facilitan las actividades cotidianas [8]. Dentro de todas estas tecnologías emergentes, en las últimas décadas se ha venido popularizando la Identificación por Radiofrecuencia (RFID), que es usada en la asignación de etiquetas electrónicas a objetos para su identificación. Esta tecnología ha tenido muchas aplicaciones en diferentes sectores por sus buenas prestaciones [9] - [11].

Una vez conocidas las implicaciones socioeconómicas a causa de la crisis por el coronavirus, y teniendo en cuenta las características de algunas de las tecnologías del Internet de las Cosas, se propone un algoritmo basado en la tecnología RFID para el rastreo del virus como estrategia de control de contagios, y así establecer mecanismos que permitan retomar las actividades económicas. En la siguiente sección se describe el desarrollo del hardware y el algoritmo propuesto, seguidamente se expone una simulación con doce registros automáticos al azar y la respuesta del sistema ante un posible contagio, y por último se exponen datos concretos sobre la efectividad del sistema propuesto y su posible impacto en la economía y la salud.

## II. MÉTODOS Y EXPERIMENTACIÓN

Para seguir el rastro del coronavirus en la población, se propuso el desarrollo de un dispositivo electrónico compuesto por un lector RFID, un módulo Wifi y un Arduino, como se muestra en el esquema de la figura 1.

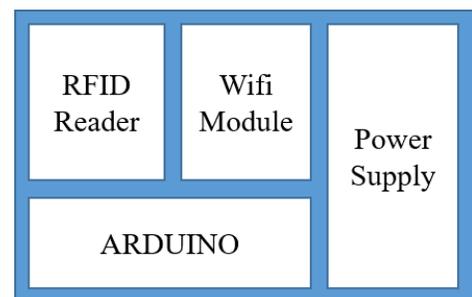


Figura 1. Diseño del dispositivo electrónico

El dispositivo debe instalarse en la puerta de cada área social, por ejemplo los supermercados o las iglesias. Además cada persona debe portar

una tarjeta RFID a la hora de ingresar a un recinto; cabe anotar que estas tarjetas son de fácil adquisición.

El algoritmo matemático se diseñó de tal forma que pueda construir una matriz conformada por filas con la siguiente información; zona, año, mes y día, la cual se registra cuando una tarjeta RFID pasa cerca del dispositivo electrónico. Adicionalmente, al algoritmo se le programó una función que filtra todos los registros realizados por un usuario en particular, dicha función es ejecutada si un usuario ha informado sobre un posible caso positivo de infección. Finalmente el algoritmo fue dotado con otra función matemática que relaciona todos los usuarios que asistieron a las mismas zonas en los mismos días registrados por el paciente en estudio.

#### A. Hardware

La tecnología de identificación por radiofrecuencia permite identificar objetos a través de un campo electromagnético, esta tecnología utiliza ondas de radiofrecuencia para transferir información entre objetos etiquetados y lectores sin necesidad de una línea de vista [12]. Un sistema RFID consta de dos etapas, una tarjeta y un lector que crea un campo de ondas de Radio. A su vez una tarjeta se conforma de dos sistemas, un pequeño chip y una antena, el chip contiene un código único, mientras que la antena es la responsable de transmitir este código [13].

Gracias a las características descritas sobre la tecnología RFID fue posible diseñar un circuito electrónico, con el fin de simular el flujo de personas en cuatro zonas diferentes, con sus fechas respectivas. El sistema está compuesto por una placa Arduino, un lector RFID, cuatro tarjetas y tres botones para simular las zonas y el comando de alerta, ver Figura 2.

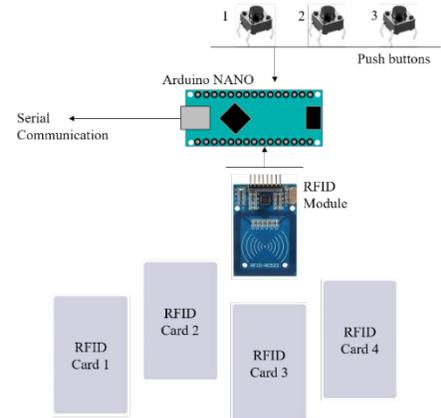


Figura 2. Circuito electrónico implementado

Arduino es responsable de leer las tarjetas RFID a través del lector. Según se acerque una tarjeta, Arduino asigna un código ASCII que puede ser “65”, “66”, “67” o “68”.

Por otro lado, los pulsadores tienen dos posibilidades ‘1’ si se pulsan o ‘0’ si no se pulsan, así que, el pulsador 1 se utilizó para simular una alerta de caso positivo de COVID-19, mientras que los pulsadores 2 y 3 se utilizaron para simular diferentes zonas; ambos en ‘0’ para la zona 1, el 2 en ‘0’ y el 3 en ‘1’ para la zona 2, el 2 en ‘1’ y el 3 en ‘0’ para la zona 3 y ambos en ‘1’ para la zona 4. A partir del circuito electrónico descrito, se programó una función de Arduino para enviar una matriz a un computador cuando una tarjeta RFID pasa por el lector, la cual tiene el siguiente formato: “Código de tarjeta”, “Código de zona”, “Año”, “Mes”, “Día”.

#### B. Algoritmo

El algoritmo fue diseñado con el propósito de identificar a los usuarios relacionados con un posible caso de contagio de COVID-19, cuando el usuario en cuestión reporta una alerta. El proceso comienza con el registro de cada usuario cuando una tarjeta pasa por el circuito electrónico, una vez terminado este proceso, el sistema comprueba el estado del "botón 1", si el "botón 1" es ‘0’, entonces el algoritmo espera una nueva tarjeta, si el "botón 1" se encuentra en estado ‘1’, entonces el algoritmo ejecuta la función de rastreo. La Figura 3 muestra el diagrama de flujo del Proceso propuesto.

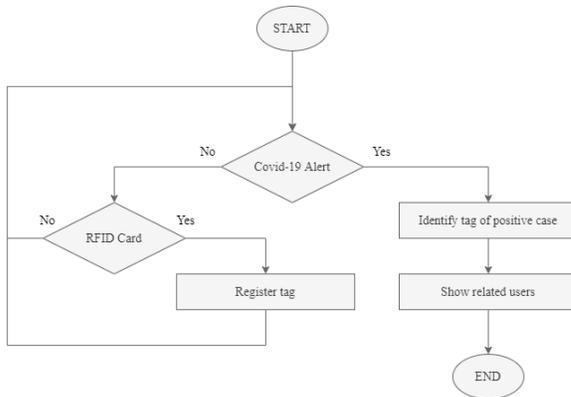


Figura 3. Diagrama de flujo del algoritmo de rastreo

### III. RESULTADOS

Se realizó una simulación para probar el algoritmo, ésta consistió en registrar cuatro usuarios con sus respectivas tarjetas RFID, en cuatro zonas y tres fechas al azar. El sistema electrónico fue programado para enviar una matriz con la siguiente información "Código de usuario", "Código de zona" y "Fecha". La tabla 1 muestra los doce registros que recrearon el escenario planteado.

Tabla 1. Registros de la simulación

Código ASCII	Registro de personas			
	Zona	Año	Mes	Día
65	1	2020	05	01
66	1	2020	05	01
66	2	2020	05	01
67	2	2020	05	01
68	4	2020	05	01
65	2	2020	05	02
66	1	2020	05	02
67	1	2020	05	02
68	4	2020	05	02
65	1	2020	05	03
66	2	2020	05	03
68	4	2020	05	03

En la simulación, se determinó que el usuario asignado al código ASCII “65”, fuese alertado como posible caso positivo de infección. Cuando se dio el comando inicial de rastreo, el algoritmo mostró a todos los usuarios registrados a través de una matriz llamada "S", ver Figura 4.

User	Zone	Year	Month	Day
65	1	2020	5	1
66	1	2020	5	1
66	2	2020	5	1
67	2	2020	5	1
68	4	2020	5	1
65	2	2020	5	2
66	1	2020	5	2
67	1	2020	5	2
68	4	2020	5	2
65	1	2020	5	3
66	2	2020	5	3
68	4	2020	5	3

Figura 4. Muestra de todos los usuarios

Seguidamente el algoritmo mostró el registro del usuario "65", a través de una matriz llamada "COV", ver Figura 5.

User	Zone	Year	Month	Day
65	1	2020	5	1
65	2	2020	5	2
65	1	2020	5	3

Figura 5. Registros del usuario 65

Finalmente, el algoritmo desarrollado fue capaz de mostrar a los usuarios relacionados con el paciente "65", a través de un vector llamado "Rel", ver Figura 6.

```

    octave:2> Rel
    Rel =
    (65) (66) 0 0 0 (65) 0 0 0 (65)
    
```

Figura 6. Usuarios relacionados con 65

Teniendo en cuenta el resultado mostrado en la figura 6, el Usuario “66” podría estar en riesgo, ya que según la simulación, el 1 de mayo del año 2020, este usuario se encontraba en la misma zona que el usuario “65”.

Es preciso afirmar que la estrategia de rastreo del virus, basada en la tecnología RFID, fue capaz de identificar con precisión al usuario en riesgo en menos de 5 segundos.

Para analizar el resultado obtenido, cabe mencionar las características de algunas herramientas que se han desarrollado para el rastreo del Coronavirus. En [14] se muestran varios recursos online que permiten obtener información acerca de la propagación del virus a nivel mundial; el primero se trata de un tablero de control online y un mapa interactivo, que según el autor es de los mejores, ya que incluye datos actualizados sobre nuevos casos, recuento de muertes y recuperaciones. El segundo, tercer y cuarto, son recursos que corresponden a una serie de mapas interactivos que muestran la progresión del virus con actualizaciones diarias. Hasta el momento, este tipo de herramientas ha sido de gran ayuda para mantener en alerta a las poblaciones, sin embargo, no es recomendable plantear estrategias de reapertura económica con base en estos datos. Para una reapertura económica segura, es importante planear un aislamiento selectivo, que ponga en cuarentena a las personas con mayor riesgo de contagio, mientras que el resto continúan sus actividades. Cabe aclarar que, las personas con mayor riesgo de contagio no son un grupo vulnerable, sino personas que según el algoritmo estuvieron en el mismo lugar y día que un usuario alertado, este procedimiento debe ser dinámico.

El algoritmo puede actuar con mucha rapidez; si un usuario alerta que ha sido positivo para COVID-19, en cuestión de segundos el algoritmo puede relacionar cientos de usuarios que tuvieron cercanía con el mismo, y es así, como las autoridades sanitarias tendrían la posibilidad de colocarlos en aislamiento y brindar asistencia con mayor precisión. Lo anterior permitiría que el resto de la comunidad continúe con sus labores, ya que estarían en un porcentaje mínimo de contagio.

### III. CONCLUSIONES

El diseño de un sistema electrónico capaz de registrar datos a través de la tecnología RFID, se planteó como una posible solución para el rastreo del Coronavirus. Para lograr ese propósito, se diseñó un algoritmo capaz de obtener datos de un

sistema electrónico compuesto por tecnología RFID y Arduino. Como se vio en la simulación, el algoritmo desarrollado fue capaz de identificar todos los registros realizados por un usuario en particular y el mismo algoritmo mostró a los usuarios relacionados, que podrían estar en riesgo.

A través del sistema diseñado es posible ofrecer a las autoridades sanitarias una herramienta que permita sectorizar a la población en riesgo de infección y aislarlos, mientras que las personas sin riesgo podrían mantener sus actividades económicas y así llevar un control más preciso de los contagios.

### AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen el apoyo académico de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia en la elaboración del método matemático.

### REFERENCIAS

- [1] World Health Organization, "Novel Coronavirus (2019-nCoV) Situation Report - 1," 2020.
- [2] L. Hongzhou, C. W. Stratton and Y. Tang, "Outbreak of pneumonia of unknown etiology in Wuhan, China: The mystery and the miracle," *Journal of Medical Virology*, vol. 92, no. 4, pp. 401- 402, 2020.
- [3] C. Wang, P. Horby, F. G. Hayden and G. F. Gao, "A novel coronavirus outbreak of global health concern," *The Lancet*, vol. 395, no. 10223, pp. 470 - 473, 2020.
- [4] T.-M. Chen , J. Rui, Q.-P. Wang,, Z.-Y. Zhao , . J.-A. Cui and L. Yin , "A mathematical model for simulating the phase-based transmissibility of a novel coronavirus," *Infectious Diseases of Poverty*, vol. 9, no. 24, pp. 1 - 8, 2020.
- [5] World Health Organization, "Population-based age-stratified seroepidemiological investigation protocol for coronavirus 2019 (COVID-19) infection," 26 May 2020. [Online]. Available: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/332188/WHO-2019-nCoV-Seroepidemiology-2020.2-eng.pdf>.
- [6] W. Smith and D. Freedman, "Isolation, quarantine, social distancing and community containment: pivotal role for old-style public health measures in the novel coronavirus (2019-nCoV) outbreak," *Journal of Travel Medicine*, vol. 27, no. 2, pp. 1 - 4, 2020.
- [7] M. Nicola, Z. Alsafi, C. Sohrabi, A. Kerwan, A. Al-Jabir, C. Losifidis, M. Agha and R. Agha, "The socio-economic implications of the coronavirus pandemic (COVID-19): A review," *International Journal of Surgery*, vol. 78, pp. 185-193, 2020.
- [8] A. Zanella, N. Bui, A. Castellani, L. Vangelista and M. Zorzi, "Internet of Things for Smart Cities," *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 1, no. 1, pp. 22-32, 2014.
- [9] K. Domdouz, B. Kumar and C. Anumba, "Radio-Frequency Identification (RFID) applications: A brief

introduction," *Advanced Engineering Informatics*, vol. 21, no. 4, pp. 350-355, 2007.

[10] E. Welbourne, L. Battle, G. Cole, K. Gould, K. Rector, S. Raymer, M. Balazinska and G. Borriello, "Building the Internet of Things Using RFID: The RFID Ecosystem Experience," *IEEE Internet Computing*, vol. 13, no. 3, pp. 48-55, 2009.

[11] D. Zhang, L. Yang, M. Chen, S. Zhao, M. Guo and Y. Zhang, "Real-Time Locating Systems Using Active RFID for Internet of Things," *IEEE Systems Journal*, vol. 10, no. 3, pp. 1226-1235, 2016.

[12] Q. Z. Sheng, X. Li and S. Zeadally, "Enabling Next-Generation RFID Applications: Solutions and Challenges," *IEEE Xplore*, vol. 41, no. 9, pp. 21-28, 2008.

[13] X. Zhu, S. K. Mukhopadhyay and H. Kurata, "A review of RFID technology and its managerial applications in different industries," *Journal of Engineering and Technology Management*, vol. 29, pp. 152-167, 2020.

[14] C. Zara, «4 formas de rastrear el COVID-19 en tiempo real a medida que se propaga,» 2 Marzo 2020. [En línea]. Available: [https://esri.co/wp-content/uploads/2020/04/ComunicadoDePrensa\\_4-formas-de-rastrear-el-COVID-19.pdf](https://esri.co/wp-content/uploads/2020/04/ComunicadoDePrensa_4-formas-de-rastrear-el-COVID-19.pdf).



**Oscar Camilo Fuentes Amín**, Ingeniero Electrónico (2012), Especialista en Automatización y Control Industrial (2019), Maestrante en Gestión de Tecnología de Información. Experiencia en las líneas de investigación de Dispositivos bioinspirados y Energías limpias.

Docente en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD



**Mariano Estaban Romero Torres**, Ingeniero de Sistemas (2008), Especialista en seguridad informática (2015), Magister en dirección estratégica en tecnología de la información (2017) y PhD© en Proyectos.

Docente en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD



**Anuar de Jesús Oyola Charry**, Lic. En educación Matemática (2000), Especialista en docencia (2011), Magister en la enseñanza de las Matemáticas (2016), Doctorante en educación matemática.

Docente en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD