

	<b>GESTIÓN DE RECURSOS Y SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b>		<b>Código</b>	FO-GS-15
			<b>VERSIÓN</b>	02
	<b>ESQUEMA HOJA DE RESUMEN</b>		<b>FECHA</b>	03/04/2017
			<b>PÁGINA</b>	1 de 1
<b>ELABORÓ</b>	<b>REVISÓ</b>	<b>APROBÓ</b>		
Jefe División de Biblioteca	Equipo Operativo de Calidad	Líder de Calidad		

## RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES):

NOMBRE(S): DUVAR MAURICIO APELLIDOS: DUARTE PARADA

NOMBRE(S): LUIS ALEXIS APELLIDOS: BERMON MENESES

FACULTAD: INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

DIRECTOR:

NOMBRE(S): SERGIO IVÁN APELLIDOS: QUINTERO AYALA

CO-DIRECTOR:

NOMBRE(S): SERGIO APELLIDOS: CASTRO CASADIEGO

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): SISTEMA PARA EL CONTROL DE ACCESO DE PERSONAS EN LUGARES DE ALTA CONCENTRACIÓN POBLACIONAL EMPLEANDO TECNOLOGÍA RFID

### RESUMEN

Este proyecto implementó un sistema para el control de acceso de personas en lugares de alta concentración poblacional empleando tecnología RFID. Para ello, se implementó una matriz de selección hecha en la herramienta Microsoft Excel. La información se obtuvo mediante investigaciones y artículos relacionados con el tema. Se logró recopilar la información acerca del estado actual del control de acceso de personas. Seguidamente, se diseñó el sistema para el control de acceso de personas empleando una base de datos y la tecnología RFID. Posteriormente, se desarrolló una aplicación para el control y registro de personas. Finalmente, se evaluó el diseño del sistema y se argumentaron las conclusiones del estudio.

PALABRAS CLAVE: Control de Acceso, Tecnología RFID, Matriz de Selección.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 98 PLANOS:      ILUSTRACIONES:      CD ROOM: 1

\*\*Copia No Controlada\*\*

SISTEMA PARA EL CONTROL DE ACCESO DE PERSONAS EN LUGARES DE ALTA  
CONCENTRACIÓN POBLACIONAL EMPLEANDO TECNOLOGÍA RFID

DUVAR MAURICIO DUARTE PARADA  
LUIS ALEXIS BERMON MENESES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2021

SISTEMA PARA EL CONTROL DE ACCESO DE PERSONAS EN LUGARES DE ALTA  
CONCENTRACIÓN POBLACIONAL EMPLEANDO TECNOLOGÍA RFID

DUVAR MAURICIO DUARTE PARADA

LUIS ALEXIS BERMON MENESES

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Ingeniero Electrónico

Director:

SERGIO IVÁN QUINTERO AYALA

Ingeniero Electrónico

Codirector:

SERGIO CASTRO CASADIEGO

Ingeniero Electrónico

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2021

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE UN TRABAJO DE GRADO

**FECHA:** 21 DE DICIEMBRE DE 2021

**HORA:** 07:00

**LUGAR:** MODALIDAD REMOTA SINCRÓNICO

**PLAN DE ESTUDIOS:** INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**TÍTULO:** "SISTEMA PARA EL CONTROL DE ACCESO DE PERSONAS EN LUGARES DE ALTA CONCENTRACIÓN POBLACIONAL EMPLEANDO TECNOLOGÍA RFID."

**JURADOS:** ANGELO JOSEPH SOTO VERGEL, IE.MSc  
BYRON MEDINA DELGADO, IE. PhD

**DIRECTOR:** SERGIO IVÁN QUINTERO AYALA, IE MSc

**CODIRECTOR:** SERGIO CASTRO CASADIEGO, IE.MSc

NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES	CÓDIGO	CALIFICACIÓN	
		NÚMERO	LETRA
DUVAR MAURICIO DUARTE PARADA cero	1161400	5,0	Cinco,

### LAUREADO

  
ANGELO JOSEPH SOTO VERGEL

  
BYRON MEDINA DELGADO

  
ANGELO JOSEPH SOTO VERGEL  
Coordinador Comité Curricular  
Ingeniería Electrónica

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE UN TRABAJO DE GRADO

**FECHA:** 21 DE DICIEMBRE DE 2021

**HORA:** 07:00

**LUGAR:** MODALIDAD REMOTA SINCRÓNICO

**PLAN DE ESTUDIOS:** INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**TÍTULO:** "SISTEMA PARA EL CONTROL DE ACCESO DE PERSONAS EN LUGARES DE ALTA CONCENTRACIÓN POBLACIONAL EMPLEANDO TECNOLOGÍA RFID."

**JURADOS:** ANGELO JOSEPH SOTO VERGEL, IE.MSc  
BYRON MEDINA DELGADO, IE. PhD

**DIRECTOR:** SERGIO IVÁN QUINTERO AYALA, IE MSc

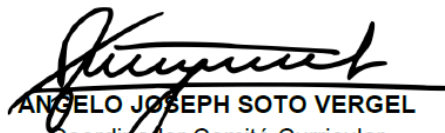
**CODIRECTOR:** SERGIO CASTRO CASADIEGO, IE.MSc

NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES	CÓDIGO	CALIFICACIÓN	
		NÚMERO	LETRA
LUIS ALEXIS BERMON MENESES	1160026	5,0	Cinco, cero

### LAUREADO

  
ANGELO JOSEPH SOTO VERGEL

  
BYRON MEDINA DELGADO

  
ANGELO JOSEPH SOTO VERGEL  
Coordinador Comité Curricular  
Ingeniería Electrónica

## Contenido

	<b>pág.</b>
Introducción	14
1. Problema	16
1.1 Título	16
1.2 Planteamiento del Problema	16
1.3 Justificación	17
1.3.1 Beneficios tecnológicos	18
1.3.2 Beneficios económicos	18
1.3.3 Beneficios sociales	18
1.4 Objetivos	18
1.4.1 Objetivo general	18
1.4.2 Objetivos específicos	18
1.5 Limitaciones y Delimitaciones	19
1.5.1 Limitaciones	19
1.5.2 Delimitaciones	19
1.5.2.1 Delimitación espacial	19
1.5.2.2 Delimitación temporal	19
2. Marco Referencial	20
2.1 Antecedentes	20
2.2 Marco Teórico	21
2.2.1 RFID (del inglés radio frequency identification)	21
2.2.2 Tags	21
2.2.3 Lector RFID	22

2.2.4 Antenas RFID	23
2.2.5 Bandas de frecuencia RFID	24
2.2.5.1 Baja frecuencia (LF)	24
2.2.5.2 Alta frecuencia (HF)	24
2.2.5.3 Ultra alta frecuencia (UHF)	25
2.2.6 Arduino	26
2.2.7 Módulo RFID RC522	27
2.2.8 PYTHON	28
2.3 Marco Legal	29
3. Diseño Metodológico	31
3.1 Recopilar Información del Estado Actual Control de Acceso de Personas Sistemas Embebidos y Tecnología RFID	31
3.2 Diseñar el Sistema para el Control de Acceso de Personas Empleando Bases de Datos y Tecnología RFID	31
3.3 Desarrollar una Aplicación para el Control y Registro de Personas	35
3.4 Evaluación del Sistema	36
4. Resultados	37
4.1 Matriz de Selección para la Selección de Herramientas	38
4.2 Características de MySQL	48
4.3 Diseño de la Base de Datos	48
4.4 Diseño de los Diagramas de Flujo ‘Diseño de Algoritmos’	49
4.4.1 Adquisición de datos	50
4.4.2 Procesamiento de datos	51
4.4.3 Diagrama de flujo de la interfaz grafica	52

4.4.3.1	Agregar usuario	54
4.4.3.2	Personas actuales	54
4.4.3.3	Estadísticas de área	54
4.4.3.4	Estadísticas de persona	54
4.5	Diseño Electrónico	54
4.5.1	Comunicación SPI entre la placa en Arduino Mega y el periférico RC522	55
4.5.2	Comunicación serial entre la placa Arduino Mega y la Raspberry Pi 4B+.	55
4.5.3	Integración del sistema	57
4.6	Evaluación del Sistema	58
4.6.1	Caracterización de contexto	58
4.6.2	Caracterización física	59
4.6.3	Interfaz grafica	61
4.6.3.1	Index	61
4.6.3.2	Agregar usuario	62
4.6.3.3	Personas actuales	63
4.6.3.4	Estadísticas de área	64
4.6.3.5	Estadística de persona	65
4.7	Divulgación	65
5.	Conclusiones	67
6.	Recomendaciones	69
	Referencias Bibliográficas	70
	Anexos	77



## Lista de Figuras

	<b>pág.</b>
Figura 1. Diseño metodológico	32
Figura 2. Diseño lógico entidad relación de la base de datos	49
Figura 3. Arquitectura del sistema	50
Figura 4. Diagrama de flujo de la adquisición de datos	51
Figura 5. Diagrama de flujo del procesamiento de datos	52
Figura 6. Diagrama de flujo del interfaz grafico	53
Figura 7. Diagrama de comunicaciones SPI con múltiples periféricos	55
Figura 8. Comunicación serial entre raspberry Pi 4B+ y arduino Mega	56
Figura 9. Inicio puerto serial en el IDE de Arduino	56
Figura 10. Inicio del puerto serial a 9600 baudios en el editor Sublime 3	57
Figura 11. Conexión completa del sistema	57
Figura 12. Tabla de los participantes del palacio municipal en SQLyog	58
Figura 13. Periféricos en la entrada del palacio municipal	60
Figura 14. Periféricos y case	61
Figura 15. Acceso al index desde windows8.1 por el navegador Google Chrome	62
Figura 16. Interfaz gráfica agregar usuario	63
Figura 17. Interfaz de estadísticas de persona	64
Figura 18. Interfaz estadística de área	64
Figura 19. Interfaz estadística personal	65

## Lista de Tablas

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Importancia según el valor asignado	33
Tabla 2. Denotación de los parámetros de las placas Arduino	33
Tabla 3. Denotación de los parámetros de las diferentes placas	34
Tabla 4. Denotación de los parámetros de software	34
Tabla 5. Pesos de los parámetros a comparar para la primera matriz de hardware (placa Arduino)	38
Tabla 6. Comparación de herramienta del parámetro con respecto a la velocidad de reloj (Arduino)	38
Tabla 7. Comparación de herramienta del parámetro precio (Arduino)	39
Tabla 8. Comparación de herramienta del parámetro respecto a la disponibilidad de pines digitales y analógicos	39
Tabla 9. Comparación de herramienta del parámetro respecto a la memoria RAM	39
Tabla 10. Comparación de herramienta del parámetro respecto a la memoria FLASH	40
Tabla 11. Matriz de decisión final para la selección de la primera herramienta de Hardware	40
Tabla 12. Pesos a comparar de los parámetros para la selección de la segunda herramienta de hardware	41
Tabla 13. Comparación de herramienta del parámetro con respecto a la cantidad de pines	42
Tabla 14. Comparación de herramienta con respecto al parámetro de velocidad de procesamiento	42
Tabla 15. Comparación de herramienta con respecto al parámetro de disponibilidad de módulos Wi-fi	42
Tabla 16. Comparación de herramienta con respecto al parámetro de memoria RAM	43

Tabla 17. Comparación de herramienta con respecto al parámetro de variabilidad de puertos	43
Tabla 18. Comparación de herramienta con respecto al parámetro de precio y disponibilidad en el mercado	43
Tabla 19. Matriz de decisión para la selección de la segunda herramienta de hardware	44
Tabla 20. Pesos a comparar de los parámetros para la selección de la herramienta de software	44
Tabla 21. Comparación de herramienta de software con respecto al tipo de licencia	45
Tabla 22. Comparación de herramientas de software con respecto a la disponibilidad de librerías	45
Tabla 23. Comparación de herramienta de software con respecto a interpretación en interpretación en entornos de desarrollo	46
Tabla 24. Comparación de herramienta de software con respecto a la especialización del software	46
Tabla 25. Comparación de herramientas de software con respecto a la conectividad con ofimática	46
Tabla 26. Matriz de decisión final para la elección de la herramienta de software	47
Tabla 27. Codificación de las áreas del palacio municipal	59

## Lista de Anexos

	<b>pág.</b>
Anexo 1. Carta permiso de implementación del proyecto investigativo en la alcaldía municipal	78
Anexo 2. Manual de usuario	79
Anexo 3. “Carta de aprobación del evento VII Semana Internacional de Ciencia, Tecnología e Información”	95
Anexo 4. “Certificados Evento VII Semana Internacional de Ciencia, Tecnología e Información”	96
Anexo 5. Certificado Evento “International Meeting on Mathematics Education”	97
Anexo 6. Captura de pantalla del artículo publicado en la revista “Eco Matemático” de la Universidad Francisco de Paula Santander	98

## **Resumen**

Este proyecto implementó un sistema para el control de acceso de personas en lugares de alta concentración poblacional empleando tecnología RFID. Para ello, se implementó una matriz de selección hecha en la herramienta Microsoft Excel, ya que mediante de esta matriz se pudieron tomar decisiones en equipo utilizando criterios ponderados y acordados. La información se obtuvo mediante investigaciones y artículos relacionados con los sistemas basados en tecnología RFID y los sistemas embebidos de alto nivel y bajo costo. Se logró diseñar un sistema para el control de acceso de personas en lugares de alta concentración poblacional empleando tecnología RFID. Adicionalmente, se recopiló la información acerca del estado actual del control de acceso de personas en lugares de alta concentración poblacional, los sistemas embebidos y la tecnología RFID. Seguidamente, se diseñó el sistema para el control de acceso de personas empleando una base de datos y la tecnología RFID. Posteriormente, se desarrolló una aplicación para el control y registro de personas. Finalmente, se evaluó el diseño del sistema para el control y registro de personas.

## Introducción

El mundo da pasos agigantados cada día en cuanto al desarrollo tecnológico y científico, intentando renovar y actualizar muchos aspectos de la vida cotidiana. Debido a esto se pretende crear nuevas estrategias para brindar alta seguridad a las personas. Un control de acceso es un sistema automatizado que impide el paso en un lugar o dentro de una zona específica, a personas sin autenticación, estableciendo así un sistema de seguridad para salvaguardar el ingreso al interior de estos (Wang & Wang, 2018; Bakht, Din, Shehzadi & Aftab 2019; Allah, Abdalla, Mekki & Awadallah, 2018).

La tecnología RFID es un sistema de auto identificación inalámbrico que se ha convertido en un aspecto fundamental para el ser humano. Tiene muchas aplicaciones en diferentes campos como lo son la industria, logística, control de acceso entre otras. Dicha tecnología consta de tres componentes importantes el lector RFID (antena) que se encarga de detectar la etiqueta (tag) luego se encuentra el subsistema de procesamiento de datos que es una aplicación informática capaz de procesar y almacenar los datos y por ultimo las etiquetas (tags) se utilizan para identificar un objeto (Mehta, Grant, Atlin & Ackery, 2020; López, Arango & Moreno, 2012).

Esta tecnología maneja frecuencias bajas, altas y ultra-altas. Las ondas de radio en especial las de baja frecuencia pueden penetrar con facilidad varios materiales, trabajan en el rango de 30 a 300kHz, aunque la más común es la de 125kHz, el rango de lectura es muy pequeño y a pesar de ello tienen una buena penetración en materiales no conductores puesto que son usados para entornos en los que hay que hacer pocas lecturas en muy cortas distancias. En el caso de las de alta frecuencia (HF) van de los 3 a 30Mhz, aunque la mayoría de sistemas RFID trabajan con 13.56Mhz con rangos de lectura de 10cm-1m, su principal ventaja es transmitir datos de manera

más rápida y mayor distancia de detección. Es útil implementar sistemas que abarquen esta tecnología debido a sus múltiples utilidades sobre todo en el ámbito del control de acceso de personas (Kim, Lim & Ryoo, 2017; Benamara, Grzeskowiak, Salhi, Lissorgues, Diet & Le Bihan, 2017; Rizkalla, Prestros & Mecklenbrauker, 2017).

Con respecto a proyectos desarrollados con esta tecnología existen algunos que se complementan usando biometría y reconocimiento facial, al añadir estos componentes a dichos sistemas que adicionan seguridad a estos sistemas, obviando la detección biométrica por factores de bioseguridad y dejando el reconocimiento facial para una nueva versión u actualización del proyecto (Battaglia et al., 2017; Akbar et al., 2019; Hoang, Dang, Nguyen & Tran, 2018).

Actualmente el mundo está sufriendo una pandemia ocasionada por un virus llamado Covid 19. Desde su aparición miles de personas han fallecido y se siguen sumando más muertes cada día. Todos los países se encuentran adoptando diferentes medidas para intentar disminuir el número de contagios o poner fin a esta pandemia de una vez por todas, intentando desarrollar una vacuna u medidas que aumenten la bioseguridad como lo es el distanciamiento social y evitar aglomeraciones (Ioannidis, 2021; Organización Mundial de la Salud (OMS), 2020) En este caso se monitoreará el acceso de personas y la seguridad de la alcaldía del municipio de Bochalema en el departamento de Norte de Santander, Colombia donde será implementado dicho sistema.

## **1. Problema**

### **1.1 Título**

SISTEMA PARA EL CONTROL DE ACCESO DE PERSONAS EN LUGARES DE ALTA CONCENTRACIÓN POBLACIONAL EMPLEANDO TECNOLOGÍA RFID.

### **1.2 Planteamiento del Problema**

La seguridad es de vital importancia en cuanto a lugares que son frecuentados por muchas personas, debido a que se hace necesario identificar a cada uno de los participantes en el área, actualmente se está atravesando por una pandemia, donde la identificación de cada uno de los protagonistas y su destino dentro de estos lugares de alto flujo poblacional, marcan la diferencia al tener una trazabilidad de las rutas que tomó cada individuo, cada posible interacción con cualquier otro participante, en 2020, la OMS (2020), tiene como objetivo primordial, que todos los países controlen la pandemia, mediante la ralentización de la transmisión y la reducción de la mortalidad asociada a la COVID-19, controlar los casos esporádicos y grupos de casos y prevenir la transmisión comunitaria mediante la detección rápida y el aislamiento de todos los casos,(Oyola, Fuentes & Romero, 2020), la prestación de los cuidados adecuados y la trazabilidad, cuarentena y apoyo de todos los contactos.

Aquí es donde entra a jugar un papel indispensable el uso de las tarjetas RFID (Radio Frequency Identification), cuentan con un tag pasivo que permite recuperar información de esta, al instalar las lectoras en los puntos estratégicos permite tener en cuenta el número de participantes que se encuentran en su interior en tiempo real (actualizado), en qué áreas se encuentran y a su vez permite llevar registro de estos sucesos en una base de datos, permitiendo



corroborar información en caso de ser solicitado.

Con base a lo anterior se plantea la siguiente pregunta: ¿Cómo se diseña un sistema de monitoreo en puntos estratégicos de áreas con alto flujo poblacional, basado en tecnología RFID, que permita registrar los participantes que la visiten?

### **1.3 Justificación**

La realización de este proyecto va de la mano de muchos factores para encontrar una solución que cumpla con los requisitos pertinentes, con el fin de evitar pérdidas de todo tipo, incluyendo la seguridad de los participantes del área, por eso es necesario la identificación de los participantes de la misma Villalba & Bareiro Alvarenga (2019), teniendo en cuenta los elementos tecnológicos que se poseen actualmente, por tal motivo se opta por la tecnología RFID que establecerá algunos parámetros, como lo son la seguridad y control de los usuarios del área de alto flujo poblacional (Cali, 2020), se tiene como evidencia un aumento acelerado de RFID en los últimos años, puesto que ofrece muchas opciones, como lo son almacenar información de etiquetas, elemento necesario actualmente, ahora que las medidas de mitigación a la pandemia en general se han levantado, volviendo a la rutina “normal”, esto hace necesario que este tipo de tecnologías, con lectura de tipo múltiple y trazabilidad, permite reducir tiempos, costos y propagación del agente causante de la pandemia (Venegas & Holguín, 2020).

A causa de esto se quiere presentar una solución a esta problemática que le permita a las áreas con alto flujo poblacional el control de ingreso y egreso de sus participantes, ofreciendo una trazabilidad de los mismos a través de bases de datos.

**1.3.1 Beneficios tecnológicos.** Se desarrolló un sistema de monitorización utilizando hardware y software libre, incentivando el uso de estas tecnologías teniéndolas en cuenta como criterio de evaluación.

El sistema se diseñó para permitir el monitoreo de dos o más puntos según sea necesario.

**1.3.2 Beneficios económicos.** Las diferentes matrices de selección que se aplicaron permitieron tomar la mejor opción, al ser criterio de evaluación el factor economía.

Al haber usado hardware y software libre se redujeron los costos de la propuesta investigativa, de ello resulta decir que es la insignia de este proyecto.

**1.3.3 Beneficios sociales.** Se generó un impacto positivo en el ámbito empresarial regional, porque incentivó el uso de estas tecnologías para hacer seguimiento y llevar registro de los participantes en las diferentes áreas de alta concentración poblacional.

## **1.4 Objetivos**

**1.4.1 Objetivo general.** Diseñar un sistema para el control de acceso de personas en lugares de alta concentración poblacional empleando tecnología RFID.

**1.4.2 Objetivos específicos.** Los objetivos específicos se plantean a continuación:

Recopilar información acerca del estado actual del control de acceso de personas en lugares de alta concentración poblacional, los sistemas embebidos y la tecnología RFID.

Diseñar el sistema para el control de acceso de personas empleando una base de datos y la tecnología RFID.

Desarrollar una aplicación para el control y registro de personas.

Evaluar el diseño del sistema.

## **1.5 Limitaciones y Delimitaciones**

**1.5.1 Limitaciones.** La aplicación del presente proyecto podrá ser posible si los usuarios de estas áreas de alto flujo poblacional son visitantes recurrentes de la misma.

Tanto como el hardware y software libre, será un criterio de gran peso en la matriz de selección para la toma de decisiones, buscando una solución eficaz y de calidad con un lenguaje de alto nivel y accesible económicamente.

**1.5.2 Delimitaciones.** La delimitación espacial y temporal se presenta de la siguiente manera:

**1.5.2.1 Delimitación espacial.** Debido al estado de pandemia se aplicara un prototipo de trabajo en la alcaldía municipal de Bochalema.

**1.5.2.2 Delimitación temporal.** Se realizará en 6 meses.

Conceptual: microelectrónica, microcontroladores, sistemas embebidos, haciendo registro de ingreso y egreso al área.

## 2. Marco Referencial

### 2.1 Antecedentes

Actualmente el avance tecnológico es claramente necesario en todo tipo de escenario, sabiendo la necesidad que existe el tener un control del alto flujo poblacional y a su vez contar con la seguridad adecuada.

Las arquitecturas de agentes se caracterizan por ser autónomas, reactivas, proactivas y con capacidades sociales Wooldridge & Jennings (1995), haciendo posible su aplicación en entornos altamente estocásticos, lo que las convierte en candidatas idóneas para su aplicación en entornos dinámicos (Villalba et al., 2019).

Según Rodríguez & Mora (2016), uno de los principales beneficios de la incorporación de la tecnología RFID, es lo confiable a la hora de auto identificación, con la posibilidad de catalogar escenarios y protección de elementos.

Para hacer una correcta implementación en la tecnología RFID Enrique Arturo Guizar Sepúlveda insiste en conocer las características del área, como; dimensionamiento, capacidad, infraestructura, etc. Y poder aplicar debidamente las normas y regulaciones (Bonilla, Tavizon, Morales, Guajardo & Laines, 2016).

Bonilla et al. (2016), proponen la obtención de una vista en tiempo real de sus estudiantes por medio del “cloud computing” registrando datos de desempeño académico y rendimiento, con el fin de analizar y mejorar los planes académicos todo esto apoyado desde IoT. De esta manera la universidad implementaría una iniciativa para aprovechar de una mejor manera las tecnologías de tendencia.

Dado que se necesita una proyección de la trazabilidad de los libros en cuestión, se recurre a la idea de Susana Milagros Malca Bulnes de darle proceso a la minería de datos con el fin de encontrar los patrones de tendencia en cuanto a los libros solicitados por el estudiantado, generando un listado de la literatura de mayor demanda, y si es necesario obtener más ejemplares del mismo (Malca, 2015).

## **2.2 Marco Teórico**

**2.2.1 RFID (del inglés radio frequency identification).** RFID son las siglas inglesas de Radio Frequency Identification lo que en español significa Identificación por radiofrecuencia. El propósito fundamental de la tecnología RFID es identificar mediante un lector, sin contacto y a distancia, una tarjeta o etiqueta (tag) portada por una persona, un vehículo en movimiento o cualquier producto que se encuentra en un almacén o en una cadena de producción automatizada (Nüo, 2016).

**2.2.2 Tags.** Los tags (etiquetas) incluyen en su interior un pequeño chip y una antena impresa o bobinada para comunicarse con el lector. El chip tiene grabado un número (ID) de serie único que lo identifica entre los demás, y puede disponer de una pequeña memoria para guardar datos, que los lectores son capaces de leer y escribir. Hay tres tipos de etiquetas RFID, activas, semi-pasivas y pasivas. Los tags pasivos no necesitan alimentación interna, toman la energía de la propia emisión de las antenas del lector y sólo se activan cuando se encuentran en el campo de cobertura del lector. Las etiquetas activas utilizan alimentación propia de una pequeña batería, y pudiendo comunicarse con el lector a una distancia mucho mayor y procesando una cantidad de datos superior. Las etiquetas semi-pasivas se parecen a las activas en que poseen una fuente de alimentación propia, aunque en este caso se utiliza principalmente para alimentar el microchip y

no para transmitir una señal (Nüo, 2016).

**2.2.3 Lector RFID.** Un lector de RFID es también conocido como interrogador. El principal objetivo de un lector de RFID es transmitir y recibir señales, convirtiendo las ondas de radio de los tags en un formato legible para las computadoras.

Los lectores RFID pueden suministrar energía a los tags RFID pasivos. Los lectores pueden ser unidades autónomas conectadas a antenas, unidades portátiles con antenas integradas, en placas miniatura montadas dentro de impresoras, o integrados en grandes dispositivos. El lector es necesario para transmitir energía al tag, para recibir desde el tag los datos correspondientes a las comunicaciones, y para separar estos dos tipos de señales.

La mayoría de los lectores son capaces de leer y escribir a un tag. La función lectora lee los datos almacenados en el chip del tag. Del mismo modo, la función escritora escribe los datos pertinentes sobre el chip del tag. Por ejemplo, si un fabricante envía productos terminados a un centro de distribución puede escribir la identificación del fabricante en el tag del producto. La comunicación lector-tag puede utilizar cualquiera de las cuatro bandas de frecuencia: baja, alta, ultra alta, y de microondas.

Otra función de un interrogador es manejar la situación que se presenta cuando más de un tag responde simultáneamente a su interrogatorio. A esto se le llama procesamiento anti-colisión y se realiza a través de la electrónica del interrogador utilizando su software. Un lector tiene que estar conectado a través de cables de antenas para realizar la transmisión y recepción de señales. Los lectores portátiles pueden contar con antenas incorporadas o conectarse con módulos de lectura externos. Los lectores utilizan protocolos estándar de comunicación para comunicarse (Telectronica, 2018).

**2.2.4 Antenas RFID.** Las antenas RFID se utilizan para leer etiquetas RFID en los almacenes, líneas de producción, tiendas, centros médicos, eventos deportivos, etc. La amplia variedad de antenas RFID proporcionadas por Dipole han sido escogidas para cubrir las necesidades reales de los usuarios, por ello aquí encontrará la adecuada para su aplicación. Una antena crea un campo de acción tridimensional a su alrededor que se llama "haz", "pattern", "parón de radiación" o "bulbo". Las diferencias entre las distintas antenas RFID existentes se resumen en dos características:

Para acción corta o larga; a escoger en función de la amplitud que deseemos leer

Para alta o baja densidad de campo; a escoger en función de la naturaleza de los productos a leer y de la cantidad a leer al mismo tiempo Las características principales son:

- Bandas de frecuencia múltiples.
- Opciones de montaje interior/exterior
- Baja relación axial - define la calidad de la polarización circular, mejora la fiabilidad de leer las etiquetas RFID.
- Diseño robusto – son antenas RFID que se utilizan normalmente.
- Para en entornos difíciles, como almacenes y líneas de producción.
- La construcción toda de metal.
- Polarización circular de Lado izquierdo (LH) y lado derecho (RH) circular.
- Polarización lineal Vertical (VPOL) y Polarización lineal horizontal (HPOL) (Traza, 2022).

**2.2.5 Bandas de frecuencia RFID.** Los tags RFID operan principalmente en cuatro bandas de frecuencia: baja frecuencia (LF) que opera en el rango de 120 a 140 kilohertz; alta frecuencia (HF), que funciona a 13,56 megahertz; ultra alta frecuencia (UHF) operando dentro de los 860 a 960 megahertz y ultra alta frecuencia (microondas) que opera a 2.45 gigahertz (o por encima). Recuerde que la frecuencia es un factor importante en la selección de un tag RFID, porque decide la distancia de comunicación entre los tags y los lectores.

**2.2.5.1 Baja frecuencia (LF).** Los tags de baja frecuencia (LF) utilizan la frecuencia de 120 a 140 kilohertz y operan por acoplamiento inductivo para obtener energía de un lector. Los tags LF tienen una bobina de inducción en lugar de una antena. Son adecuados para aplicaciones que requieren lectura de pequeñas cantidades de datos a baja velocidad. Los tags pasivos LF pueden ser leídos desde una distancia inferior a 0,5 metros.

Las ondas de radio de baja frecuencia pueden penetrar con facilidad materiales como el agua, tejidos, madera y aluminio, entre otros. Por lo tanto, los tags LF se pueden utilizar para etiquetar productos de metal o que contengan líquidos. Los tags LF son relativamente más costosos, ya que requieren bobinas de inducción con un diámetro más grande. Esto implica utilizar más metal de cobre, que habitualmente resulta más costoso.

Aplicaciones comunes de tags LF son la identificación de animales, aplicaciones de seguridad para automóviles como los llaveros electrónicos para el control de encendido y la vigilancia electrónica de artículos (EAS).

**2.2.5.2 Alta frecuencia (HF).** Los tags de alta frecuencia (HF) utilizan 13,56 megahertz y operan por acoplamiento inductivo. Los tags HF tienen una bobina de inducción en lugar de una antena. Al igual que ocurre con los tags LF, los tags de alta frecuencia son también adecuados



para aplicaciones que requieren lectura de pequeñas cantidades de datos a baja velocidad, siendo leídos a cortas distancias. La distancia de lectura por lo general se encuentra por debajo de un metro.

Las ondas de radio de alta frecuencia pueden penetrar relativamente bien, materiales como el agua, tejidos, madera y aluminio. Por lo tanto, los tags HF, pueden utilizarse para el etiquetado de productos que contienen metales, líquidos, etc. Los tags HF son relativamente menos costosos si se compara con los tags LF, debido al menor diseño de su bobina de inducción.

Una de las aplicaciones más comunes de tags de alta frecuencia se encuentra en tarjetas inteligentes y control de acceso de personas utilizando un lector de tarjetas de identificación.

**2.2.5.3 Ultra alta frecuencia (UHF).** Los grandes minoristas como Wal-Mart y el Departamento de Defensa de los EE.UU. han solicitado a sus proveedores la utilización de tags pasivos de ultra alta frecuencia en cajas y pallets. Los tags UHF funcionan en un rango de 860 a 960 megahertz de frecuencia.

Los tags pasivos UHF se acoplan con el campo del lector de forma capacitiva utilizando el campo eléctrico. En algunos casos los tags pueden utilizar el campo magnético de inducción cuando están cerca del transmisor. Estos diseños de tags poseen antenas en lugar de bobinas de inducción. Algunos tags UHF tienen un rango de lectura de hasta 15 metros.

Las ondas de radio UHF se curvan o refractan fácilmente en torno a materiales sólidos. Por lo tanto, los tags UHF no necesitan una línea de visión para la comunicación con los lectores RFID.

Las ondas de radio UHF son absorbidas por el agua y se reflejan en los metales. Por lo tanto, los tags UHF pasivos no pueden utilizarse directamente para identificar productos líquidos o

elementos metálicos. Actualmente existen diseños inteligentes de tags e ingeniosas ideas se han generado para superar este problema.

Con los tags UHF, la tasa de velocidad de lectura de datos es bastante alta, a veces llega a más 1500 tags por segundo (para los nuevos tags Gen 2). Vamos a analizar los tags Gen 2 más adelante. Debido a los avances en diseño de los chips de los tags UHF éstos resultan menos costosos.

Los tags UHF pasivos generalmente se utilizan para identificar cajas y pallets y realizar su seguimiento en la cadena de suministro. Recientemente, se han utilizado para monitorear en tiempo real la cantidad de ítems en las góndolas inteligentes. Wal-Mart y el Departamento de Defensa de los EE.UU. iniciaron la revolución de RFID, exigiendo la utilización de tags pasivos UHF en cajas y pallets.

Diferentes regulaciones nacionales permiten utilizar diversas frecuencias UHF en la banda 860-960 MHz. En los E.E.U.U., la banda de frecuencia UHF permitida es 902 – 928 MHz (RFID POINT, 2021).

**2.2.6 Arduino.** Arduino es una plataforma de desarrollo basada en una placa electrónica de hardware libre que incorpora un microcontrolador reprogramable y una serie de pines hembra, los que permiten establecer conexiones entre el microcontrolador y los diferentes sensores y actuadores de una manera muy sencilla (principalmente con cables dupont).

Una placa electrónica es una PCB (“Printed Circuit Board”, “Placa de Circuito Impreso” en español). Las PCBs superficies planas fabricadas en un material no conductor, la cual costa de distintas capas de material conductor. Una PCB es la forma más compacta y estable de construir

un circuito electrónico. Así que la placa Arduino no es más que una PCB que implementa un determinado diseño de circuitería interna, de esta forma el usuario final no se debe preocupar por las conexiones eléctricas que necesita el microcontrolador para funcionar, y puede empezar directamente a desarrollar las diferentes aplicaciones electrónicas que necesite (Aduino, 2019).

**2.2.7 Módulo RFID RC522.** El módulo utiliza 3.3V como voltaje de alimentación y se controla a través del protocolo SPI, por lo que es compatible con casi cualquier microcontrolador, Arduino o tarjeta de desarrollo. El RC522 utiliza un sistema avanzado de modulación y demodulación para todo tipo de dispositivos pasivos de 13.56Mhz. El circuito MF RC522 es utilizado para comunicación inalámbrica a 13.56Mhz para escribir o leer datos de aplicaciones de bajo consumo de energía, bajo costo y tamaño reducido. Ideal para dispositivos portátiles o tarjetas.

Características:

- Corriente de operación: 13-26mA a 3.3V
- Corriente de standby: 10-13mA a 3.3V
- Corriente de sleep-mode: <80 $\mu$ A
- Corriente máxima: 30mA
- Frecuencia de operación: 13.56Mhz
- Distancia de lectura: 0 a 60mm
- Protocolo de comunicación: SPI
- Velocidad de datos máxima: 10Mbit/s
- Dimensiones: 40 x 60 mm

- Temperatura de operación: -20 a 80°C
- Humedad de operación: 5%-95%
- Máxima velocidad de SPI: 10Mbit/s (Naylamp, 2017).

**2.2.8 PYTHON.** Python es un lenguaje de programación interpretado que ha tomado bastante fuerza en los últimos años, especialmente en aplicaciones de desarrollo web, cálculo numérico, análisis de Big Data y en aplicaciones para algunas tarjetas de desarrollo como la famosa Raspberry Pi, entre otros usos. Al ser un lenguaje interpretado, no utiliza un compilador como otros lenguajes de programación como por ejemplo C++, Python por su parte utiliza un intérprete el cual se encarga de ir revisando el código línea a línea en tiempo de ejecución, lo que quiere decir que la validez del código se va revisando e interpretando al mismo tiempo que se está ejecutando el programa.

El éxito de Python y lo que ha hecho que su comunidad aumente tan rápido al pasar de los últimos años, radica en la sencillez de la sintaxis de su código, además de la flexibilidad y gran cantidad de módulos o librerías disponibles para realizar diferentes tareas.

A demás Python es un lenguaje de programación que está basado en el paradigma de programación orientada a objetos, con lo que se aumenta el potencial y versatilidad de este lenguaje. Sin embargo aunque sea enfocado a objetos también permite utilizar paradigmas de programación estructurada y programación funcional (Geek Electrónica, 2019).

## 2.3 Marco Legal

Eres libre de:

- Compartir: copia y redistribuye el material en cualquier medio o formato.
- Adaptarse: re mezclar, transformar y construir sobre el material
- Para cualquier propósito, incluso comercial.
- Esta licencia es aceptable para Obras Culturales Libres.

El licenciante no puede revocar estas libertades siempre que siga los términos de la licencia (Creative Commons, 2021).

Que el artículo 75 de la Constitución Política establece que el espectro electromagnético es un bien público inajenable e imprescriptible sujeto a la gestión y control del Estado, y se garantiza la igualdad de oportunidades en el acceso a su uso en los términos que fije la ley. Igualmente, dispone que, para garantizar el pluralismo informativo y la competencia, el Estado intervendrá por mandato de la ley para evitar las prácticas monopolísticas en el uso del espectro electromagnético (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, 2019).

Los artículos 101 y 102 de la Constitución Política establecen que el espectro electromagnético es un bien público que forma parte de Colombia y pertenece a la Nación (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, 2019).

El artículo 25 de la Ley 1341 de 2009 crea la Agencia Nacional del Espectro y posteriormente el Decreto-ley 4169 de 2011 señala que su objeto es brindar soporte técnico para la gestión, planeación y ejercicio de la vigilancia y control del espectro radioeléctrico (Ministerio

de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, 2019).

La Resolución número 442 de 2013 de la Agencia Nacional del Espectro actualizó el Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias y adoptó su contenido la Resolución número 357 de 2013 de la Agencia Nacional del Espectro atribuyó los rangos de frecuencias 894 MHz a 905 MHz y 942.5 MHz a 950 MHz y dictó otras disposiciones (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, 2019).

### **3. Diseño Metodológico**

El proyecto se realizó secuencialmente desarrollando los objetivos propuestos en el mismo.

#### **3.1 Recopilar Información del Estado Actual Control de Acceso de Personas Sistemas Embebidos y Tecnología RFID**

La información bibliográfica es relacionada a cada uno de los siguientes aspectos:

- Sistemas basados en tecnología RFID.
- Sistemas embebidos de alto nivel y bajo costo.

En el capítulo 2 correspondiste al “marco referencial”, en concreto en el apartado 2.1 “antecedentes” se presentan algunos proyectos con los aspectos descritos anteriormente. De igual manera, en el apartado 2.2 que corresponde al “marco teórico”, se evidencia cada uno de los conceptos requeridos para la implementación del sistema de control de acceso de personas empleando tecnología RFID.

#### **3.2 Diseñar el Sistema para el Control de Acceso de Personas Empleando Bases de Datos y Tecnología RFID**

Para el cumplimiento de la segunda actividad, y basados en la investigación previa, se propuso cinco etapas para el desarrollo del sistema, las cuales consisten en: análisis de contexto, selección de herramientas, diseño lógico, diseño electrónico y comprobación del mismo (ver figura 1).



**Figura 1. Diseño metodológico**

En el análisis de contexto se identificó: el lugar de realización del proyecto, y se ubicó los sectores de ingreso y egreso como fuentes de medida, los participantes recurrentes del área, las fuentes de conexión inalámbrica de red y los puntos de alimentación eléctrica. Después de obtener toda la información requerida para el desarrollo de la propuesta investigativa.

En la selección de herramientas se realizó empleando el método de matriz de selección hecha en la herramienta Microsoft Excel ya que al usar este método se pueden tomar decisiones en equipo utilizando criterios ponderados y acordados. Adicionalmente también sirve para asignar prioridades a problemas, tareas, soluciones u otras opciones posibles.

Debido a que la matriz de Selección proporciona un enfoque lógico a la elección de un conjunto de opciones, es ideal para elegir un problema. Así mismo es posible usarla para evaluar y disminuir una lista de soluciones potenciales para un problema (Bentancourt, 2018).

Ahora bien, se procede a la selección de las herramientas tecnológicas a utilizar mediante la comparación de diferentes parámetros a los cuales se les define un peso y luego se juzgan cada criterio entre sí contra todos los demás. Luego crear una matriz de pares, es decir hacer una tabla en la que se nombren las filas y columnas con cada uno de los criterios y comparar la importancia de cada uno de ellos contra los demás por medio de la siguiente escala como se observa en la (tabla 1).



**Tabla 1. Importancia según el valor asignado**

<b>Valor</b>	<b>Criterio</b>
10	Mucho más importante
5	Más importante
1	Igual de importante
1/5	Menos importante
1/10	Mucho menos importante

Además, se realiza una validación para agregar a una lista que se somete a una matriz de selección en donde se van a extraer las características más importantes de cada elemento, y de esta forma identificar el dispositivo electrónico y el software más óptimo para el trabajo.

Luego se realizaron dos matrices de selección para el hardware y una para el software. En nuestra primera matriz de selección, las herramientas de hardware comparadas fueron Arduino Mega, Arduino Uno, Arduino Nano, Arduino Leonardo. Los parámetros que se tuvieron en cuenta fueron: la velocidad de reloj, precio, disponibilidad de pines digitales y analógicos capacidad de memoria, RAM y FLASH. Así mismo, se definió una denotación para los parámetros y posteriormente se definió el peso de cada uno de estos parámetros como se puede apreciar en la tabla 2.

**Tabla 2. Denotación de los parámetros de las placas Arduino**

<b>Parámetros</b>	<b>Denotación</b>
Velocidad de reloj	A
Precio	B
Numero de pines digitales y analógico	C
Memoria RAM	D
Memoria FLASH	E

Para realizar la segunda matriz de selección, las herramientas de hardware comparadas fueron: Nexys 2 Spartan 3E, BeagleBone Black, Teensy 3.5 y Raspberry Pi 4b+. Así mismo en la tabla 3, se muestran los parámetros que se compararon que fueron los que se mencionan a continuación: cantidad de pines, velocidad de procesador, módulos Wi-fi, memoria RAM, variabilidad en puertos y por último precio y disponibilidad en el mercado.

**Tabla 3. Denotación de los parámetros de las diferentes placas**

<b>Parámetros</b>	<b>Denotación</b>
Cantidad de pines	A
Velocidad de procesador	B
Módulos Wi-fi	C
Memoria RAM	D
Variabilidad en puertos	E
Precio y disponibilidad en el mercado	F

Del mismo modo las herramientas de software comparadas fueron Python, Java, C# y PHP. Como se observa en la tabla 4, los parámetros que se compararon para la selección de la herramienta software fueron: tipo de licencia, disponibilidad de librerías, interpretación en entornos de desarrollo, especialización del software y conectividad con ofimática.

**Tabla 4. Denotación de los parámetros de software**

<b>Parámetros</b>	<b>Denotación</b>
Tipo de licencia	A
Disponibilidad de librerías	B
Interpretación en entornos de desarrollo	C
Especialización del software	D
Conectividad con ofimática	E

Los parámetros que se tuvieron en cuenta fueron la velocidad de procesador, precio, disponibilidad en el mercado, módulos Wi-fi variabilidad en puertos, cantidad de pines digitales y análogos, capacidad de memoria RAM. Así mismo, se definió una denotación para los parámetros y posteriormente se definió el peso de cada uno de estos parámetros como se puede observar en la Tabla 1 y 2.

Se evaluaron diferentes características de los microcontroladores Arduino, bajo parámetros de costo, disponibilidad, cantidad de pines. También se seleccionó el microprocesador, evaluando las tecnologías: Nexys 2 Spartan 3E, BeagleBone Black, Teensy 3.5 y Raspberry Pi 4B+, y de la cual se escogió la tecnología Raspberry Pi 4B+ como ordenador de placa simple, para el desarrollo del servidor utilizando los lenguajes de desarrollo Python, MySQL y HTML 5.

En el diseño lógico, se propuso diagramas de flujo que representaban la interacción del proceso, con los sistemas informáticos y electrónicos.

### **3.3 Desarrollar una Aplicación para el Control y Registro de Personas**

Para el desarrollo del servidor utilizando los lenguajes Python, MySQL y HTML 5. La librería “bottle” usa el puerto 8080 crea un servidor local, al que se puede acceder desde cualquier dispositivo como cliente y hacer peticiones, las cuales son respondidas desde el servidor, asimismo MySQL también crea un servidor para compartir la información en el puerto 3306, estos puertos TCP (Transmission Control Protocol) permiten la integración del sistema y dar forma a la arquitectura cliente servidor (Bencomo, 2021).

### **3.4 Evaluación del Sistema**

Para evaluar el sistema desarrollado se pidió un permiso a la alcaldía municipal de Bochalema por medio de una carta, (ver anexo 1), donde se pide permiso para instalar los equipos y se requiere la colaboración del personal para evaluar el diseño.

#### 4. Resultados

En este numeral, se muestran los resultados de la investigación, comenzando con las matrices de selección, que fueron aplicadas para elegir las herramientas adecuadas de acuerdo a las necesidades que presenta la investigación, driver de periféricos, hardware y software. Se escoge por su tipo de licencia y compatibilidad con los elementos anteriormente seleccionados la base de datos MySQL, se hizo una investigación de generalidades de la base de datos y se plasmaron algunas características, seguidamente se realizó el diseño de la base de datos dando satisfacción a la necesidad de guardar los datos teniendo en cuenta la diferencia de tiempo desde la entrada a la salida del personal, acto seguido se diseñan los diagramas de flujo puesto que el sistema se integra de tres partes las cuales son adquisición de datos, procesamiento de datos e interfaz gráfica. Se desarrolla el diagrama de flujo para cada ítem, del mismo modo, se elabora el diseño electrónico, basado en la comunicación SPI para controlar lo periféricos RC522 con el Arduino Mega y tener acceso a los datos suministrados por los diferentes tags. Igualmente, se realizó la comunicación serial entre el Arduino Mega y la placa Raspberry Pi 4B+, luego de tener las comunicaciones listas se integró el sistema. Para finalizar, se realizó la evaluación del sistema, la cual se hizo en la alcaldía municipal de Bochalema. Por consiguiente, se efectuó una caracterización de contexto, que consiste en numerar la cantidad de voluntarios en el proyecto investigativo y asignarles codificación según su área de trabajo y un código personal. La caracterización física consistió en la ubicación de los elementos ya antes mencionados. Para terminar evaluando el desempeño de la interfaz gráfica.

#### 4.1 Matriz de Selección para la Selección de Herramientas

En la selección del hardware teniendo en cuenta que se realizaron dos matrices de selección para este apartado, se obtuvo los siguientes pesos para cada parámetro descritos en la tabla 5.

**Tabla 5. Pesos de los parámetros a comparar para la primera matriz de hardware (placa Arduino)**

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>Suma</b>	<b>Factor</b>
A	X	1	1/5	1/10	1/5	1,50	0,030612245
B	1	X	5	1	1	8,00	0,163265306
C	5	1/5	X	1/10	1/5	5,50	0,112244898
D	10	1	10	X	1	22,00	0,448979592
E	5	1	5	1	X	12,00	0,244897959

Con 44,9% el parámetro con mayor ponderación lo obtuvo la memoria RAM, seguido por memoria FLASH con un 24,5%, adicionalmente con un 16,3% precio, luego con 11,2% para la memoria número de pines digitales y analógicos, y con un menor peso de 3,0% la velocidad del reloj.

Posteriormente, se realizó la comparación según la velocidad de reloj como se puede observar en la tabla 6.

**Tabla 6. Comparación de herramienta del parámetro con respecto a la velocidad de reloj (Arduino)**

	<b>Arduino Mega</b>	<b>Arduino Uno</b>	<b>Arduino Nano</b>	<b>Arduino Leonardo</b>	<b>Suma</b>	<b>Factor</b>
Arduino Mega	X	1	1	1	3	0.25
Arduino Uno	1	x	1	1	3	0.25
Arduino Nano	1	1	X	1	3	0.25
Arduino Leonardo	1	1	1	X	3	0.25

De igual manera, se hace con la comparación del precio como se puede evidenciar en la tabla 7.

**Tabla 7. Comparación de herramienta del parámetro precio (Arduino)**

	<b>Arduino Mega</b>	<b>Arduino Uno</b>	<b>Arduino Nano</b>	<b>Arduino Leonardo</b>	<b>Suma</b>	<b>Factor</b>
Arduino Mega	X	1/5	1/10	1/5	0,5	0,01519757
Arduino Uno	5	X	1/5	1	6,2	0,18844985
Arduino Nano	10	5	X	5	20	0,60790274
Arduino Leonardo	5	1	1/5	X	6,2	0,18844985

Del mismo modo, se realiza la comparación del parámetro disponibilidad de pines digitales y analógicos como se muestra en la tabla 8.

**Tabla 8. Comparación de herramienta del parámetro respecto a la disponibilidad de pines digitales y analógicos**

	<b>Arduino Mega</b>	<b>Arduino Uno</b>	<b>Arduino Nano</b>	<b>Arduino Leonardo</b>	<b>Suma</b>	<b>Factor</b>
Arduino Mega	X	10	10	5	25	0,66137566
Arduino Uno	1/10	X	1	1/5	1,3	0,03439153
Arduino Nano	1/10	1	X	1/5	1,3	0,03439153
Arduino Leonardo	1/5	5	5	X	10,2	0,26984127

Así mismo, se hace la comparación del parámetro de memoria como se refleja en la tabla 9.

**Tabla 9. Comparación de herramienta del parámetro respecto a la memoria RAM**

	<b>Arduino Mega</b>	<b>Arduino Uno</b>	<b>Arduino Nano</b>	<b>Arduino Leonardo</b>	<b>Suma</b>	<b>Factor</b>
Arduino Mega	X	10	10	5	25	0,66137566
Arduino Uno	1/10	X	1	1/5	1,3	0,03439153
Arduino Nano	1/10	1	X	1/5	1,3	0,03439153
Arduino Leonardo	1/5	5	5	X	10,2	0,26984127

Además, se realiza la comparación del parámetro de memoria RAM y FLASH como se puede apreciar en la tabla 10.

**Tabla 10. Comparación de herramienta del parámetro respecto a la memoria FLASH**

	Arduino Mega	Arduino Uno	Arduino Nano	Arduino Leonardo	Suma	Factor
Arduino Mega	X	10	10	10	30	0,82644628
Arduino Uno	1/10	X	1	1	2,1	0,05785124
Arduino Nano	1/10	1	X	1	2,1	0,05785124
Arduino Leonardo	1/10	1	1	X	2,1	0,05785124

Una vez hecha la comparación de las herramientas de hardware respecto a cada parámetro ya antes mencionado, se procedió a la elaboración de la matriz final de selección, multiplicando el factor obtenido en cada comparación, con el peso obtenido por el parámetro en la tabla 2. A continuación, se visualiza la matriz final de decisión para la primera herramienta de hardware en la tabla 11.

**Tabla 11. Matriz de decisión final para la selección de la primera herramienta de Hardware**

	A	B	C	D	E	Suma
Arduino Mega	0,007653061	0,002481236	0,074236044	0,296944174	0,202395008	0,58370952
Arduino Uno	0,007653061	0,030767322	0,003860274	0,015441097	0,014167651	0,07188941
Arduino Nano	0,007653061	0,099249426	0,003860274	0,015441097	0,014167651	0,14037151
Arduino Leonardo	0,007653061	0,030767322	0,030288306	0,121153223	0,014167651	0,20402956

Como puede observarse, con un porcentaje de 58,37%, la placa Arduino Mega fue seleccionada como una de las herramientas de hardware utilizadas en la implementación de este sistema. Las placas Arduino Leonardo con 20,40% y la placa Arduino nano con 14,04%, fueron



las herramientas que ocuparon el segundo y tercer lugar respectivamente. Mientras que con el 7,19%, la placa Arduino uno se ubicó en la última posición de esta selección, según las necesidades del proyecto.

De forma similar se realizó el mismo proceso para la segunda herramienta de hardware, primero se obtuvo el peso de cada parámetro a comparar definidos en la siguiente tabla 12.

**Tabla 12. Pesos a comparar de los parámetros para la selección de la segunda herramienta de hardware**

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>Suma</b>	<b>Factor</b>
A	X	1/10	1	1/10	1/10	1/5	1,50	0,01913265
B	10	X	1	5	10	1	27,00	0,34438776
C	1	1	X	1	5	1	9,00	0,11479592
D	10	1/5	1	X	5	1	17,20	0,21938776
E	10	1/10	1/5	1/5	X	1/5	10,70	0,13647959
F	5	1	1	1	5	X	13,00	0,16581633

Con 34,44 %, la velocidad de procesamiento fue el parámetro de mayor relevancia en esta selección, seguido por 21,94 % de memoria RAM disponible en el dispositivo; de igual manera, con 16,58 % el precio y disponibilidad en el mercado. Los otros parámetros restantes obtuvieron valores muy inferiores en comparación a los anteriores, con 13,65 %, 11,48 % y 1,91 % respectivamente, los módulos Wi-fi, variabilidad de puertos y la cantidad de pines fueron los aspectos de menor relevancia en la comparación.

En la tabla 13 se evidencia la comparación según el parámetro de cantidad de pines.

**Tabla 13. Comparación de herramienta del parámetro con respecto a la cantidad de pines**

	<b>RPi 4B+</b>	<b>BeagleBone Black</b>	<b>Nexys 2</b>	<b>Teensy 3.5</b>	<b>Suma</b>	<b>Factor</b>
RPi 4B+	X	1/10	1/10	1/5	0,40	0,010582011
BeagleBone Black	10	X	1	5	16,00	0,423280423
Nexys 2	10	1	X	5	16,00	0,423280423
Teensy 3.5	5	1/5	1/5	X	5,40	0,142857143

De igual forma, en la tabla 14 se puede observar la comparación hecha en relación a la velocidad de procesamiento.

**Tabla 14. Comparación de herramienta con respecto al parámetro de velocidad de procesamiento**

	<b>RPi 4B+</b>	<b>BeagleBone Black</b>	<b>Nexys 2</b>	<b>Teensy 3.5</b>	<b>Suma</b>	<b>Factor</b>
RPi 4B+	X	10	10	10	30,00	0,590551181
BeagleBone Black	1/10	X	10	5	15,10	0,297244094
Nexys 2	1/10	1/10	X	1/5	0,40	0,007874016
Teensy 3.5	1/10	1/5	5	X	5,30	0,104330709

Igual que, en la tabla 15 se visualiza la comparación de la herramienta de hardware, según la disponibilidad de módulos Wi-fi.

**Tabla 15. Comparación de herramienta con respecto al parámetro de disponibilidad de módulos Wi-fi**

	<b>RPi 4B+</b>	<b>BeagleBone Black</b>	<b>Nexys 2</b>	<b>Teensy 3.5</b>	<b>Suma</b>	<b>Factor</b>
RPi 4B+	X	1	10	10	21,00	0,472972973
BeagleBone Black	1	X	10	10	21,00	0,472972973
Nexys 2	1/10	1/10	X	1	1,20	0,027027027
Teensy 3.5	1/10	1/10	1	X	1,20	0,027027027

A continuación, en la tabla 16 se evidencia la comparación realizada entre la herramienta de hardware, según la memoria RAM disponible en el dispositivo.

**Tabla 16. Comparación de herramienta con respecto al parámetro de memoria RAM**

	<b>RPi 4B+</b>	<b>BeagleBone Black</b>	<b>Nexys 2</b>	<b>Teensy 3.5</b>	<b>Suma</b>	<b>Factor</b>
RPi 4B+	X	10	10	10	30,00	0,590551181
BeagleBone Black	1/10	X	10	5	15,10	0,297244094
Nexys 2	1/10	1/10	X	1/5	0,40	0,007874016
Teensy 3.5	1/10	1/5	5	X	5,30	0,104330709

Del mismo modo, en la tabla 17 se visualiza la comparación realizada entre la herramienta de hardware, siendo la variabilidad en puertos del dispositivo la variable a evaluar.

**Tabla 17. Comparación de herramienta con respecto al parámetro de variabilidad de puertos**

	<b>RPi 4B+</b>	<b>BeagleBone Black</b>	<b>Nexys 2</b>	<b>Teensy 3.5</b>	<b>Suma</b>	<b>Factor</b>
RPi 4B+	X	5	10	5	20,00	0,607902736
BeagleBone Black	1/5	X	5	1	6,20	0,188449848
Nexys 2	1/10	1/5	X	1/5	0,50	0,015197568
Teensy 3.5	1/5	1	5	X	6,20	0,188449848

De igual manera, en la tabla 18 se refleja la comparación realizada entre la herramienta de hardware, teniendo en cuenta el precio y la disponibilidad en el mercado.

**Tabla 18. Comparación de herramienta con respecto al parámetro de precio y disponibilidad en el mercado**

	<b>RPi 4B+</b>	<b>BeagleBone Black</b>	<b>Nexys 2</b>	<b>Teensy 3.5</b>	<b>Suma</b>	<b>Factor</b>
RPi 4B+	X	5	5	1/5	10,20	0,26984127
BeagleBone Black	1/5	X	1	1/10	1,30	0,034391534
Nexys 2	1/5	1	X	1/10	1,30	0,034391534
Teensy 3.5	5	10	10	X	25,00	0,661375661

Y finalmente realizada la comparación de las herramientas de hardware respecto a cada uno de los parámetros evaluados, se procedió a elaboración de la matriz final de selección, multiplicando el factor obtenido en cada comparación, con el peso obtenido por el parámetro en la tabla 3. A continuación, se muestra la matriz final de decisión para la segunda herramienta de hardware en la tabla 19.

**Tabla 19. Matriz de decisión para la selección de la segunda herramienta de hardware**

	A	B	C	D	E	F	Suma
RPi 4B+	0,00020	0,20338	0,05430	0,12956	0,08297	0,04474	0,51515
BeagleBone Black	0,00810	0,10237	0,05430	0,06521	0,02572	0,00570	0,26140
Nexys 2	0,00810	0,00271	0,00310	0,00173	0,00207	0,00570	0,02342
Teensy 3.5	0,00273	0,03593	0,00310	0,02289	0,02572	0,10967	0,20004

Como se puede apreciar con un porcentaje de 51,52 %, la placa Raspberry Pi 4 Model B+ fue seleccionada como la herramienta de hardware utilizada en la implementación de la propuesta investigativa. Además, las placas BeagleBone Black y Teensy 3.5 con 26.14 % y 20,00 %, fueron las herramientas que ocuparon el segundo y tercer lugar respectivamente, mientras que con el 2,34 %, la placa Nexys 2 Spartan 3E se ubicó en la última posición de esta selección.

**Tabla 20. Pesos a comparar de los parámetros para la selección de la herramienta de software**

	A	B	C	D	E	Suma	Factor
A	X	1	5	1	5	12,00	0,27210884
B	1	X	10	1	5	17,00	0,38548753
C	1/5	1/10	X	1/5	1	1,50	0,03401361
D	1	1	5	X	5	12,00	0,27210884
E	1/5	1/5	1	1/5	X	1,60	0,03628118

Al igual que en la selección de hardware, para la escoger la herramienta de software, en primer lugar, se obtuvo el peso de los parámetros a comparar definidos en la tabla 20. A

continuación, se muestran los valores obtenidos en la comparación.

Como se evidencia en la tabla 20, con 38.54 %, la disponibilidad de librerías fue el parámetro de mayor importancia en la selección, seguido por 27.21 % tanto del tipo de licencia como por la especialización del software en visión artificial. Con valores muy inferiores en comparación a los anteriores, con 3.4 %, la conectividad con ofimática y la interpretación en entornos de desarrollo fueron los aspectos con menor relevancia en la comparación.

Así mismo, cada uno de los parámetros previamente comparados sirven de referencia para la comparación entre las opciones de software. En la tabla 21, se muestra la comparación respecto valor de licencia del software u free license.

**Tabla 21. Comparación de herramienta de software con respecto al tipo de licencia**

	<b>Python</b>	<b>Java</b>	<b>C#</b>	<b>PHP</b>	<b>Suma</b>	<b>Factor</b>
Python	X	1	1	1	3	0,25
Java	1	X	1	1	3	0,25
C#	1	1	X	1	3	0,25
PHP	1	1	1	X	3	0,25

**Tabla 22. Comparación de herramientas de software con respecto a la disponibilidad de librerías**

	<b>Python</b>	<b>Java</b>	<b>C#</b>	<b>PHP</b>	<b>Suma</b>	<b>Factor</b>
Python	X	5	5	5	15	0,694444444
Java	1/5	X	1	1	2,2	0,101851852
C#	1/5	1	X	1	2,2	0,101851852
PHP	1/5	1	1	X	2,2	0,101851852

De igual manera, se muestra la comparación respecto a la disponibilidad de librerías en las opciones de software en la tabla 22.

Además, en la tabla 23, se muestra la comparación respecto a la interpretación en entornos de desarrollo.

**Tabla 23. Comparación de herramienta de software con respecto a interpretación en interpretación en entornos de desarrollo**

	<b>Python</b>	<b>Java</b>	<b>C#</b>	<b>PHP</b>	<b>Suma</b>	<b>Factor</b>
Python	X	1/5	1/5	1/5	0,6	0,027777778
Java	5	X	1	1	7	0,324074074
C#	5	1	X	1	7	0,324074074
PHP	5	1	1	X	7	0,324074074

Del mismo modo, en la tabla 24 se visualiza la comparación realizada entre la herramienta de software, siendo la especialización del software la variable a evaluar.

**Tabla 24. Comparación de herramienta de software con respecto a la especialización del software**

	<b>Python</b>	<b>Java</b>	<b>C#</b>	<b>PHP</b>	<b>Suma</b>	<b>Factor</b>
Python	X	5	5	5	15	0,60483871
Java	1/5	X	5	1	6,2	0,25
C#	1/5	1/5	X	1	1,4	0,056451613
PHP	1/5	1	1	X	2,2	0,088709677

**Tabla 25. Comparación de herramientas de software con respecto a la conectividad con ofimática**

	<b>Python</b>	<b>Java</b>	<b>C#</b>	<b>PHP</b>	<b>Suma</b>	<b>Factor</b>
Python	X	1	1	5	7	0,324074074
Java	1	X	1	5	7	0,324074074
C#	1	1	X	5	7	0,324074074
PHP	1/5	1/5	1/5	X	0,6	0,027777778

De manera análoga, en la tabla 25, se muestra la comparativa de herramientas de software respecto a su capacidad de conexión con ofimática.

Para concluir, realizada la comparación de las herramientas de software respecto a cada parámetro, se procedió a la elaboración de la matriz final de selección, multiplicando el factor obtenido en cada comparación, con el peso obtenido por el parámetro en la tabla 4. A continuación, se muestra la matriz final de decisión en la tabla 26 a continuación

**Tabla 26. Matriz de decisión final para la elección de la herramienta de software**

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>Suma</b>
Python	0,068027211	0,267699672	0,000944822	0,164581962	0,01175779	0,513011457
Java	0,068027211	0,039262619	0,011022928	0,068027211	0,01175779	0,198097758
C#	0,068027211	0,039262619	0,011022928	0,015360983	0,01175779	0,14543153
PHP	0,068027211	0,039262619	0,011022928	0,024138688	0,00100781	0,143459255

Como se logra evidenciar con el 51,30 %, Python fue escogido como la herramienta de software idónea para la implementación de la propuesta investigativa. Además, Java ocupó el segundo lugar respectivamente mientras que, C# y PHP con 19,81 % y 14,54 % fueron las herramientas que menos relevancia obtuvieron según las necesidades del proyecto.

Finalmente, definidas las herramientas de hardware y software requeridas, y en teniendo en cuenta la mejor relación costo-beneficio en el proyecto y sumado a la facilidad de acople con la placa de Arduino Mega, Raspberry Pi 4B+ y con Python, se definió el uso Raspberry Pi como ordenador de placa simple.

## 4.2 Características de MySQL

Este sistema de administración de base de datos (DBMS) es el lenguaje elegido y preferido por la mayoría de usuarios por sus grandes prestaciones, teniendo en cuenta que su licencia es libre (gratuita) lo cual lo hace asequible a cualquier usuario que desee utilizarlo y pueda crear modificaciones con mucha libertad descargando el código fuente, esto con el objetivo de ajustarlo a la preferencia de su uso. También destaca en su gran adaptación a distintos entornos de desarrollo, logrando así la interacción con otros lenguajes de programación como PHP, Java entre otros.

Este sistema de gestión de base de datos es de tipo relacional, esto significa que almacena los datos en tablas separadas en vez de mantener todos los datos en un archivo grande, lo que brinda mayor velocidad y flexibilidad. Estas tablas están vinculadas de manera específica, puesto que permite combinar y vincular diferentes datos en varias tablas.

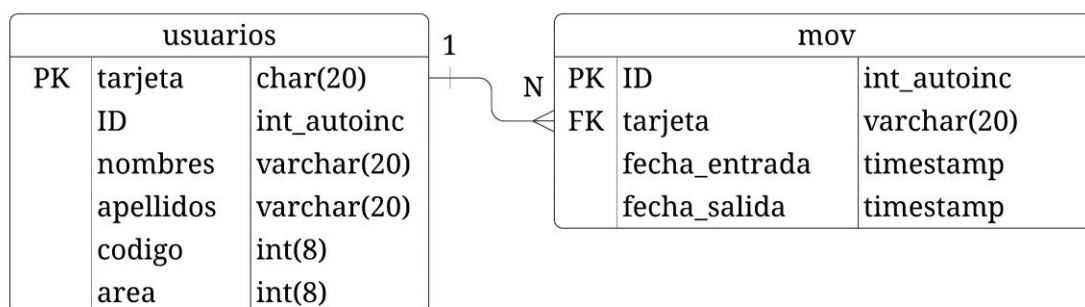
Algunas de sus ventajas más destacadas son su facilidad de uso, su velocidad, rendimiento, bajo coste en requerimientos para la ejecución del programa, su capacidad para conectar a muchos clientes, y en seguridad disponiendo de control de acceso.

## 4.3 Diseño de la Base de Datos

Debido a la necesidad de recopilar y guardar información de todos los registros del sistema, se optó por una base de datos en el software libre MySQL, basado en dos entidades, la entidad usuarios, que fue usada para guardar los 6 atributos de los participantes del área de prueba que fueron: tarjeta como llave primaria, ID, nombres, apellidos, código y área. La entidad mov se diseñó con cuatro atributos, tarjeta como llave foránea, ID como llave primaria, fecha de entrada



y fecha de salida, modelo diseñado a partir de (Mendoza & López, 2018), en una relación lógica de uno a muchos, como lo propone (Rocha, 2017), claramente representado en la (figura 2).



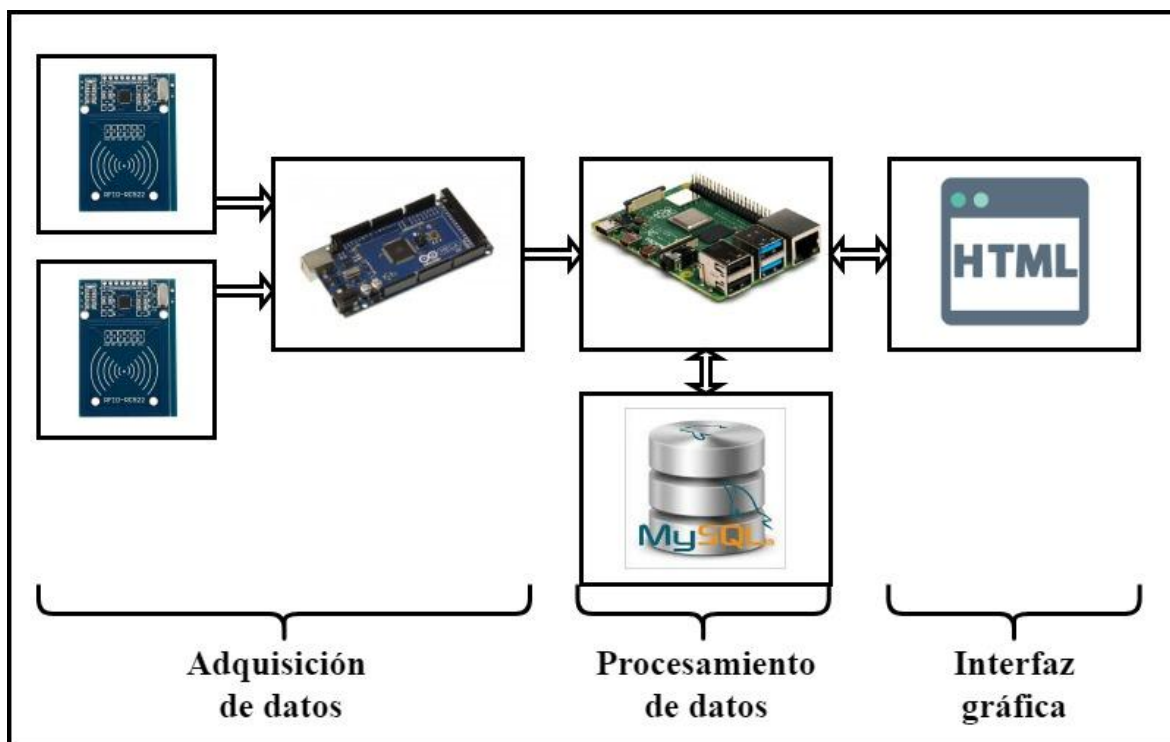
**Figura 2. Diseño lógico entidad relación de la base de datos**

#### 4.4 Diseño de los Diagramas de Flujo ‘Diseño de Algoritmos’

La arquitectura del sistema fue diseñada de forma modular, cada elemento con una tarea en específico, se tomaron las herramientas que fueron seleccionadas previamente por la matriz de selección; posteriormente se propuso un modelo de tres etapas. En primer lugar con la adquisición de datos, para la cual se tuvo en cuenta que se debe registrar tanto la entrada como la salida, problema que se resolvió recurriendo a la instalación de dos periféricos RC522 (para evitar errores de registro).

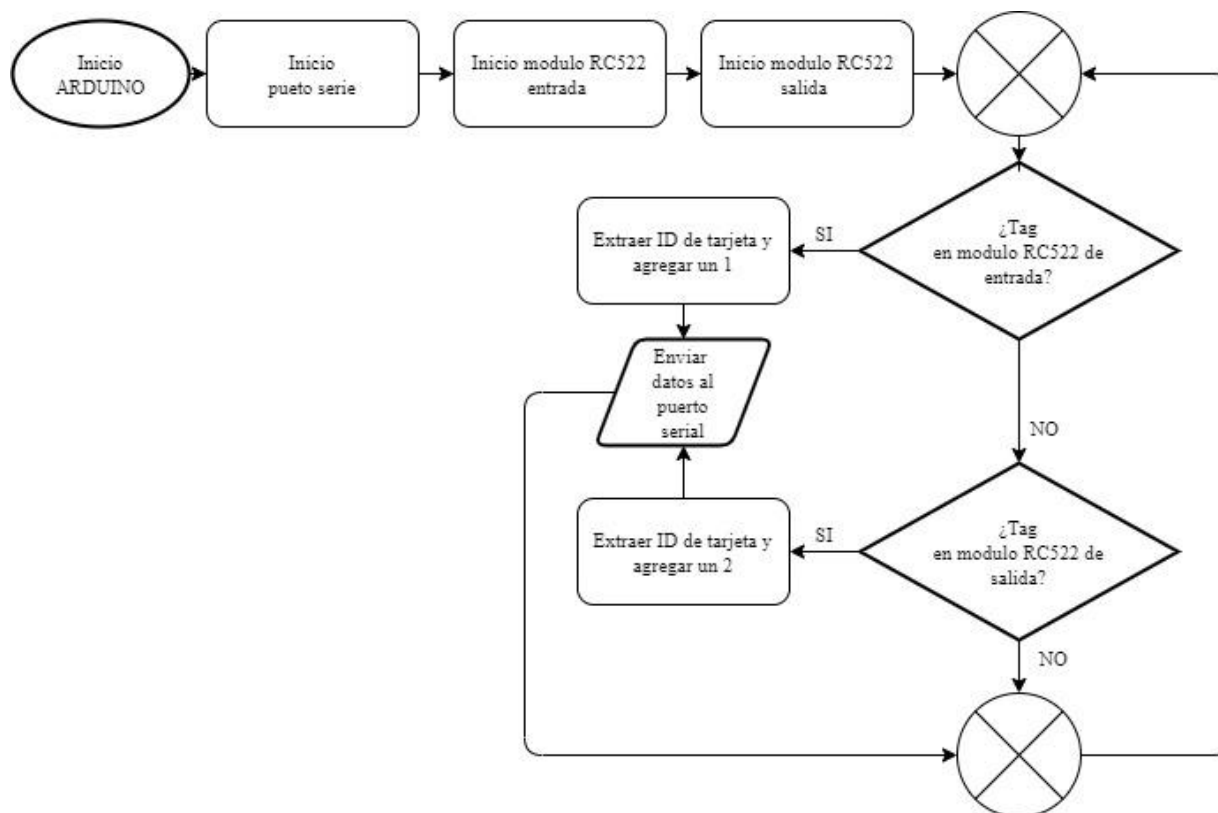
Para el procesamiento de datos se optó por una Raspberry Pi 4B+, en donde se almacenan todos los movimientos de los usuarios del área en una base de datos.

Y por último la visualización de la información se realizó por medio de una interfaz gráfica que se diseñó en HTML 5, para darle estilos y dinamismo a través de CCS 3 y JavaScript respectivamente alojándolos en la Raspberry Pi 4B+ como servidor hosting para acceder por medio de local host, mostrado en la (ver figura 3).



**Figura 3. Arquitectura del sistema**

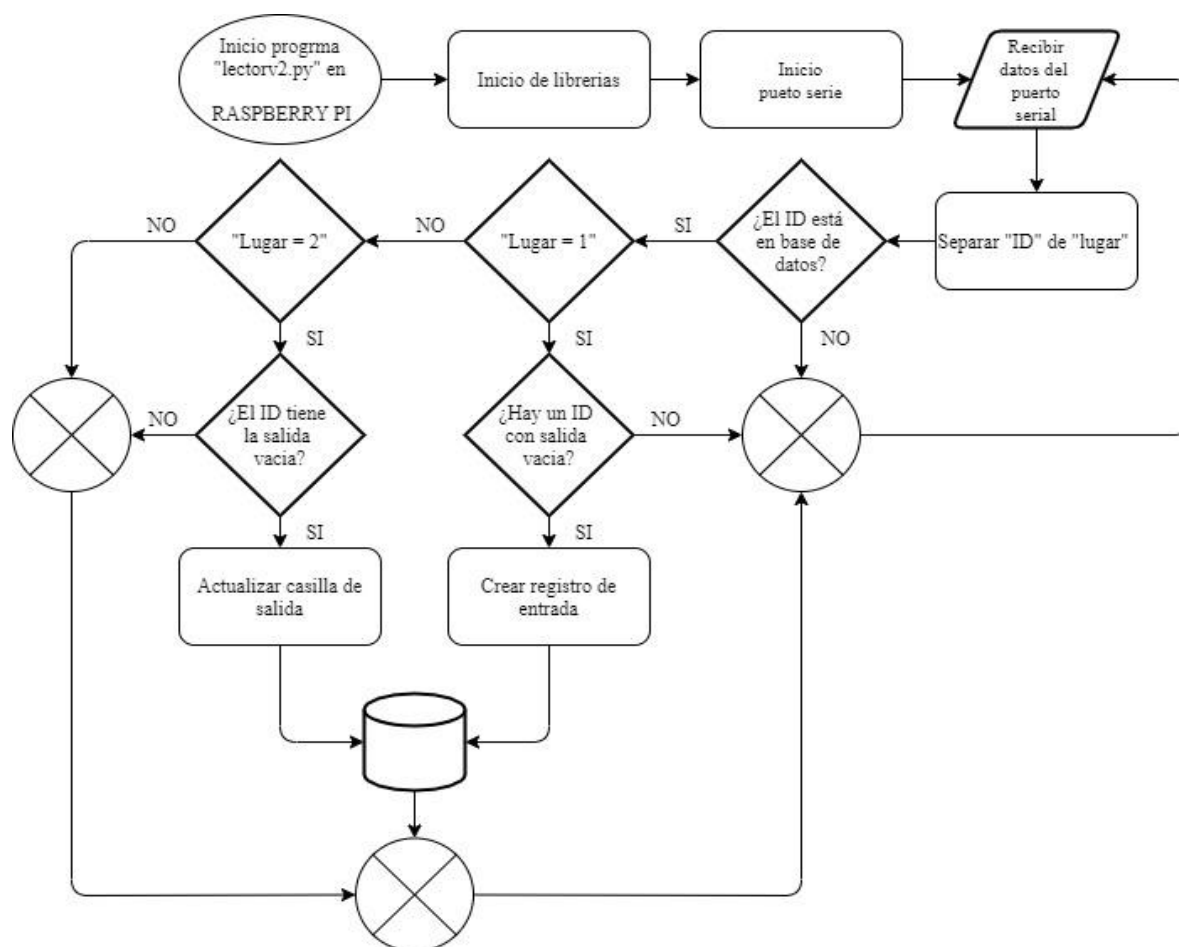
**4.4.1 Adquisición de datos.** La adquisición de datos se realizó con una placa Arduino Mega puesto que es un sistema embebido que cuenta con los protocolos de comunicación SPI(Serial Peripheral Interface) y el puerto serie (Barrett, 2013), que permite la comunicación del microcontrolador con los módulos RC522 y la Raspberry Pi 4B+, aprovechando el puerto serie tanto para comunicación como para energizar la placa Arduino Mega, esto implica que al ser energizada la placa Raspberry Pi 4B+, este alimenta el circuito de la placa basada en Arduino Mega dando inicio al programa interno de la misma, comenzando por las librerías, seguido del bucle infinito el cual analiza que la lectora de la que proviene el tag. Si el tag corresponde a la lectora de entrada, agrega un 1 al tag que posteriormente es enviado por el puerto serial. Ahora bien, si el tag es de la lectora de salida, agrega un 2 al tag que posteriormente es enviado al puerto serie, descrito en el diagrama de flujo de la (ver figura 4).



**Figura 4. Diagrama de flujo de la adquisición de datos**

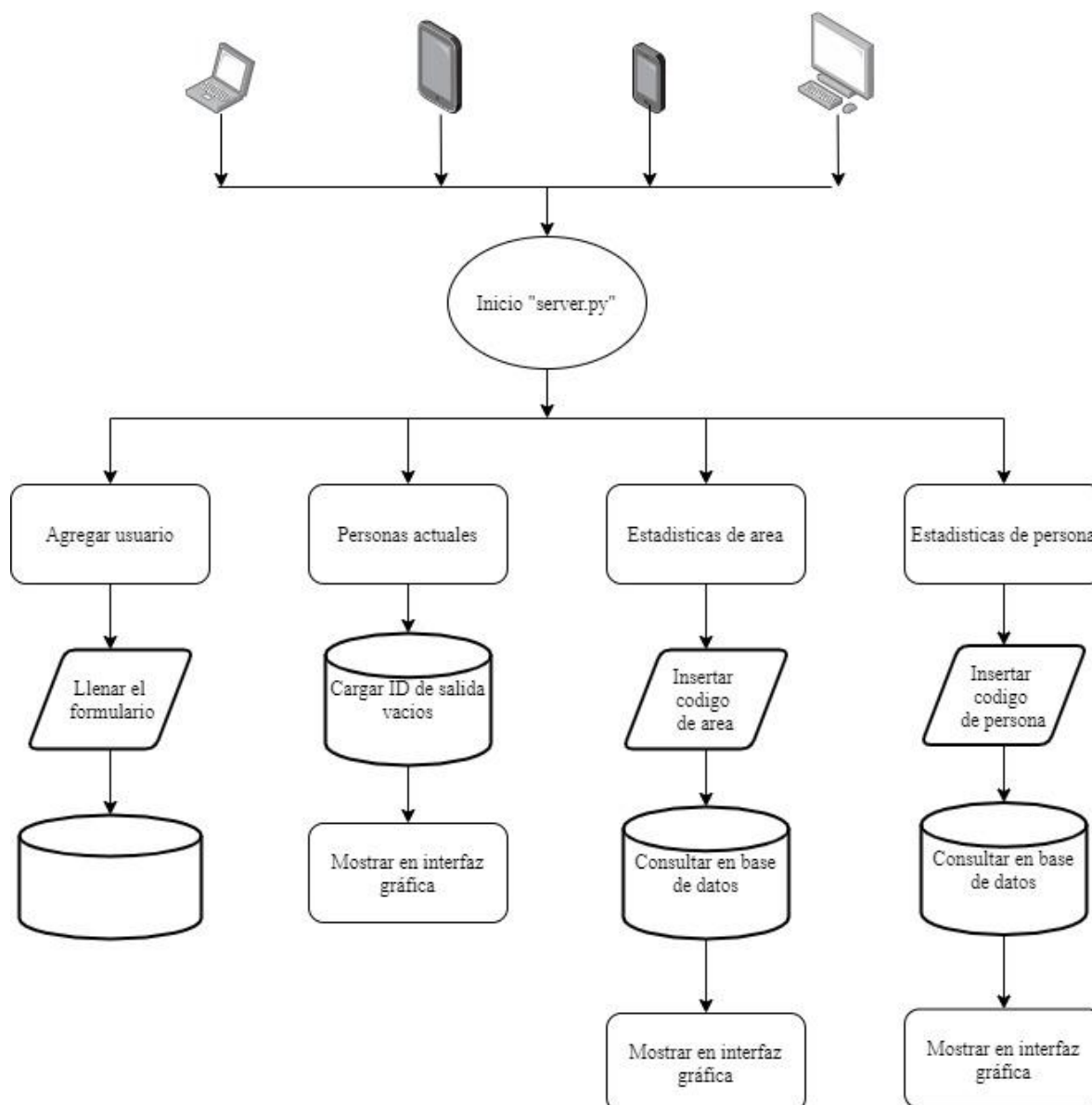
**4.4.2 Procesamiento de datos.** Se diseñó el diagrama de flujo de tal forma que al dar inicio al programa lectorV2.py se inician las librerías y el puerto serial, en el bucle infinito se separa el tag(ID) del lugar, se analiza en la base de datos si el tag se encuentra en ella, al verificar que el tag se encuentra en la base de datos, pasa a evaluar el lugar (recordando que se asigna el número 1 es para la entrada, para la salida se asigna el 2), si es 1, pasa a evaluar en la tabla de movimientos si hay un ID con la casilla de salida vacía, se crea un registro con el ID, la casilla de entrada con hora y fecha actual y la casilla de salida vacía, es guardado en la base de datos si ya existe un ID con la casilla de salida vacía, se devuelve a recibir los datos del puerto serie, si el lugar es 2, se busca el ID con la casilla de salida vacía y se actualiza dicha casilla con fecha y hora actual y se envía a la base de datos, si no hay casilla de salida vacía se reinicia el bucle

descrito en el diagrama de flujo de la (ver figura 5).



**Figura 5. Diagrama de flujo del procesamiento de datos**

**4.4.3 Diagrama de flujo de la interfaz gráfica.** La visualización de la información se realizó por medio de una interfaz gráfica que se diseñó en HTML 5, para darle estilos y dinamismo por medio de CCS 3 y JavaScript respectivamente alojándolos en la Raspberry Pi 4B+ como servidor hosting.



**Figura 6. Diagrama de flujo del interfaz grafico**

Para acceder al entorno grafico se recurre a un local host, al iniciar el programa en Python server.py ,el cual crea el servidor en local host permitiendo a cualquier dispositivo, ya sea computadora portátil, teléfono celular o Tablet, desde que esté conectado a la misma red de la placa Raspberry Pi 4B+ y tenga la posibilidad de abrir una página web, puede acceder al entorno gráfico, el cual cuenta con diferentes menús: Agregar usuarios, Personas actuales, Estadísticas de área y estadísticas de persona, representado en el diagrama de flujo de la (ver figura 6).

**4.4.3.1 Agregar usuario.** Se realizó un entorno gráfico donde se puede agregar los usuarios mediante un formulario llenado manualmente, además permite adicionar nuevos usuarios a la base de datos, con atributos como, nombres, apellidos, código de tarjeta, código de área y código de usuario, facilitando la labor de clasificar el usuario del sistema en áreas y de forma independiente.

**4.4.3.2 Personas actuales.** Se hizo un entorno gráfico diseñado para actualizarse automáticamente cada 2 segundos, este crea una tabla auxiliar que es visualizada en la página web, esta tabla contiene los usuarios que tienen el atributo fecha\_salida en null, identificando los usuarios que están dentro del área, basado en la siguiente lógica: quien se encuentra dentro del área, solo ha hecho log in.

**4.4.3.3 Estadísticas de área.** Crea una tabla con las estadísticas totales de cada área con código y nombre de área donde se visualiza el tiempo acumulado de cada área.

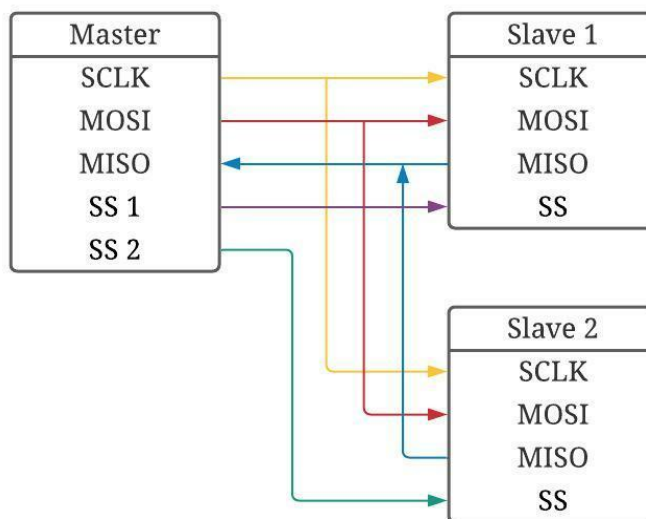
**4.4.3.4 Estadísticas de persona.** Cada usuario del sistema puede ser monitoreado y hacer su estadística personal a través de su código personal, que al ingresarlo en el formulario muestra en pantalla su estadística.

## **4.5 Diseño Electrónico**

El diseño electrónico se realizó comenzado por las conexiones de la comunicación seguido de la alimentación de las placas (Raspberry Pi 4B+ y placa basada en Arduino Mega), integrando dos elementos fundamentales en uno solo.

#### 4.5.1 Comunicación SPI entre la placa en Arduino Mega y el periférico RC522. Como se

muestra a continuación:

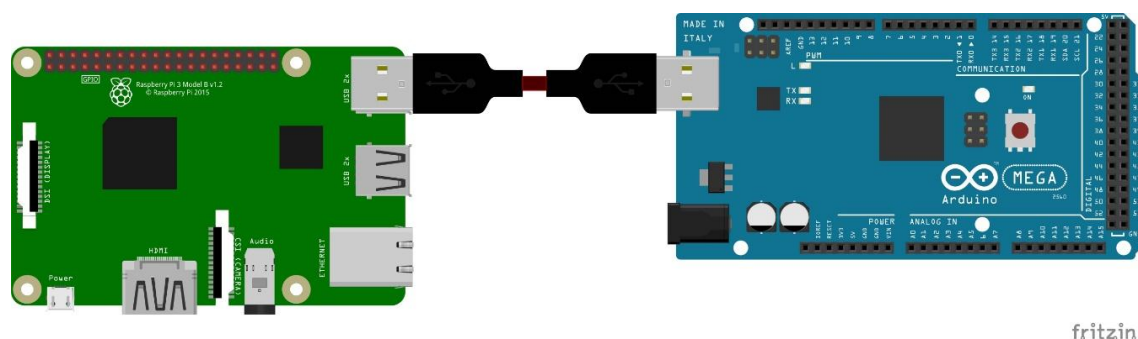


**Figura 7. Diagrama de comunicaciones SPI con múltiples periféricos**

Aprovechando la compatibilidad de la comunicación SPI (Serial Peripheral Interface) entre la placa Arduino Mega (Enríquez, 2009), y el periférico RC522, (Macas & Yáñez, 2021), se decidió optar por este protocolo de comunicación, desafortunadamente la placa Arduino Mega solo cuenta con un solo puerto SPI, lo que generó un nuevo problema, al consultar algunos repositorios se encontró que (Alrikabi et al., 2018), aprovechando el pin Slave Selector, como independiente para cada periférico, y compartiendo los otros pines, diseño presentado en la (figura 7), donde se resuelve el problema de la comunicación, de este modo, el maestro quedó configurado para administrar los periféricos esclavos.

**4.5.2 Comunicación serial entre la placa Arduino Mega y la Raspberry Pi 4B+.** Para incursionar en la comunicación de la placa Arduino Mega y la Raspberry Pi 4B+ se optó por comunicación serial con un cable USB tipo A-B, (Figura 8), dado que este cable tiene la

capacidad de alimentar eléctricamente el circuito de la placa Arduino Mega (Enríquez, 2009), supliendo las dos necesidades básicas: comunicación entre los dos sistemas embebidos, y la energización del circuito de la placa Arduino Mega, usando el puerto serial de cada uno de los sistemas embebidos y asignando la velocidad de los baudios, obtendremos la comunicación entre ellas. Para la placa Arduino Mega que fue programada a través del IDE de Arduino se abre el canal de comunicación con las siguientes instrucciones.



**Figura 8. Comunicación serial entre raspberry Pi 4B+ y arduino Mega**

En el “Setup sección” el código `Serial.begin` inicia la comunicación serial, que permitió comunicar los sistemas embebidos seleccionando 9600 baudios por segundo, que en el IDE de Arduino (Mora, Gómez, Ibáñez & Salcedo, 2015) quedando evidenciado en la (figura 9).

```
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
}
```

**Figura 9. Inicio puerto serial en el IDE de Arduino**

Por otra parte para establecer la comunicación serial de la placa Raspberry Pi 4B+ se recurrió al editor sublime 3, de Python 3, donde en primera medida se carga la librería y seguidamente se

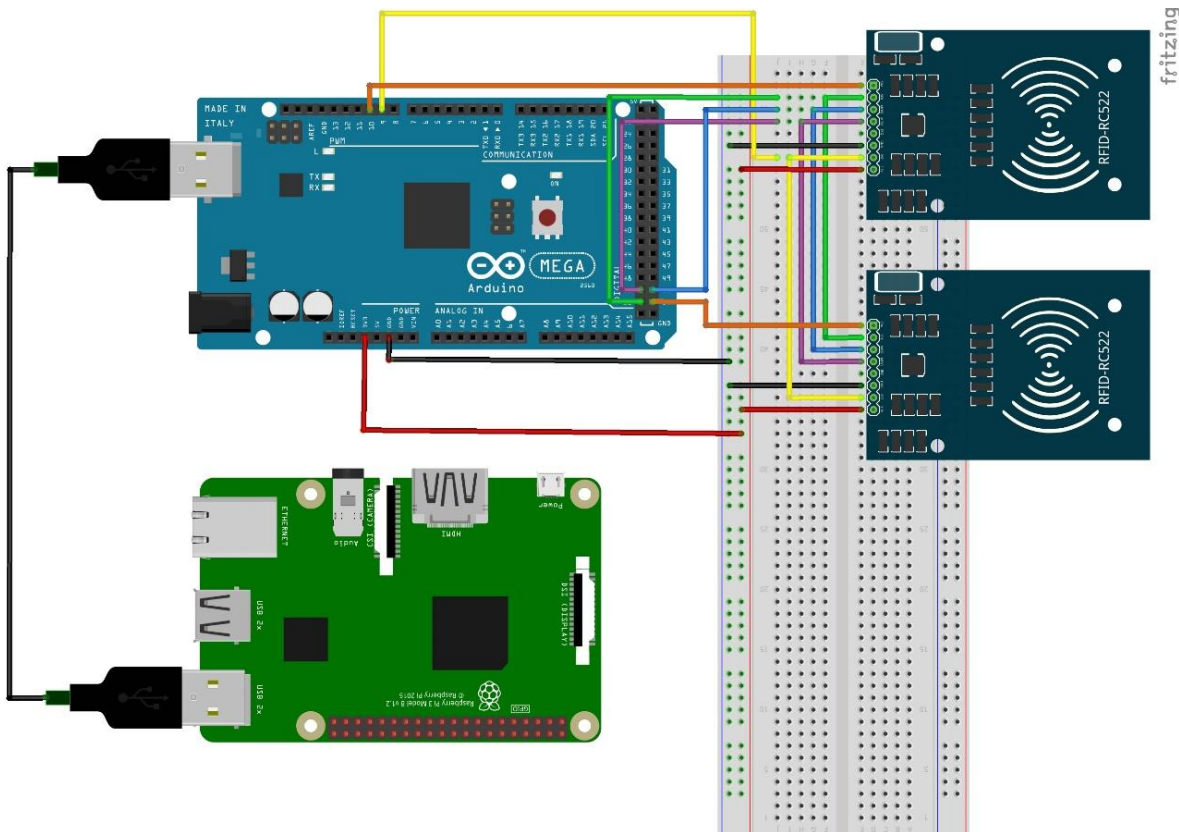


crea el objeto con la dirección del puerto y la velocidad de transferencia de 9600 baudios (Alee, 2013), (figura 10).

```
import serial
ser = serial.Serial('/dev/ttyUSB0',9600)
```

**Figura 10. Inicio del puerto serial a 9600 baudios en el editor Sublime 3**

**4.5.3 Integración del sistema.** La integración del sistema se evidencia a continuación:



**Figura 11. Conexión completa del sistema**

Para finalizar se hicieron las conexiones entre los periféricos RC522 con la placa Arduino Mega siguiendo los lineamientos del numeral 4.5.1, y seguido de ello se conectaron los dos sistemas embebidos con el cable USB A-B, y se ejecutan los programas en Python 3 según el

manual del usuario (anexo 2), y se obtiene como resultado la conexión completa del sistema, (figura11).

## 4.6 Evaluación del Sistema

En este numeral, se dio ejecución al sistema después de instalado en la Alcaldía municipal de Bochalema, donde se hizo la evaluación del sistema por aproximadamente un mes, donde se logró corroborar el correcto funcionamiento del mismo y se obtuvieron los siguientes resultados.

**4.6.1 Caracterización de contexto.** La caracterización de contexto se presenta de la siguiente manera:



ID	nombres	apellidos	tarjeta	codigo	area
1	WEIMAR LEONARDO	RODRIGUEZ PEÑA	49A5BA0F	110	110
2	WILMER	PEREZ BERMON	1912CF39	120	120
3	FABIOLA	CONTRERAS SILVA	F9540610	180	180
4	NATALY	ALBARRACIN	CB14134C	111	110
5	YULY ALEXANDRA	JIMENES	AC8643CC	112	110
6	MONICA DAYANA	MENDEZ	9C3B72CC	150	150
7	ELIZABETH	CACERES	5BE77A49	170	170
8	SANDRA	BERNAL	CC8668CC	171	170
9	ADQUIN	MONCADA	1CA551CC	113	110
10	MARLON	LAGUADO	9CDD50CC	114	110
11	DIANA	ZABALA	EC914FCC	121	120
12	LIBIA	LOPEZ	AC2222CC	122	120
13	DIEGO	JAIMES	EB147A49	123	120
14	CARLOS	CANO	8BDDAE1B	124	120
15	ALICIA	GAMBOA	79B65159	115	110
16	DOUGLAS	SEPULVEDA	7A843716	100	100
*	(Auto)	(NULL)	(NULL)	(NULL)	(NULL)

**Figura 12. Tabla de los participantes del palacio municipal en SQLyog**

Se indagó el número de participantes del área de pruebas (Alcaldía del Municipio de Bochalema), aplicando a 16 funcionarios los cuales fueron separados en seis áreas por total,

asignando a cada uno su respectivo código personal y de área, esta clasificación permitió acceder a la información individual y de grupo, agregándolos a una tabla basado en el diseño de la base de datos del numeral 4.3, que al ser visualizada en el gestor de base de datos SQLyog (Valdivieso, 2009), se logró observar los individuos como en la (figura 12), siendo caracterizadas las áreas en la tabla 27.

El palacio municipal cuenta con diferentes dependencias administrativas, se separó cada una de las dependencias con un código a fin de facilitar las estadísticas por área, y fueron separadas conforme se puede apreciar en la tabla 27.

**Tabla 27. Codificación de las áreas del palacio municipal**

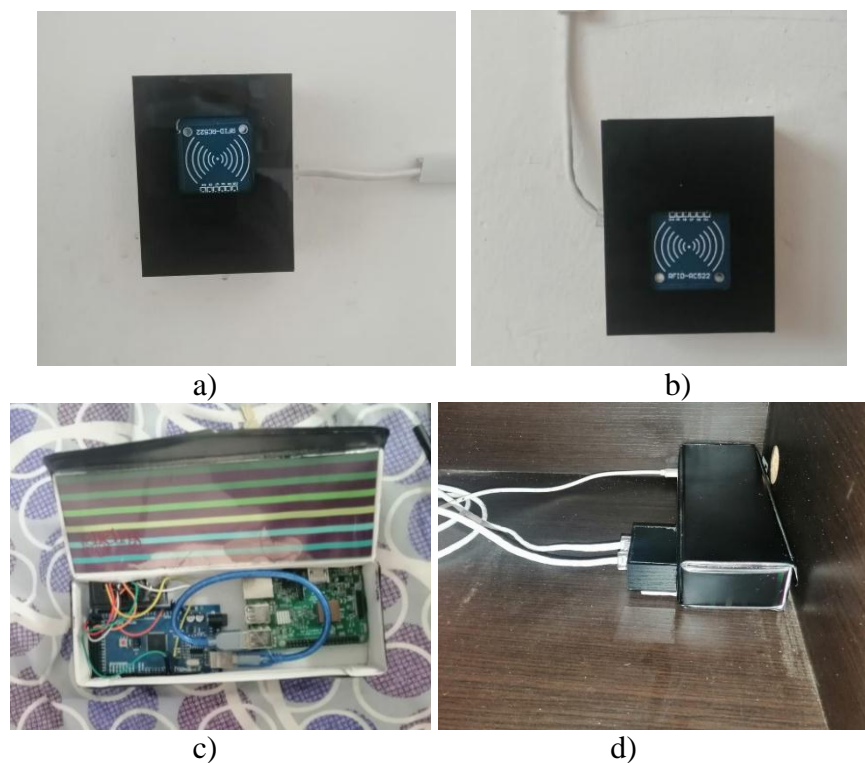
<b>Código</b>	<b>Área administrativa</b>
100	Despacho municipal
110	Secretaría Municipal
120	Planeación municipal
150	Tesorería
170	Inspección de policía
180	Unidad de servicios Públicos

**4.6.2 Caracterización física.** En este numeral, se tiene en cuenta que hay solo un acceso para las diferentes dependencias administrativas del palacio municipal, en donde se decidió instalar los periféricos de entrada y salida evidenciado en la (figura 13), teniendo en cuenta que el alcance de lectura de cada de periférico es de 60mm (Barcenes, 2017). Por esa razón, los periféricos se instalan a 2 metros lo que asegura, que no habrá interferencia de un periférico a otro y permite el paso del personal.



**Figura 13. Periféricos en la entrada del palacio municipal**

Dando una mirada más profunda a los periféricos, en la entrada (figura 14a), y en la salida (figura 14b), donde cada uno de los participantes del área tuvieron que hacer log-in para registrar su entrada y log-out para registrar su salida. Esto permitió ver la diferencia de tiempo con la cual se realizaron las diferentes estadísticas ya sea por área o por usuario. Por lo tanto, lo ya antes mencionado está conectado al sistema embebido (figura 14c) y se elaboró un case para protegerlo del polvo, la humedad y los golpes a dicho sistema (figura 14d).



**Figura 14. Periféricos y case**

**4.6.3 Interfaz grafica.** Este criterio fue cumplido en HTML (como lenguaje de etiquetas), CCS (como lenguaje de estilos), JavaScript (dinamismo muestra u oculta ventanas y administra la información), todo como Front-end (Hernández, 2021). Python (administra los periféricos y agrega y hace consultas en la base de datos), MySQL (para guardar los datos los cuales pueden ser requeridos en cualquier momento), como Back-end (Valdivia, 2021), quien hace posible la interacción entre estos dos componentes es el uso de la apiDB, que permitió la administración de la base de datos (San, Thwin & Htun, 2019).

**4.6.3.1 Index.** Todo esto se combinó con la librería “bottle” creando un servidor como “localhost” lo que proporciona la facilidad de acceder desde cualquier dispositivo en el cual se pueda navegar por Internet (Android, Windows, Raspbian, macOS, etc..), por medio del puerto

“8080”, esto permitió acceder desde cualquier dispositivo al interfaz gráfico cargando el Index con solo digitar en el buscador “localhost:8080” ó la dirección IP de la Raspberry Pi 4B+ con su respectivo puerto “192.168.101.156:8080” (Conde, 2018), como en la (figura 15).



**Figura 15. Acceso al index desde windows8.1 por el navegador Google Chrome**

Este Index presenta la pantalla de bienvenida con sus respectivos menús:

- Inicio (Index).
- Agregar usuario.
- Personas actuales.
- Estadísticas de área.
- Estadísticas de persona.

**4.6.3.2 Agregar usuario.** Este menú está diseñado en forma de formulario, en cual se diligencian los datos como nombres, apellidos, código de tarjeta y código personal, el cual se usa

para agregar nuevos usuarios al sistema evidenciado en la (figura 16).



The image shows a web browser window with the address bar displaying "No es seguro | 192.168.101.156:8080/agregarUsuario.html". The main content area has a dark background with the title "REGISTRO DE USUARIOS" in white. Below the title, it says "ALCALDIA" in a blue bar and "Bochalema / Norte de Santander" in white. The form consists of four input fields: "Nombre" with the placeholder "Escriba sus nombres", "Apellido" with "Escriba sus apellidos", "Tarjeta ID" with "Código de la tarjeta", and "Codigo" with the value "0". A white "AGREGAR" button is at the bottom left. In the bottom right corner, there is a "Activar Windows" watermark with the text "Ir a Configuración de PC para activar Windows."

**Figura 16. Interfaz gráfica agregar usuario**

**4.6.3.3 Personas actuales.** En este menú, se pudo visualizar los participantes de las diferentes áreas con su respectiva fecha y hora de ingreso, esta página se refresca cada dos segundos, aportando información en tiempo real de quienes entran y quienes salen del palacio municipal, en el interfaz de la (figura 17) se aprecia quienes estaban dentro de la alcaldía en el momento de tomar la captura y los que están fuera no son de importancia por tal razón no aparecen en la figura ya antes mencionada.



Estadísticas de Persona

ALCALDIA  
Bochalema / Norte de Santander

Fecha y hora	Nombre	Apellido
2021-05-19 13:54:27	ALICIA	GAMBOA
2021-05-19 14:26:41	CARLOS	CANO
2021-05-19 13:54:24	DIANA	ZABALA
2021-05-19 14:26:39	MARLON	LAGUADO
2021-05-19 07:59:19	MONICA DAYANA	MENDEZ
2021-05-19 07:57:25	SANDRA	BERNAL

Activar Windows  
Ir a Configuración de PC para activar Windows.

2:34 p. m.  
19/05/2021

Figura 17. Interfaz de estadísticas de persona

#### 4.6.3.4 Estadísticas de área. La estadística de área se muestra a continuación:

Estadísticas Area

ALCALDIA  
Bochalema / Norte de Santander

Codigo area	Tiempo total
110	5 days, 5:45:51
120	5 days, 13:48:24
150	1 day, 3:06:54
170	5 days, 2:07:04
180	1 day, 15:44:19

Activar Windows  
Ir a Configuración de PC para activar Windows.

2:39 p. m.  
19/05/2021

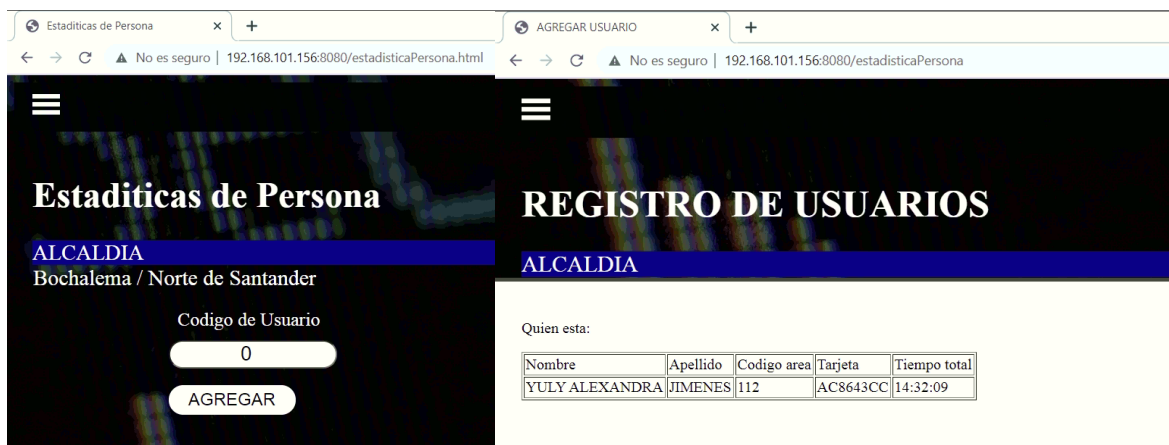
Figura 18. Interfaz estadística de área

En este menú se cargó una interfaz donde se mostraron como resultado el tiempo acumulado de cada área según su código de área. Ejemplo: si dos usuarios de código de área 110 acumulan



en un día ocho horas cada uno, arrojaría diez y seis horas totales, así se puede observar en la (figura 18).

#### 4.6.3.5 Estadística de persona. La estadística de personas se muestra a continuación:



**Figura 19. Interfaz estadística personal**

Este último menú en primera instancia carga una página de interacción con el usuario donde se digita el código de usuario, al pulsar el botón agregar, carga una nueva página donde se visualiza el tiempo acumulado del funcionario al cual pertenece su código personal como muestra en la (figura 19).

## 4.7 Divulgación

Los resultados obtenidos en la implementación de la presente propuesta investigativa fueron presentados a la comunidad académica y científica de la siguiente forma.

Ponencia en modalidad poster titulada “Análisis de herramientas para supervisar el acceso de personas a la biblioteca Eduardo Cote Lamus utilizando tecnología RFID” en el evento VII Semana Internacional de Ciencia, Tecnología e Información (ver anexo 3 y 4).

Ponencia en modalidad presentación titulada “Caracterización para la implementación de prototipo de control de acceso a personas en lugares de alta dinámica poblacional” en el evento International Meeting on Mathematics Education (ver anexo 5).

Publicación en la revista científica “Eco Matemático” de la Universidad Francisco de Paula Santander, del artículo científico titulado “Análisis de herramientas para gestión bibliográfica y control de acceso utilizando tecnología RFID” (ver anexo 6).

Adicionalmente, se pasó el registro del software denominado ACCESS LFRFID, ante la vicerrectoría asistente de investigación y extensión el cual se encuentra en trámite.

## 5. Conclusiones

Las tecnologías NFC como el RFID contribuyen a evitar la propagación de la reciente Covid 19, debido a que es una tecnología sin contacto, permitiendo a cada usuario llevar un tag pasivo que se puede usar para la identificación dentro del sistema.

El sistema es efectivo porque logra los resultados esperados a bajo costo.

Los sistemas que utilizan tecnología RFID tienen un gran potencial, próximamente las organizaciones tendrán la necesidad de contar con estos sistemas, reduciendo el error humano y dando dinamismo a la operación y la gestión logística, debido a la capacidad de administración de datos y la velocidad de procesamiento.

Dado que el sistema es de tipo modular se le pueden agregar diferentes periféricos, como sensor lector de huella dactilar o cámara, también siendo compatibles con la base de datos presentando mayores ventajas y seguridad,

Se comprobó que por medio de tecnologías de la información en una interfaz web multiplataforma, se evita la instalación de aplicaciones en los dispositivos para la gestión de control de acceso, puesto que el requisito para acceder a la interfaz del sistema es tener un navegador web y estar conectado a la misma red Wi-fi de la placa Raspberry Pi 4B+, lo que facilita administrar en tiempo real el seguimiento de las personas y áreas.

El sistema de control de accesibilidad diseñado, es un sistema robusto, este cumple a cabalidad la finalidad para la cual se desarrolló teniendo como insignia el bajo costo de las herramientas y software empleados.

Con la utilización de la tecnología RFID como mecanismo de lectura de los tags, se logró un registro de manera automática de los códigos de cada una de estas, que a su vez es el primer paso para la creación de estrategias que ayuden a mitigar la propagación del Covid 19 de manera local.

## 6. Recomendaciones

El contexto de desarrollo y del aplicativo tendrá un aumento dentro del ámbito del IOT, debido a que esta tecnología ofrece un enfoque análogo con una mirada descriptiva del sistema mejorando así la adaptabilidad e implementación de acuerdo a las nuevas necesidades de la industria.

Para mejorar aún el sistema en el ámbito de la seguridad, es necesario adicionar biometría y reconocimiento facial ya que, de esta forma se puede verificar al usuario con un grado de confidencialidad de hasta el 100%.

Los periféricos de entrada y salida tienen un alcance de lectura de hasta seis centímetros, al instalar estos a una distancia de dos metros, se garantiza que no ocurrirán interferencias, permitiendo de esta manera el paso del personal con el distanciamiento mínimo de un metro y medio sin ningún problema ayudando a reducir la propagación del Covid 19.

Para lograr crear la comunicación serial de la placa micro controladora Arduino Mega y Raspberry Pi 4B+, se sugiere usar un cable USB tipo A-B, dadas las características de los puertos de las placas. Dentro de la programación es necesario seleccionar el Baud Rate, para este trabajo investigativo se usó 9600 baudios.

Doscientos milisegundos entre lectura de los tags es suficiente para dar la impresión al usuario de un registro en tiempo real.

### Referencias Bibliográficas

- Akbar, M., Sarker, P., Mansoor, A., Al Ashray, A. & Uddin, J. (2019). Face Recognition and RFID Verified Attendance System. *Electronics and Communications Engineering*, 4(2), 168-172. <https://doi.org/10.1109/iCCECOME.2018.8658705>
- Alee, R. (2013). *Reading data from a digital multimeter using a Raspberry pi*. Recuperado de: <http://www.theseus.fi/handle/10024/69947>
- Allah, O. A., Abdalla, S., Mekki, M., & Awadallah, A. (2018). RFID based Access Control and Registration System. *International Conference on Computer, Control, Electrical, and Electronics Engineering*, 2(1), 1-4. <https://doi.org/10.1109/ICCCEEE.2018.8515794>
- Alrikabi, H., Alaidi, A. & Faisal, A. (2018). *Attendance System Design and implementation based on Radio Frequency Identification (RFID) and Arduino*. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/328051941\\_Attendance\\_System\\_Design\\_and\\_implementation\\_based\\_on\\_Radio\\_Frequency\\_Identification\\_RFID\\_and\\_Arduino](https://www.researchgate.net/publication/328051941_Attendance_System_Design_and_implementation_based_on_Radio_Frequency_Identification_RFID_and_Arduino)
- Arduino. (2019). *¿Que es Arduino? ~ Arduino.cl - Plataforma Open Source para el desarrollo de prototipos electrónicos*. Recuperado de: <http://arduino.cl/que-es-arduino/>
- Bakht, K., Din, A. U., Shehzadi, A. & Aftab, M. (2019). *Design of an Efficient Authentication and Access Control System Using RFID*. Recuperado de: <https://www.semanticscholar.org/paper/Design-of-an-Efficient-Authentication-and-Access-Bakht-Din/d94adbfd267f61f2e4af2ba3a6fd747decff234a>
- Barcenes, S. (2017). *Diseño de un sistema de registro y alerta aplicando tecnología RFID a los alumnos de educación inicial de la Escuela de Educación Básica Particular “República de*

*Bélgica” en la ciudad de Guayaquil*. Tesis de grado. Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.

Barrett, S. F. (2013). Arduino Microcontroller Processing for Everyone! Third Edition. *Synthesis Lectures on Digital Circuits and Systems*, 43(4), 1–515.

<https://doi.org/10.2200/S00522ED1V01Y201307DCS043>

Battaglia, F., Iannizzotto, G. & Lo Bello, L. (2017). A person authentication system based on RFID tags and a cascade of face recognition algorithms. *Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 27(8), 1676–1690.

<https://doi.org/10.1109/TCSVT.2016.2527299>

Benamara, M., Grzeskowiak, M., Salhi, M., Lissorgues, G., Diet, A. & Le Bihan, Y. (2017).

*Array sub-loops reader antenna for HF RFID tracking*. Recuperado de: <https://hal-centralesupelec.archives-ouvertes.fr/hal-01691631/document>

Bencomo, K. (2021). *Internet de las Cosas en dispositivos de bajo coste*. Tesis de grado. Escuela superior de Ingeniería y tecnología Universidad de la Laguna. La Laguna, España.

Bentancourt, D. (2018). *Cómo hacer una matriz de priorización*. Recuperado de:

<https://www.ingenioempresa.com/matriz-de-priorizacion/>

Bonilla, I., Tavizon, A., Morales, M., Guajardo, L. & Laines, C. (2016). *IOT, el internet de las cosas y la innovación de sus aplicaciones*. Recuperado de:

[http://www.web.facpya.uanl.mx/vinculategica/Revistas/R2/2313-2340%20-](http://www.web.facpya.uanl.mx/vinculategica/Revistas/R2/2313-2340%20-%20Iot,%20El%20Internet%20De%20Las%20Cosas%20Y%20La%20Innovacion%20De%20Sus%20Aplicaciones.pdf)

[%20Iot,%20El%20Internet%20De%20Las%20Cosas%20Y%20La%20Innovacion%20De%20Sus%20Aplicaciones.pdf](http://www.web.facpya.uanl.mx/vinculategica/Revistas/R2/2313-2340%20-%20Iot,%20El%20Internet%20De%20Las%20Cosas%20Y%20La%20Innovacion%20De%20Sus%20Aplicaciones.pdf)

Cali, F. (2020). *Control de asistencia de estudiantes mediante dispositivos biometricos rfid en la universidad estatal del sur de manabí*. Tesis de grado. Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa, Ecuador.

Conde, D. (2018). *Inteligencia artificial con TensorFlow para predicción de comportamientos*. Tesis de grado. Universidad de Sevilla. Sevilla, España.

Creative Commons. (2021). *Reconocimiento-CompartirIgual 4.0 Internacional - CC BY-SA 4.0*. Recuperado de: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

Enríquez, R. (2009). *Guía de Usuario de Arduino*. San Francisco, California: Universidad de Córdoba.

Geek Electrónica. (2019). *¿Qué es python?*. Recuperado de: <https://geekelectronica.com/que-es-python/>

Hernández, K. (2021). *Backend y Frontend, ¿Qué es y cómo funcionan en la programación?* Recuperado de: <https://www.servnet.mx/blog/backend-y-frontend-partes-fundamentales-de-la-programación-de-una-aplicación-web>

Hoang, V., Dang, V., Nguyen, T. & Tran, D. (2018). A solution based on combination of RFID tags and facial recognition for monitoring systems. *Conference on Information and Computer Science (NICS)*, 53(9), 384–387. <https://doi.org/10.1109/NICS.2018.8606895>

Ioannidis, P. (2021). Infection fatality rate of COVID-19 inferred from seroprevalence data. *Bulletin of the World Health Organization*, 99(1), 19-33. <https://doi.org/10.2471/BLT.20.265892>



- Kim, S., Lim, D. & Ryoo, Y. (2017). Design of HF-band RFID antenna for automated guided vehicular robot. *International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence*, 27(3), 328–330. <https://doi.org/10.1109/URAI.2017.7992743>
- López, E., Arango, D. & Moreno, D. (2012). Prototipo para el control y ubicación de artículos en inventarios por medio de un carro grúa y RFID Prototipe for the handling of stocks based on a forklift and RFID. *Prospectiva*, 10(2), 18–27.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.15665/rp.v10i1.392>
- Macas, A. & Yáñez, A. (2021). *Definición del ciclo de vida del cyberbullying basado en modelamiento de tópicos*. Tesis de grado. Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador.
- Malca, S. (2015). *Modelo algorítmico para la clasificación de una hoja de planta en base a sus características de forma y textura*. Recuperado de:  
<http://www.web.facpya.uanl.mx/vinculategica/Revistas/R2/2313-2340> - Iot, El Internet De Las Cosas Y La Innovacion De Sus Aplicaciones.pdf
- Mehta, S., Grant, K., Atlin, C. & Ackery, A. (2020). Mitigating staff risk in the workplace: The use of RFID technology during a COVID-19 pandemic and beyond. *BMJ Health and Care Informatics*, 27(3), 100- 230. <https://doi.org/10.1136/bmjhci-2020-100230>
- Mendoza, A. & López, R. (2018). *Base de Datos*. Recuperado de:  
<http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/151632>
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2019). *Resolucion 0181 2019por medio de la cual se simplifica el marco normativo relacionado con la planeación y atribución del espectro radioeléctrico*. Recuperado de:

[https://normograma.mintic.gov.co/mintic/docs/resolucion\\_ane\\_0181\\_2019.htm](https://normograma.mintic.gov.co/mintic/docs/resolucion_ane_0181_2019.htm)

Mora, D., Gómez, A., Ibáñez, Y. & Salcedo, J. (2015). Integración de los sistemas embebidos Raspberry Pi y Arduino para el manejo de un brazo robótico mediante una aplicación Android. *Revista Épsilon*, 1(25), 1-15. Recuperado de:  
<https://ciencia.lasalle.edu.co/ep/vol1/iss25/4>

Naylamp. (2017). *Módulo RFID RC522*. Recuperado de:  
<https://naylampmechatronics.com/inalambrico/80-modulo-rfid-mfrc522-.html>

Nüo. (2016). *¿Qué es RFID?*. Recuperado de: <https://www.by.com.es/blog/que-es-rfid/>

Organización Mundial de la Salud. (2020). *Actualización de la estrategia frente a la covid-19*. Recuperado de: [https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/covid-strategy-update-14april2020\\_es.pdf](https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/covid-strategy-update-14april2020_es.pdf)

Oyola, A. Fuentes, O. & Romero, M. (2020). *Vista de Algoritmo basado en tecnología de identificación por radiofrecuencia RFID para rastreo del SRAS-CoV-2*. Recuperado de:  
<https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/memorias/article/view/4207/4149>

RFID POINT. (2021). *Frecuencias de Operación* - Recuperado de:  
<http://www.rfidpoint.com/preguntas-frecuentes/frecuencias-de-operacion-2/>

Rizkalla, S., Prestros, R. & Mecklenbrauker, C. (2017). Design and Optimization of Low Cost Booster-Based HF RFID Cards. *Journal of Radio Frequency Identification*, 1(2), 185–194.  
<https://doi.org/10.1109/jrfid.2017.2769481>

Rocha, R. (2017). *El modelo entidad-relación*. Recuperado de:

<https://www.medellin.unal.edu.co/~fjmoreno/bd1/ModeloERRochav8.pdf>

Rodriguez, N. & Mora, S. (2016). *Diseño de un prototipo basado en la tecnología rfid para el monitoreo de equipos digitales*. Tesis de grado. Universidad Libre. Boogta, Colombia.

San, C., Thwin, M. & Htun, N. (2019). Malicious software family classification using machine learning multi-class classifiers. *Lecture Notes in Electrical Engineering*, 481(2), 423-433.  
[https://doi.org/10.1007/978-981-13-2622-6\\_41](https://doi.org/10.1007/978-981-13-2622-6_41)

Telectronica. (2018). *¿Qué es un lector RFID?*. Recuperado de: <http://telectronica.com/que-es-un-lector-rfid/>

Traza. (2022). *Antenas RFID*. Recuperado de: <https://www.traza.com/productos/rfid/antenas-rfid>

Valdivia, J. (2021). Modelo de procesos para el desarrollo del front-end de aplicaciones web. *Interfases*, 9(2), 100-187. <https://doi.org/10.26439/interfases2016.n009.1245>

Valdivieso, A. (2009). *Sistema de seguridad domiciliaria*. Recuperado de:

<http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/5724>

Venegas, L. & Holguín, R. (2020). *Estudio de factibilidad de un sistema de control de acceso con tecnología rfid para la unidad de bienestar estudiantil de la universidad Estatal del Sur de Manabí*. Tesis de grado. Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa, Ecuador.

Villalba, K. & Bareiro, E. (2019). *Concepto inseguridad paraguaya y aplicación de tecnología en el control de ingreso tecnológico a entidades universitarias*. Tesis de grado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, Brasil.

Wang, X. & Wang, Y. (2018). An office intelligent access control system based on RFID.

*Proceedings of the 30th Chinese Control and Decision Conference*, 2(1), 623-626.

<https://doi.org/10.1109/CCDC.2018.8407206>

## **Anexos**

## Anexo 1. Carta permiso de implementación del proyecto investigativo en la alcaldía municipal

Bochalema- Norte de Santander

Fecha 22 abril de 2021

Señor:  
**DUGLAS SEPULVEDA CONTRERAS**  
Alcalde Municipal de Bochalema

ALCALDIA MUNICIPAL DE BOCHALEMA  
UNIDAD DE CORRESPONDENCIA  
Radicado 001738 Hora 09:48 am  
Fecha: 24 ABR 2021  
Cód. Dependencia destino: 100  
Responde: \_\_\_\_\_ Folios: 1  
Pasa a: \_\_\_\_\_

Asunto: Solicitud de permiso de instalación de prototipo y pruebas

Cordial Saludo:

Mi nombre es Duvar Mauricio Duarte Parada, identificado con cedula de ciudadanía N° 88292185 de Bochalema, estudiante de decimo semestre de Ingenieria Electrónica de la universidad Francisco de Paula Santander (UFPS) con código de estudiante 1161400. Respetuosamente solicito a ustedes que nos conceda el permiso para la implementación de un sistema de control de acceso de personas en lugares de alta concentración poblacional basado en tecnología RFID de baja frecuencia, así mismo manifiesto que el proyecto requiere instalación de: dos lectoras RC522 y una placa basada en mega 2560 (como adquisición de datos), una placa Raspberry PI (como procesamiento de datos), se requiere también la conexión WI FI en el mismo router de los funcionarios que serán voluntarios en esta práctica, con la finalidad de que puedan acceder al servidor creado, para que los mismos funcionarios puedan monitorearse. Este proyecto es únicamente con fines educativos, y de futura implementación en caso de requerirse para la alcaldía municipal.

Gracias por la atención prestada

Atentamente



**DUVAR MAURICIO DUARTE PARADA**  
Identificado con C.C No. 88292185 de donde  
Estudiante Universidad Francisco De Paula Santander

## **Anexo 2. Manual de usuario**

1

### **Manual de usuario del software Doorman control X**

**Software para detección y estadísticas de personas  
en lugares de alta concentración poblacional usando  
una Raspberry Pi  
(Doorman Control X)**

Versión 2021

---

**AUTORES:**

**Luis Alexis Bermon Meneses**

**Duvar Mauricio Duarte Parada**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDERSAN JOSÉ  
DE CÚCUTA  
COLOMBIA  
2021**

## Tabla de contenido

pag

1. Acceso de la RASPBERRY PI a internet. ....	3
1.1 Método1.....	4
1.2 Método 2.....	4
2. Descarga e instalación de VNC.....	5
3. Acceso al entorno de la RASPBERRY PI desde VNC Viewer.....	8
4. Ejecución del servidor local.....	9
5. Configuración y conexión del hardware. ....	10
6. Ejecución del script de Python para la recepción de datos.....	12
7. Familiarización con el entorno gráfico.....	13
7.1 Agregar usuario.....	13
7.2 Personas actuales.....	14
7.3 Estadísticas de área.....	14
7.4 estadísticas por persona. ....	15



## 1. Acceso de la RASPBERRY PI a internet.

Una de las maneras de hacer al conexión al router es usando un cable Ethernet, conectándolo entre los puertos RJ45 de la RASPBERRY PI y el router (mostrado en la fig1), Para la mayoría de las redes domésticas, se puede conectar a Internet sin ningún tipo de configuración adicional. Para que esto funcione, el router debe encontrarse configurado para entregar IP a través de DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol). Este servicio se ejecuta desde el router, repartiendo direcciones IP a cualquier dispositivo que se conecta a él, ya sea a través de conexión WiFi o por cable.



Fig1. Conexión del cable Ethernet de la RASPBERRY PI y el Router.

Otra manera de conectar, es a través del modulo WIFI de la placa, gracias al Sistema operativo, se hace clic en el icono de WIFI en la barra superior de inicio y se selecciona la red a la cual se tiene acceso (clave), se escribe la contraseña del router y se accesa al mismo, como en la Fig2.

4



Fig2. Icono de WIFI y acceso a la red.

Después de conectarse a la red es necesario conocer la IP del dispositivo, aunque existen diversos métodos, solo se hará mención de dos:

### 1.1 Método 1.

En inicia el Terminal de consola ubicado en la parte superior del menú principal y se introduce el código **ifconfig** en la terminal, en el bloque **wlan0** arrojará la dirección IP de la RASPBERRY PI como en la fig3.

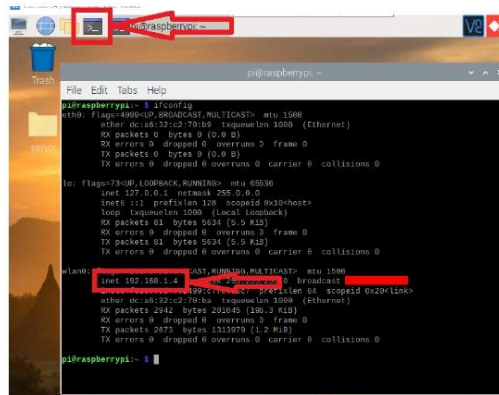


Fig3. Adquisición de la dirección IP de la RASPBERRY PI.

### 1.2 Método 2.

Otra forma de conocer la IP del dispositivo es con una APP desde el teléfono móvil que esté conectado al mismo router, en este caso se usa **Fing**, que se puede descargar e instalar desde la **play store** como en la Fig4, luego presionar el botón buscar dispositivos, al final identificar y extraer la IP de la RASPBERRY PI.

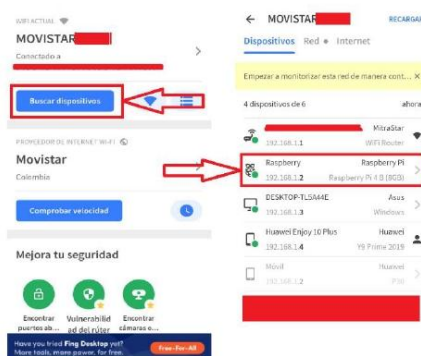


Fig4. APP **Fing** para extraer el IP de la RASPBERRY PI.

## 2. Descarga e instalación de VNC

Esta sección se tomará en cuenta, solo en caso tal que se desee operar el entorno de trabajo de la RASPBERRY PI de manera remota.

Se toma en cuenta que el sistema se puede administrar desde cualquier terminal que este conectada a la misma red del dispositivo RASPBERRY PI, así mismo podrá ser administrado mediante un software de escritorio remoto, para tal efecto se sugiere VNC (inglés: Virtual Network Computing y español: Computación Virtual en Red), Es un software cliente-servidor gratuito, que nos permite visualizar el monitor del servidor y controlarla en una o más equipos cliente, sin importar qué sistema operativo pueda ejecutar el cliente o servidor, podemos ver la pantalla y controlar el servidor. Un equipo que ejecuta el servidor desde el cliente, para descargar e instalar, se dirige directamente a la página oficial de descarga <https://www.realvnc.com/es/connect/download/viewer/>, en la página se

selecciona el sistema operativo del equipo que esté en uso como se denota en la fig5, y luego hacer clic en el botón “Descargue VNC Viewer”.



Fig5. Selección del sistema operativo y descarga de VNC Viewer.

Seguidamente dirigirse a la dirección de descarga y ejecutar el instalador del VNC Viewer que aparece en la fig6.

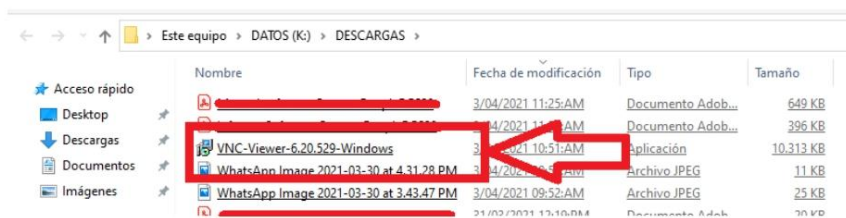


Fig6. Instalador del VNC Viewer.

Seleccionar ejecutar como en la fig7.

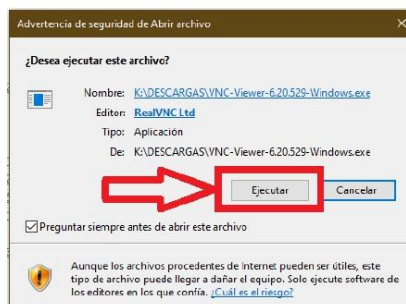


Fig7. Selección de botón ejecutar.

Leer los términos y condiciones, seguidamente aceptar los términos mediante la casilla de verificación, luego clicar en el botón de siguiente, como en la figura 8.

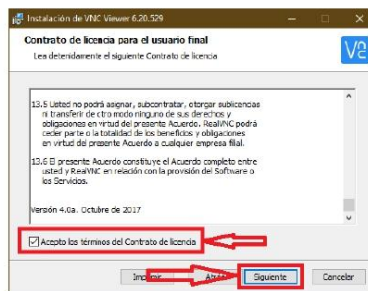


Fig8. Ventana de verificación de los términos y condiciones.

Seleccionar la ruta de instalación mediante el botón “Examinar...”, o dejar estándar, para efectos del ejemplo se deja la ruta por defecto y se selecciona siguiente, fig9.

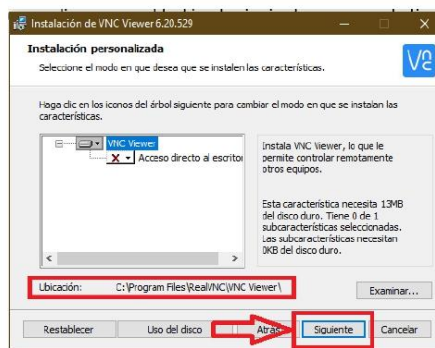


Fig9. Selección de ruta de instalación.

Por último oprimir el botón instalar, Fig10.

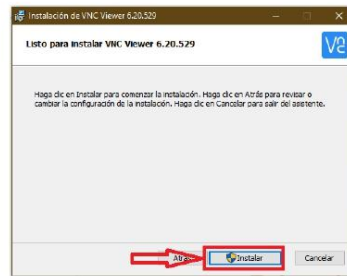


Fig10. Botón instalar.

### 3. Acceso al entorno de la RASPBERRY PI desde VNC Viewer.

Ejecutar VNC Viewer tecleando VNC desde el menú inicio en la barra de búsqueda y dando clic a VNC, documentado en la Fig11.

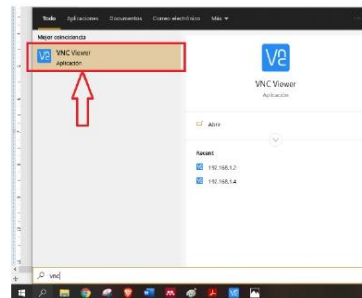


Fig11. Iniciar VNC Viewer.

En la barra de conexiones se asigna la dirección IP de la RASPBERRY PI, extraída en el título 1, presentada mediante dos métodos. En el presente proyecto para acceso remoto se configuró previamente con nombre de usuario “**pi**” y contraseña “**raspberry**”, para tal acción se sugiere activar la casilla de verificación de recordar contraseña, Fig12.

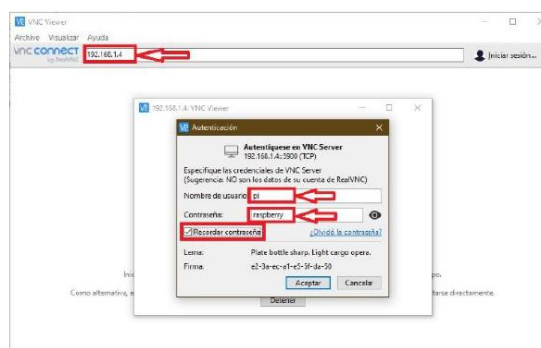


Fig12. Portal de ingreso VNC Viewer.

#### 4. Ejecución del servidor local

En el escritorio se encuentra una carpeta llamada **server**, se hace clic derecho sobre dicha carpeta, y en el menú que se despliega se selecciona **“Open in Terminal”**, al abrir la terminal, se digita **“python3 server.py”**, este ejecutará el script de Python en su interior, poniendo en marcha el servidor en la red local. Fig13.

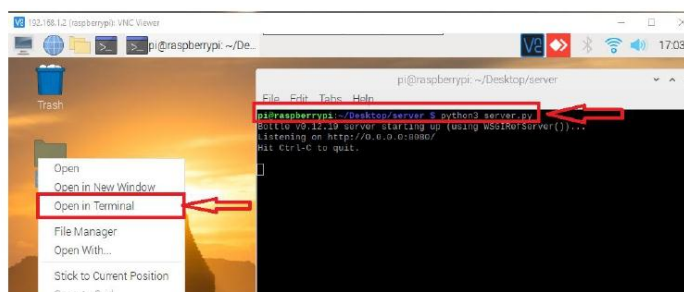


Fig13. Ejecución del servidor en la RASPBERRY PI.

Para este punto ya podrá consultar los tiempos (ya sea de grupo o individual), los que están dentro del área e ingresar nuevos usuarios, ingresando en el navegador de la RASPBERRY PI **“localhost:8080”** o desde cualquier dispositivo con acceso al router digitando en el navegador **“numero de ip:8080”**, observado en la fig14, pero aún no podrá hacer los registros a través de la tarjeta RFID, hasta no iniciar el hardware.





Fig14. Acceso al interfaz gráfico ya sea desde otro dispositivo ó la misma RPI.

## 5. Configuración y conexión del hardware.

Primero se conecta la RASPBERRY PI por el puesto USB-A al puerto USB-B de la placa electrónica basada en el Atmega2560, Fig15.



Fig15. Conexión R PI a la placa basada en Atmega2560.

A continuación, se conecta el módulo multi conector a la placa electrónica basada en el Atmega2560 acorde a la Fig16 y la tabla 1.



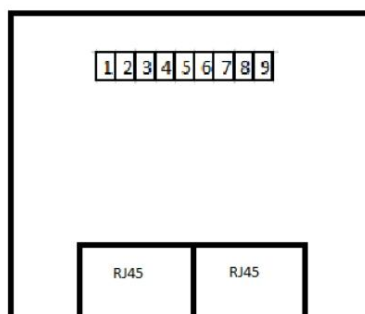


Fig16. Modulo switch de conexión con la placa basada en Atmega2560.

pin modulo switch de conexión	pin placa basada en Atmega2560.
1	3,3v
2	9
3	gnd
4	null
5	50
6	51
7	52
8	53
9	10

Tabla 1. Conexionado de pines modulo switch de conexiones con pines de la placa basada en atmega2560.

Por ultimo se conectan los módulos RC522 en los módulos de conexión diseñados para ser usados con cables Ethernet y conectarlos con el módulo switch de conexión Fig17.

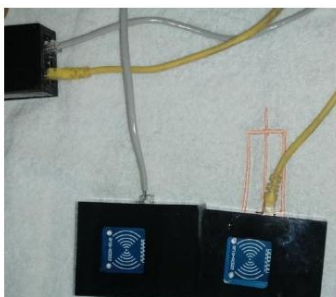


Fig17. Conexión módulos RC522 con el módulo switch de conexiones.

## 6. Ejecución del script de Python para la recepción de datos.

En la misma carpeta server del escritorio, se encuentra el script de Python con nombre **lectorv2.py** abrir y ejecutar en Thonny Python, esto generará un mensaje de conectado en el Shell, anunciando que están habilitados los módulos para su uso, y el sistema está funcionando con normalidad Fig18.

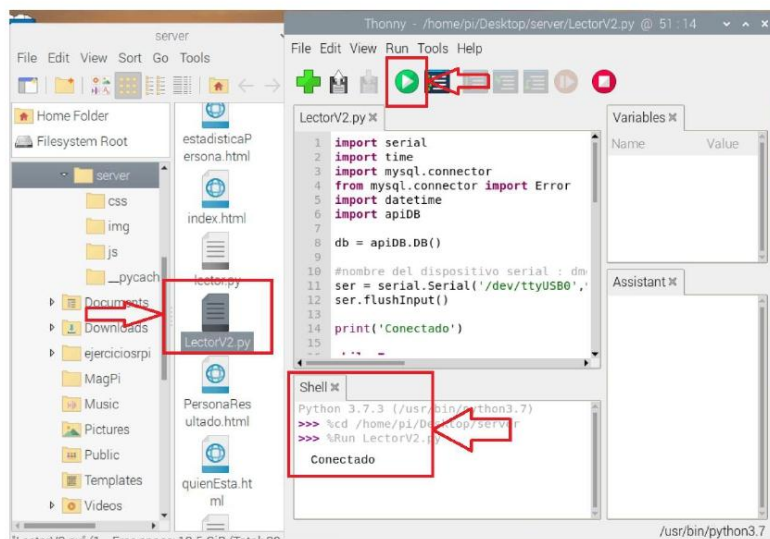


Fig18. Ejecución del script LectorV2.py y su normal funcionamiento.

## 7. Familiarización con el entorno gráfico

Al ejecutar en el navegador la IP como en el numeral 4, carga el entorno gráfico mostrado en la Fig19, el cual al dar clic sobre las barras, despliega las diferentes opciones de la interfaz.



Fig19. Menú del interfaz del control de acceso.

### 7.1 Agregar usuario.

El registro de usuarios cuenta con un formulario con diferentes espacios en blanco a rellenar. Estos espacios al ser rellenados, se agregarán a la base de datos al presionar el botón de agregar, fig20.

**REGISTRO DE USUARIOS**

ALCALDIA  
Bochalema / Norte de Santander

Nombre  
Escribe sus nombres

Apellido  
Escribe sus apellidos

Tarjeta ID  
Código de la tarjeta

Codigo  
0

AGREGAR

Fig20. Formulario de agregar nuevos usuarios.

### 7.2 Personas actuales.

Esta parte del menú permite visualizar los participantes registrados junto con la hora y fecha de registro, que se encuentran dentro del área Fig21.

**Estadísticas de Persona**

ALCALDIA  
Bochalema / Norte de Santander

Quien esta:

Fecha de entrada	Nombre	Apellido
2021-04-03 23:31:24	Duvar Mauricio	Duarte Parada
2021-04-03 23:31:46	Senen	botello
2021-04-03 23:31:40	sergio	castro

Fig21. Menú personas actuales.

### 7.3 Estadísticas de área.

La base de datos internamente está dividida por áreas y cada usuario pertenece a un área en específico, evidenciado en la Fig21, según código, agrupa los

tiempos acumulados de la misma área y los muestra en pantalla como en la fig22.

SQL Formatter beautifies your SQL code instantly : Reason #50 to upgrade

Query 1  
SELECT \* FROM usuarios;

1 Result 2 Profiler 3 Messages 4 Table Data 5 Info

(Read Only)

ID	nombres	apellidos	tarjeta	codigo	area
34	Duvar Mauricio	Duarte Parada	79B65159	1161400	1
35	Senen	botello	49A5BA0F	1102035	2
36	austin	powwells	1912CF39	1113345	3
37	yong	ung	asdf	1094232	4
38	sergio	castro	F9540610	1162056	1
39	yurley paola	blanco	8BDDAE1B	1094589	4
40	yureicy dayana	bejar	asdf	1076470	5

Fig21. Separación de áreas (tomado de SQLyog).

Estadísticas Area

ALCALDIA  
Bochalema / Norte de Santander

Quien esta:

Codigo area	Tiempo total
1	3 days, 2:06:24
2	1 day, 23:10:39
3	1 day, 2:23:14
4	1 day, 3:03:51

Fig22. Tiempos acumulados por área.

7.4 estadísticas por persona.

En este menú se podrá visualizar el tiempo acumulado por cada usuario, basta con digitar el código del usuario en el formulario para que muestre su tiempo neto acumulado Fig23.

**Estadísticas de Persona**  
ALCALDIA  
Bochalema / Norte de Santander

Codigo de Usuario

1161400

AGREGAR

**REGISTRO DE USUARIOS**  
ALCALDIA

Quien esta:

Nombre	Apellido	Codigo area	Tarjeta	Tiempo total
Duvar Mauricio	Duarte Parada	1161400	79B65159	1 day, 2:26:41

Fig23. Código del usuario al cual se solicita su tiempo acumulado.

### Anexo 3. “Carta de aprobación del evento VII Semana Internacional de Ciencia, Tecnología e Información”



**UFPS** Universidad Francisco  
de Paula Santander  
Vigilada Mineducación

**UFPS** Universidad Francisco  
de Paula Santander  
Ocaña - Colombia  
Vigilada Mineducación

San José de Cúcuta, 20 de agosto de 2020

Estimados Autores,

Cordial saludo;

El Comité Organizador del evento **VII SEMANA INTERNACIONAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN**, agradece su interés en participar en este importante espacio de difusión científica, que se llevará a cabo los días 06 al 09 de octubre de 2020 en la ciudad de Cúcuta (Colombia), en la Universidad Francisco de Paula Santander Avenida Gran Colombia 12E-96 Barrio Colsag. Por otra parte, me permito comunicarles que luego de ser valorada la ponencia de su autoría titulada “Análisis de herramientas para supervisar el acceso de personas a la Biblioteca Eduardo Cote Lamus utilizando tecnología RFID”, donde se registraron como autores Luis Alexis Bermon Meneses, 1.090.400.668, Duvar Mauricio Duarte Parada, 88.292.185, Sergio Alexander Castro Casadiego, 88.273.158, Sergio Iván Quintero Ayala, 13.444.518, Gloria Esmeralda Sandoval Martínez, 37395981, el Comité Científico determinó “APROBAR” su presentación en modalidad Póster considerando las siguientes observaciones:

Es un excelente trabajo, de importancia científica que aborda una temática interesante, novedosa y que podría ser de gran impacto para la comunidad científica.

Se invita a los autores a elaborar el artículo científico y postularlo para su evaluación y posible publicación en las revistas propuestas por el evento teniendo en cuenta el enfoque y alcance de cada una de ellas. Los artículos sometidos estarán sujetos a las políticas editoriales de las revistas y este proceso será realizado por el Editor; la comunicación se realizará directamente con el autor correspondiente de cada artículo.

Información de revistas disponible en línea:  
<https://seincienciatecnologia.ufps.edu.co/content/publication.html>

**Inversión:** la participación en el evento no tiene un costo asociado, solo se realiza inversión, en caso de que la revista que seleccione para someter el artículo a evaluación, tenga costo en el proceso editorial.

**Nota1:** Si no está interesado en el sometimiento del trabajo a la Revista, la publicación del resumen de la ponencia aprobada, se realizará en las Memorias del evento con ISSN 2422-3115 (En línea).

**Nota2:** En caso de que el trabajo sea sometido para evaluación en el **JOURNAL OF PHYSICS: CONFERENCE SERIES**, ISSN 1742-6588, debe anexar copia del

---

Avenida Gran Colombia No. 12E-96 Barrio Colsag  
Teléfono (057)(7) 5776655 - [www.ufps.edu.co](http://www.ufps.edu.co)  
[oficinadeprensa@ufps.edu.co](mailto:oficinadeprensa@ufps.edu.co) San José de Cúcuta - Colombia

Creada mediante decreto 323 de 1970



## Anexo 4. “Certificados Evento VII Semana Internacional de Ciencia, Tecnología e Información”



### LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER CÚCUTA Y SECCIONAL OCAÑA

CERTIFICA QUE:

**Duvar Mauricio Duarte Parada**  
C.C. 88292185

Participó como **PONENTE** en modalidad **PÓSTER** en el evento **7th INTERNATIONAL WEEK OF SCIENCE, TECHNOLOGY AND INNOVATION** que se desarrolló del 06 al 09 de octubre del año 2020 en San José de Cúcuta, Norte de Santander Colombia, con el tema “ANÁLISIS DE HERRAMIENTAS PARA SUPERVISAR EL ACCESO DE PERSONAS A LA BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS UTILIZANDO TECNOLOGÍA RFID”.



*Juan Pardo S.*  
VICERRECTOR ASISTENTE DE  
INVESTIGACIÓN  
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA

*Yocanema Saldarriaga Peris*  
DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN  
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA  
SANTANDER OCAÑA

### LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER CÚCUTA Y SECCIONAL OCAÑA

CERTIFICA QUE:

**Luis Alexis Bermon Meneses**  
C.C. 1090400668

Participó como **PONENTE** en modalidad **PÓSTER** en el evento **7th INTERNATIONAL WEEK OF SCIENCE, TECHNOLOGY AND INNOVATION** que se desarrolló del 06 al 09 de octubre del año 2020 en San José de Cúcuta, Norte de Santander Colombia, con el tema “ANÁLISIS DE HERRAMIENTAS PARA SUPERVISAR EL ACCESO DE PERSONAS A LA BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS UTILIZANDO TECNOLOGÍA RFID”.



*Juan Pardo S.*  
VICERRECTOR ASISTENTE DE  
INVESTIGACIÓN  
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA

*Yocanema Saldarriaga Peris*  
DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN  
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA  
SANTANDER OCAÑA



## Anexo 5. Certificado Evento “International Meeting on Mathematics Education”



### CERTIFICATION

The chairman of the V International Meeting on Mathematics Education (V IMME) certifies that research work titled:

#### **CHARACTERIZATION FOR THE IMPLEMENTATION OF AN ACCESS CONTROL PROTOTYPE IN PLACES WITH HIGH POPULATION DYNAMICS.**

Corresponding to the authors **Carlos Vicente Niño Rondón, Sergio Alexander Castro Casadiego, DUVAR MAURICIO DUARTE PARADA, LUIS ALEXIS BERMON MENESES, SERGIO IVAN QUINTERO AYALA**, was presented at the V IMME meeting, held in oral remote presentation.

For its constancy, is signed in San José de Cúcuta, Colombia, 22 May 2021.

**Mawency Vergel Ortega**  
Chairman V IMME

**Jhan Piero Rojas Suarez**  
Rector Universidad Francisco de Paula Santander

## Anexo 6. Captura de pantalla del artículo publicado en la revista “Eco Matemático” de la Universidad Francisco de Paula Santander

← → ↻ ↗ 📄 revistas.ufps.edu.co/index.php/ecomatematico/articulo/view/3018

Inicio Portal de Revistas



ISSN: 1794-8231 (Impreso)  
ISSN: 2462-8794 (En línea)

Inicio Actual Archivos Avisos Acerca de -

Escribe un término para buscar...

---

INICIO / ARCHIVOS / VOL. 11 NÚM. 2 (2020): CONOCIMIENTO MATEMÁTICO / ARTÍCULOS ORIGINALES

Enviar un artículo

TUTORIALES

Autores:  
[¿Cómo enviar un artículo?](#)  
Pares Evaluadores:  
[¿Cómo evaluar un artículo?](#)

ACERCA DE ESTA REVISTA -

INDEXADO EN



PALABRAS CLAVE

gestión de recursos, control de acceso, bibliotecas, tecnología RFID, bajo costo

descarga electrónica  
LUDICA, TIC'S

HTML  
 PDF  
 FLIP

Eco Matemático  
 Scientific Journal of Mathematics  
 ISSN: 1794-8231 (Impreso) & ISSN: 2462-8794 (En línea) Vol. 11, número 2, julio - diciembre 2020, Colombia

Carlos Vicente Niño-Rondón  
 Universidad Francisco de Paula Santander  
<https://orcid.org/0000-0002-3781-4564>

José Daniel Duran-Bayona  
 Universidad Francisco de Paula Santander  
<https://orcid.org/0000-0003-2968-3901>

Luis Alexis Bermon-Meheses  
 Universidad Francisco de Paula Santander  
<https://orcid.org/0000-0001-9704-6117>

Duvar Mauricio Duarte-Parada  
 Universidad Francisco de Paula Santander  
<https://orcid.org/0000-0003-0640-3591>

Sergio Alexander Castro-Casadiego  
 Universidad Francisco de Paula Santander  
<https://orcid.org/0000-0003-0962-9916>

Gloria Esmeralda Sandoval-Martínez  
 Universidad Francisco de Paula Santander  
<https://orcid.org/0000-0002-8644-3835>

RESUMEN

En este documento se presenta una estrategia para el análisis de herramientas de gestión de recursos y control de acceso a personas en bibliotecas empleando tecnología RFID. Se aplicó una encuesta en escala de Likert para conocer tanto la perspectiva como las expectativas de las personas respecto a la implementación de esta propuesta tecnológica. Asimismo, mediante la técnica de matriz de priorización se definieron las tecnologías de hardware y software de mayor facilidad para el control de acceso y gestión de recursos bibliográficos, ponderando parámetros para la selección de herramientas de hardware y software. Conociendo las tecnologías, se planteó la arquitectura inicial del sistema. El instrumento aplicado mostró la necesidad de las personas por la mejora de los servicios convencionales de gestión de librería y control de acceso en bibliotecas. En cuanto a las herramientas de hardware y software, Raspberry Pi 3B+ y el lenguaje de programación Python fueron las seleccionadas para el desarrollo de la propuesta investigativa. La metodología planteada y la arquitectura del sistema pueden ser replicados para estructuras con tecnologías similares basadas en identificación por radiofrecuencia en lugares de alta densidad poblacional.