

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

## RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES) NOMBRES Y APELLIDOS

NOMBRES(S): JOSE DANIEL APELLIDOS: DURAN BAYONA

FACULTAD: FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

DIRECTOR(ES):

NOMBRES(S): SERGIO IVÁN APELLIDOS: QUINTERO AYALA

NOMBRES(S): SERGIO ALEXANDER APELLIDOS: CASTRO CASADIEGO

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): MONITORIZACIÓN DE RECURSOS BIBLIOGRÁFICOS EMPLEANDO ETIQUETAS RFID DE ALTA FRECUENCIA PARA LA LECTURA DE DATOS

### RESUMEN

En el documento se presenta el diseño de un sistema de monitorización de recursos bibliográficos empleando tecnologías RFID de Ultra Alta Frecuencia (del inglés Ultra High Frequency – UHF), así como la implementación de un prototipo en la Biblioteca Eduardo Cote Lamus de la Universidad Francisco de Paula Santander. Dicho prototipo fue desarrollado empleando los lenguajes de programación de C++ y JavaScript (ejecutándose sobre el entorno de NodeJS), ejecutándose sobre un microcontrolador basado en Arduino y una Raspberry Pi 4B+. Dicha configuración se encuentra instalada en la Sala 3 de la biblioteca, contando con 3 dispositivos en el sistema: Servidor, control de entrada / salida y préstamos.

PALABRAS CLAVE: (MÁXIMO 5 PALABRAS CLAVES)

RFID, UHF, IOT, WEBSOCKETS, SISTEMA EMBEBIDO

PÁGINAS: 70 PLANOS:        ILUSTRACIONES:        CD ROOM:

MONITORIZACIÓN DE RECURSOS BIBLIOGRÁFICOS EMPLEANDO ETIQUETAS  
RFID DE ALTA FRECUENCIA PARA LA LECTURA DE DATOS

JOSÉ DANIEL DURÁN BAYONA

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA  
2021

MONITORIZACIÓN DE RECURSOS BIBLIOGRÁFICOS EMPLEANDO ETIQUETAS  
RFID DE ALTA FRECUENCIA PARA LA LECTURA DE DATOS

JOSÉ DANIEL DURÁN BAYONA

TRABAJO DE GRADO  
PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE:  
INGENIERO ELECTRÓNICO

DIRECTOR  
SERGIO IVÁN QUINTERO AYALA  
INGENIERO ELECTRÓNICO

CODIRECTOR  
M.SC. SERGIO ALEXANDER CASTRO CASADIEGO  
INGENIERO ELECTRÓNICO

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

2021

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE UN TRABAJO DE GRADO

**FECHA:** CÚCUTA, 20 DE DICIEMBRE DE 2021

**HORA:** 07:00

**LUGAR:** MODALIDAD REMOTA SINCRÓNICO

**PLAN DE ESTUDIOS:** INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**TÍTULO:** "MONITORIZACIÓN DE RECURSOS BIBLIOGRÁFICOS EMPLEANDO ETIQUETAS RFID DE ALTA FRECUENCIA PARA LA LECTURA DE DATOS "

**JURADOS:** DINAEL GUEVARA IBARRA, IE. PhD  
ANGELO JOSEPH SOTO VERGEL, IE. MSc

**DIRECTOR:** SERGIO IVÁN QUINTERO AYALA, IE. ESsp

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

NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES	CÓDIGO	CALIFICACIÓN	
		NÚMERO	LETRA
JOSE DANIEL DURAN BAYONA	1161381	5,0	Cinco, Cero



DINAEL GUEVARA IBARRA

### LAUREADO



ANGELO JOSEPH SOTO VERGEL



ANGELO JOSEPH SOTO VERGEL  
Coordinador Comité Curricular  
Ingeniería Electrónica

## Contenido

	Pág.
Introducción	10
1. Descripción del proyecto	12
1.1. Planteamiento del problema.	12
1.2. Justificación del proyecto	13
1.2.1. Beneficios tecnológicos	13
1.2.2. Beneficios sociales	13
1.2.3. Beneficios institucionales	14
1.2.4. Beneficios económicos	14
1.3. Objetivos	15
1.3.1. General	15
1.3.2. Específicos	15
1.4. Limitaciones y delimitaciones	15
1.4.1. Limitaciones	15
1.4.2. Delimitaciones	16
2. Marco Referencial	17
2.1. Antecedentes	17
2.2 Marco teórico	18
2.2.1. LMS	18
2.2.2. RFID	19
2.2.3. Etiquetas RFID	20
2.2.4. IoT (Internet of Things – Internet de las Cosas)	22
3. Metodología	23
3.1. Analizar información de las especificaciones de sistemas embebidos y las frecuencias empleadas para RFID	23
3.2. Establecer la metodología y el diseño del sistema	24
3.3. Elaborar el algoritmo para el funcionamiento del sistema embebido	27
3.4. Evaluar el diseño del sistema	31
4. Resultados	32
4.1. Selección de herramientas	32
4.1.1. Herramientas de hardware	32

4.1.2. Herramientas de software	32
4.2. Caracterización de los equipos con tecnología RFID	33
4.2.1. Etiquetas y lectores de Ultra Alta Frecuencia	33
4.2.2. Etiquetas y lectores de Alta Frecuencia	35
4.3. Interfaz de usuario	37
4.3.1. Gestión de usuarios	37
4.3.2. Gestión de ubicaciones	37
4.3.3. Gestión de recursos físicos	38
4.3.4. Gestión de material bibliográfico	39
4.3.5. Base de datos	40
4.4. Implementación	41
4.4.1. Implementación en un entorno de pruebas	41
4.4.2. Implementación en un entorno real (UFPS).	43
4.5. Divulgación	46
5. Conclusiones	47
6. Recomendaciones	49
7. Bibliografía	51
8. Anexos	55

## Lista de figuras

Figura 1. Bosquejo propuesto para la lectura del material bibliográfico.	25
Figura 2. Arquitectura preliminar del dispositivo de lectura de ultra alta frecuencia.	26
Figura 3. Guía para el diseño de las tablas de la base de datos.	28
Figura 4. Diagrama de flujo del sistema embebido.	30
Figura 5. Lecturas RFID de ultra alta frecuencia en el sistema embebido.	31
Figura 6. Creación de salas en la interfaz de usuario.	38
Figura 7. Listado de dispositivos en la interfaz de usuario.	39
Figura 8. Diseño final parametrizado de la base de datos.	41
Figura 9. Implementación del dispositivo en un ambiente controlado de pruebas.	42
Figura 10. Implementación casera del sistema embebido	42
Figura 11. Pruebas realizadas a los equipos previo a su instalación en la Sala 3.	43
Figura 12. Planteamientos de instalación del sistema embebido en la Sala 3.	44
Figura 13. Prototipo del sistema embebido diseñado instalado en Sala 3.	44
Figura 14. Libros asignados con etiquetas RFID de ultra alta frecuencia para el prototipo.	45
Figura 15. Acceso con lector RFID de ultra alta frecuencia en la Sala 3 de la biblioteca.	45

## **Lista de tablas**

Tabla 1. Parámetros en el proceso de selección de hardware.	26
Tabla 2. Pesos relativos entre los parámetros de selección de hardware.	27
Tabla 3. Parámetros en la selección de las herramientas de software.	27
Tabla 4. Matriz de decisión empleada en la selección de herramientas de hardware.	32
Tabla 5. Matriz de decisión en la selección de herramientas de software y protocolos de comunicación.	33
Tabla 6. Resultados de la prueba de lecturas del dispositivo con las diferentes tecnologías de software.	33
Tabla 7. Pruebas de lectura realizadas con el lector de ultra alta frecuencia.	35
Tabla 8. Pruebas de lectura realizadas con el lector de alta frecuencia.	36

## Lista de anexos

Anexo 1. Archivos y comandos de configuración base del sistema embebido.	55
Anexo 2. Presentación de avances del proyecto en el Semillero de Investigación en Instrumentación Electrónica, SIINE.	56
Anexo 3. Certificación ponencia en congreso internacional.	57
Anexo 4. Publicación artículo extendido en el Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de la Asociación Panameña para el Avance de la Ciencia – APANAC.	58
Anexo 5. Publicación artículo en revista institucional.	59
Anexo 6. Sometimiento a evaluación de la revista Ciencia y Tecnología Neogranadina.	60
Anexo 7. Solicitud de registro del software ‘SmartLMS RFID’ ante la DNDA.	61
Anexo 8. Manual de usuario final del aplicativo ‘SmartLMS RFID’.	63
Anexo 9. Manual de instalación del aplicativo ‘SmartLMS RFID’.	64
Anexo 10. Manual del aplicativo ‘SmartLMS RFID’.	65

## Introducción

La monitorización de recursos aporta a los procesos de gestión de calidad, la cual es un eje central y fundamental para una entidad, especialmente aquellas en miras de obtener acreditaciones institucionales como la Universidad Francisco de Paula Santander, por lo cual es importante la constante búsqueda de innovación y desarrollo de nuevas tecnologías que le permitan mejorar sus procesos de apoyo en todas sus áreas competentes ((Universidad Francisco de Paula Santander), 2017), destacándose respecto a las demás instituciones y así lograr reconocimiento por parte de los ciudadanos.

La monitorización de recursos es todo proceso que permite llevar un control de inventario, contando con toda la información correspondiente al recurso, realizando seguimiento del estado y movimiento del mismo (adquisición, préstamos, ingreso, salida, venta o deterioro), identificando cada recurso de manera única (Tripathi et al., 2017).

La identificación por radiofrecuencia o RFID (Radio Frequency IDentification) hace parte de las tecnologías que conforman el Internet de las Cosas (IoT – Internet of Things), que ha visto un crecimiento en una sociedad donde los automatismos son cada vez más requeridos (Jerry & Barbara, 2001). Dicha identificación se compone de un transpondedor y un receptor de radio, que se conocen como etiqueta y lector, los cuales serán los encargados de realizar la comunicación de la información a través de radiofrecuencia para enviarla luego al sistema de monitorización por medios cableados físicamente o inalámbricamente (Muthuselvi, 2016).

En el presente libro se presenta el diseño de un sistema de monitorización de recursos bibliográficos empleando tecnologías RFID de Ultra Alta Frecuencia (del inglés Ultra High Frequency – UHF), así como la implementación de un prototipo en la Biblioteca Eduardo

Cote Lamus de la Universidad Francisco de Paula Santander. Dicho prototipo fue desarrollado empleando los lenguajes de programación de C++ y JavaScript (ejecutándose sobre el entorno de NodeJS), ejecutándose sobre un microcontrolador basado en Arduino y una Raspberry Pi 4B+. Dicha configuración se encuentra instalada en la Sala 3 de la biblioteca, contando con 3 dispositivos en el sistema: Servidor, control de entrada / salida y préstamos.

## **1. Descripción del proyecto**

### **1.1. Planteamiento del problema.**

Las entidades públicas en sus materiales bibliográficos cuentan por lo general con códigos de barras, o en casos más avanzados, bandas electromagnéticas, que permiten controlar su inventario y ejecutar, en los casos que se requieran, préstamos o salidas de dicho material.

Las diferentes tareas que deben realizar los miembros del personal bibliotecario suelen incluir el ordenamiento, la ubicación, el etiquetado y el préstamo de los recursos (Mohammed I. Younis, 2012). Una de las tareas más importantes en este proceso es la de proteger los recursos de intentos de robo o extracciones accidentales, y para ello hacen uso de diferentes técnicas, como la contratación de personal de seguridad para chequeos de bolsos y de usuarios, y tecnologías como bandas electromagnéticas o etiquetas RFID, en conjunto con lectores especializados como lectores de arco o pistolas de lectura de mano (Solanki, 2019).

Como caso de estudio, la biblioteca Eduardo Cote Lamus de la Universidad Francisco de Paula Santander no hace un uso completo de las bandas electromagnéticas implementadas en los libros debido a que los lectores destinados para tal fin se encuentran averiados y su mantenimiento está basado en un software propietario que no permite modificaciones, y su reparación depende de un tercero que puede decidir hacerlo o no, como ha sido el caso hasta el momento, además, no existe algún sistema electrónico basado en RFID en toda la biblioteca, ocasionando que la misma no cuente con un control del material bibliográfico.

Con base a lo expuesto y siguiendo el ejemplo planteado se plantea la siguiente pregunta, ¿cómo se puede implementar un sistema de monitorización para material bibliográfico empleando tecnologías RFID?

## **1.2. Justificación del proyecto**

Debido a que las entidades públicas deben llevar un control del inventario de los recursos bibliográficos que poseen y su proceso de préstamo, en los casos que sean necesarios, en conjunto con el deseo de poder conocer el histórico de retiros del material para lograr realizar un análisis de qué tanto emplean determinadas categorías de libros, de tal forma que se gestionen los recursos económicos de manera eficiente para satisfacer las necesidades reales de los usuarios de la entidad, se planteó agilizar y complementar éstos procesos haciendo uso de etiquetas RFID adheridas a cada uno de los recursos bibliográficos, y leyendo estas etiquetas empleando antenas de frecuencia ultra alta (UHF), siendo las únicas etiquetas y correspondientes antenas que permiten una lectura a una distancia considerable para el uso que se pensó en tener, el cual es mayor a un metro de distancia desde el punto de lectura, ya que las etiquetas de alta frecuencia tienen un campo de lectura extremadamente bajo (menor a cinco centímetros en algunos casos), reemplazando o agregando de esta manera el sistema de monitorización de los recursos bibliográficos a las entidades.

### **1.2.1. Beneficios tecnológicos**

Un sistema RFID (Radio Frequency IDentification) permite, a través de chips, la identificación remota del material bibliográfico mediante una señal de radio, y contienen antenas para permitirles recibir y responder a peticiones desde un emisor-receptor.

### **1.2.2. Beneficios sociales**

Se mejora el ambiente entre el personal de la institución y los usuarios que requerían el material bibliográfico y quedaban inconformes con la negativa a la solicitud de préstamo por motivos de seguridad.

Al diseñar el sistema se crea facilidad para los usuarios a la hora encontrar el material bibliográfico solicitado, esto lleva a un mejor ambiente de estudio o de trabajo en la institución.

Se mejora el área de trabajo del personal de la institución ya que el sistema proporciona ventajas en las actividades realizadas además de brindar confianza por la seguridad brindada.

### **1.2.3. Beneficios institucionales**

Al diseñar este sistema hace que la institución cuente con más seguridad en el material bibliográfico y se pueda detectar a aquellos usuarios que decidan retirar el material bibliográfico de forma malintencionada, sobre los cuales se podrá adelantar un proceso disciplinario y las respectivas acciones legales a las que den lugar, demostrando su compromiso por la excelencia y la legalidad.

### **1.2.4. Beneficios económicos**

Al poder monitorizar y controlar el uso de los recursos, permite a las instituciones mantener en su totalidad el inventario presentado anualmente, disminuyendo al mínimo valor los gastos provenientes de las pérdidas de los libros, sean estas por equivocación o intencionales, realizadas por usuarios inescrupulosos.

El sistema de monitorización permite estudiar analíticamente qué categorías de libros son las más solicitadas tanto dentro de la institución como por solicitud de préstamo, lo que hace más eficiente la compra o adquisición de nuevo material, del cual se sabrá con certeza que será empleado por los miembros de la institución, demostrando austeridad en su manejo presupuestal.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. General**

Diseñar un sistema para la monitorización de recursos bibliográficos empleando etiquetas RFID de alta frecuencia para la lectura de datos.

#### **1.3.2. Específicos**

- Recopilar y analizar información acerca del estado actual de sistemas para la monitorización de recursos bibliográficos, las especificaciones de sistemas embebidos y las frecuencias empleadas en la tecnología RFID.
- Establecer la metodología y el diseño del sistema, caracterizando los equipos a emplear, el rango de medida de éstos y las tecnologías de software a usar.
- Elaborar el algoritmo para el funcionamiento del sistema embebido, diseñando la base de datos y la comunicación con los demás dispositivos en red.
- Evaluar el diseño del sistema.

### **1.4. Limitaciones y delimitaciones**

#### **1.4.1. Limitaciones**

El proyecto de investigación se basa en el diseño de un prototipo para la monitorización de recursos bibliográficos, por tanto, se hace la entrega del diseño con todos sus componentes, llegando a la implementación de un módulo de lectura en lo que se puede considerar una biblioteca casera, es decir, con libros que se encuentren al alcance del tesista. Dicho módulo cuenta con sus respectivas fases de pruebas, siendo éstas individuales para garantizar el funcionamiento base, y con comunicación a la base de datos para garantizar el funcionamiento modular del sistema. Las limitaciones que se encontraron son, por tanto: Fallas ambientales y de espacio debido a la infraestructura del lugar de pruebas (construcción, red eléctrica, rangos de medida reducidos).

### **1.4.2. Delimitaciones**

El proyecto se diseñó para poder ser adaptado y empleado en instituciones públicas, con enfoque especial en las Instituciones de Educación Superior, considerando el estado de la pandemia del COVID-19, se planteó como un diseño realizado en casa con la posibilidad de realizar pruebas en una institución pública, como en la Biblioteca Eduardo Cote Lamus de la Universidad Francisco de Paula Santander.

## 2. Marco Referencial

### 2.1. Antecedentes

Teniendo en cuenta una serie de proyectos de grado, investigaciones, revistas y artículos en el área de RFID, para los antecedentes fueron seleccionados los más relevantes aportando cada uno un elemento específico que sirve como base para el desarrollo del proyecto.

#### **SLMS: a smart library management system based on an RFID technology**

(Mohammed I. Younis, 2012).

En este proyecto se realizó el diseño de las especificaciones necesarias para implementar un sistema inteligente de gestión bibliotecaria SLMS (Smart Library Management System), especificando los módulos necesarios que debe contener para ser considerado como tal, aportando a la investigación las características necesarias que debe contener el sistema para ser considerado un LMS, además de describir el por qué se debe implementar este tipo de sistemas en las bibliotecas, destacando la reducción de tiempos en las tareas cotidianas del personal y en los tiempos de atención a los usuarios.

#### **Library's Smart Bookshelf and Book Positioning System Based on ultra-high frequency RFID Technology** (Wang et al., 2017).

En este proyecto se realizó el diseño de una estantería de libros inteligente para bibliotecas, capaz de enviar la ubicación del libro respecto a su posición empleando tecnología RFID en el rango de frecuencias ultra altas UHF (Ultra High Frequency), especificando los detalles técnicos de los equipos empleados y los protocolos de comunicación, aportando a la investigación ejemplos prácticos de uso de la tecnología y de cómo realizar una correcta documentación del proyecto.

**Application of RFID Technology in Libraries and Role of Librarians** (Solanki, 2019).

En este proyecto se realizó una aplicación del conocimiento para dar a conocer los beneficios de emplear RFID en los sistemas de gestión de bibliotecas y cómo pueden afectar a los usuarios del sistema, principalmente a las funciones de los bibliotecarios, aportando al proyecto información de funciones complementarias con la que pueden contar los LMS como la capacidad de poder ordenar el material apropiadamente al contar con lectores adicionales en las estanterías.

**Implantação de sistema de autoatendimento RFID (Rádio Frequency Identification) em bibliotecas** (Coelho Fernandes & Fernandes Neto, 2018).

En este proyecto se realizó el desarrollo de la automatización sistemática del material bibliográfico realizado en la Biblioteca Orlando Teixeira de la Universidad Federal Rural del Semiárido en Mossoró, Brasil, aportando a la investigación procesos necesarios para automatizar un LMS como lo son los módulos de préstamo y devolución de material por cuenta propia, lo cual presenta beneficios agregados al proyecto en medio de la pandemia por el COVID-19, en donde se vio reducido el contacto físico entre personas debido a la posibilidad de contagio que esto significaba, que incluso al concluirse dicha situación extraordinaria, algunas personas preferirán, por prevención, mantener algunas medidas que fueron decretadas en el momento.

## **2.2 Marco teórico**

### **2.2.1. LMS**

Antes de comenzar a plantear los términos técnicos de las tecnologías empleadas en el desarrollo del proyecto, se plantea primero definir un término del cual no es ajena el desarrollo de este proyecto, siendo éste “LMS”, que son las siglas en inglés de Library

Management Systems, que es el nombre dado a la evolución de los sistemas de información de bibliotecas (Library Information Systems), un término adoptado por el pionero en la mecanización de las bibliotecas, el Dr. Ralph Halsted Parker en 1968, quien definió éste término como el proceso de automatizar los procesos intrínsecos de las bibliotecas tales como el control en la circulación de los libros, su categorización y ubicación, además del acceso a materiales no disponibles físicamente en la biblioteca, sino de forma electrónica, tomando en consideración aquellos sistemas que aún no eran funcionales, ya que para la fecha la Biblioteca Nacional de Medicina de los Estados Unidos estaba comenzando el desarrollo de lo que hoy se conoce como Medline y PubMed (Kochtanek, 2002).

Por su parte, en las áreas de RFID y sistemas embebidos es necesario resaltar los conceptos básicos en los que se fundamentó el proyecto, teniendo en cuenta que estos aspectos dan una mejor perspectiva de lo que se realizó. Las definiciones más relevantes se pueden observar en los siguientes ítems.

### **2.2.2. RFID**

Son las siglas de Radio Frequency IDentification (Want, 2006), en español Identificación por Radiofrecuencia. Es un sistema de almacenamiento y recuperación de datos remoto que usa dispositivos denominados etiquetas, tarjetas, transpondedores o etiquetas RFID. El propósito fundamental de la tecnología RFID es transmitir la identidad de un objeto (similar a un número de serie único) mediante ondas de radio. Las tecnologías RFID se agrupan dentro de las denominadas Auto ID (automatic identification, o identificación automática) y su desarrollo se ha visto reflejado en un gran número de registro de patentes relacionados con su uso e implementación, logrando a 2001 más de 350 patentes otorgadas a diferentes postulantes (Jerry & Barbara, 2001) y a la fecha más de noventa mil patentes concedidas (United States Patent and Trademark Office, n.d.).

### **2.2.3. Etiquetas RFID**

Las etiquetas RFID son unos dispositivos pequeños, similares a una pegatina, que pueden ser adheridas o incorporadas a un producto, un animal o una persona (Coelho Fernandes & Fernandes Neto, 2018). Contienen antenas para permitirles recibir y responder a peticiones por radiofrecuencia desde un emisor-receptor RFID. Las etiquetas pasivas no necesitan alimentación eléctrica interna, mientras que las activas sí lo requieren. Una de las ventajas del uso de radiofrecuencia (en lugar, por ejemplo, de infrarrojos) es que no se requiere visión directa entre emisor y receptor.

El modo de funcionamiento de los sistemas RFID es simple. La etiqueta RFID, que contiene los datos de identificación del objeto al que se encuentra adherido, genera una señal de radiofrecuencia con dichos datos. Esta señal puede ser captada por un lector RFID, el cual se encarga de leer la información y pasarla en formato digital a la aplicación específica que utiliza RFID. Un sistema RFID consta de los siguientes tres componentes:

1. Etiqueta RFID o transpondedor: compuesta por una antena, un transductor radio y un material encapsulado o chip. El propósito de la antena es permitirle al chip, el cual contiene la información, transmitir la información de identificación de la etiqueta. Existen varios tipos de etiquetas. El chip posee una memoria interna con una capacidad que depende del modelo y varía de una decena a millares de bytes.
2. Lector de RFID o transceptor: compuesto por una antena, un transceptor y un decodificador. El lector envía periódicamente señales para ver si hay alguna etiqueta en sus inmediaciones. Cuando capta una señal de una etiqueta (la cual contiene la información de identificación de esta), extrae la información y se la pasa al subsistema de procesamiento de datos.

3. Subsistema de procesamiento de datos o Middleware RFID: proporciona los medios de proceso y almacenamiento de datos.

El tipo de antena utilizado en una etiqueta depende de la aplicación para la que está diseñado y de la frecuencia de operación. Las etiquetas de baja frecuencia (LF, del inglés low frequency) normalmente se sirven de la inducción electromagnética. Como el voltaje inducido es proporcional a la frecuencia, se puede producir el necesario para alimentar un circuito integrado utilizando un número suficiente de espiras. Existen etiquetas LF compactas (como los encapsulados en vidrio utilizados para identificación humana y animal) que utilizan una antena en varios niveles (tres de 100-150 espiras cada uno) alrededor de un núcleo de ferrita. En alta frecuencia (HF, 13,56 MHz) se utiliza una espiral plana con 5-7 vueltas y un factor de forma parecido al de una tarjeta de crédito para lograr distancias de decenas de centímetros. Estas antenas son más baratas que las LF ya que pueden producirse por medio de litografía en lugar de espiración, aunque son necesarias dos superficies de metal y una aislante para realizar la conexión cruzada del nivel exterior al interior de la espiral, donde se encuentran el condensador de resonancia y el circuito integrado. Las etiquetas pasivas en frecuencias ultra alta (UHF) y de microondas suelen acoplarse por radio a la antena del lector y utilizar antenas clásicas de dipolo. Sólo es necesaria una capa de metal, lo que reduce el coste. Las antenas de dipolo, no obstante, no se ajustan muy bien a las características de los circuitos integrados típicos (con alta impedancia de entrada, ligeramente capacitiva). Se pueden utilizar dipolos plegados o bucles cortos como estructuras inductivas complementarias para mejorar la alimentación. Los dipolos de media onda (16 cm a 900 MHz) son demasiado grandes para la mayoría de las aplicaciones (por ejemplo, las etiquetas para uso en etiquetas no pueden medir más de 10 cm), por lo que hay que doblar las antenas para satisfacer las necesidades de tamaño. También pueden usarse estructuras de banda

ancha. La ganancia de las antenas compactas suele ser menor que la de un dipolo (menos de 2 dB) y pueden considerarse isótropas en el plano perpendicular a su eje. Los dipolos experimentan acoplamiento con la radiación que se polariza en sus ejes, por lo que la visibilidad de una etiqueta con una antena de dipolo simple depende de su orientación. Las etiquetas con dos antenas ortogonales (etiquetas de doble dipolo) dependen mucho menos de ella y de la polarización de la antena del lector, pero suelen ser más grandes y caras que sus contrapartidas simples. Las antenas HF y UHF suelen ser de cobre o aluminio.

#### **2.2.4. IoT (Internet of Things – Internet de las Cosas)**

El internet de las cosas (IoT, por sus siglas en inglés) es un sistema de dispositivos de computación interrelacionados, máquinas mecánicas y digitales, objetos, animales o personas que tienen identificadores únicos y la capacidad de transferir datos a través de una red, sin requerir de interacciones humano a humano o humano a computadora.

Al igual que ocurre con muchos conceptos nuevos, las raíces del IoT se encuentran en el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) y, más concretamente, en el trabajo que se realiza en el Auto-ID Center. Este grupo, fundado en 1999, trabajaba en el campo de la identificación por radiofrecuencia (RFID) en red y en el de las nuevas tecnologías de detección por sensores. Los laboratorios se encontraban en siete universidades de investigación ubicadas en cuatro continentes diferentes. El Auto-ID Center eligió estas instituciones para que diseñasen la arquitectura del IoT (Evans, 2011).

### 3. Metodología

El trabajo se realizó de manera secuencial, siguiendo los lineamientos establecidos por cada uno de los objetivos planteados.

#### 3.1. Analizar información de las especificaciones de sistemas embebidos y las frecuencias empleadas para RFID

Los sistemas embebidos son los tipos de procesamiento de información integrados en un entorno de equipos físicos como sensores y actuadores, que interactúan de forma continua con su entorno a un ritmo determinado por el mismo, y cuentan con las siguientes características fundamentales (Noergaard, 2005):

- Confiabilidad,  $R(t)$ , la cual se define como la probabilidad de que el sistema trabaje correctamente dado que está funcionando en  $t=0$ .
- Mantenibilidad,  $M(d)$ , que es la probabilidad de que el sistema vuelva a trabajar correctamente  $d$  unidades de tiempo después de un fallo.
- Disponibilidad,  $A(t)$ , definida como la probabilidad de que el sistema esté en funcionamiento en el tiempo  $t$ .
- Seguridad, para que la comunicación esté disponible de manera confidencial y autenticada.
- Eficiencia, ésta dada respecto al consumo energético, al tamaño del código, al peso físico y a su costo.
- Interfaces de usuario, dedicadas o independientes, es decir, sin necesidad de periféricos como teclado, ratón o pantalla.

Además, por la naturaleza de los sistemas embebidos, deben tener ciertas restricciones de tiempo, es decir, restricción al tiempo que puede tardar en responder el sistema embebido a

un estímulo, dichas restricciones son denominadas duras si su incumplimiento puede resultar en una catástrofe, o suaves si no es el caso.

Las frecuencias empleadas en la tecnología RFID son distribuidas en bandas o rangos de frecuencias, y se clasifican desde baja frecuencia en el rango de los 124 a 134 KHz, alta frecuencia en los 13.56 MHz, y en los rangos de 433 a 956 MHz clasificados como ultra alta frecuencia (Domdouzis et al., 2007). Las bandas comerciales de 2.4 GHz y 5 GHz, al ser bandas con un mayor uso en dispositivos cotidianos con tecnologías como Bluetooth y WiFi, requieren una mayor eficiencia en los lectores a usar para mantener la calidad de la señal, por tanto no se suelen emplear estas frecuencias para aplicaciones RFID (Desa et al., 2009).

### **3.2. Establecer la metodología y el diseño del sistema**

La metodología del sistema se basó en las necesidades que se vieron frente al desarrollo y futura implementación, por lo tanto, el sistema debía contar con las siguientes características fundamentales:

1. Capacidad de lectura simultánea de etiquetas, de tal forma que no hubiera posibilidad de saltarse el sistema al intentar pasar múltiples materiales bibliográficos en simultáneo.
2. Almacenamiento de las lecturas en una base de datos para analizar el movimiento del material.
3. Respuesta del estado del material a partir de la consulta en la base de datos, con el fin de detectar si es un retiro autorizado o en caso contrario activar una alerta al personal administrativo. Esta respuesta, al igual que la capacidad de lectura del primer punto debía ser en simultáneo o para múltiples lecturas.

La Figura 1 ilustra el bosquejo propuesto para el diseño del sistema para la monitorización de una sala de biblioteca, donde se cuenta con el material clasificado con etiquetas RFID, un

punto de préstamo para autorizar un retiro y un lector en la entrada / salida para la detección del material sin intervención humana.



Figura 1. Bosquejo propuesto para la lectura del material bibliográfico.

Nota: Gráfico por los autores y Freepik (Macrovector, 2019a, 2019b).

El dispositivo o sistema embebido a diseñar para las lecturas de ultra alta frecuencia debía seguir los estándares de implementación (Barandica López et al., 2012) y seguir la estructura con los equipos planteados, que tal y como se muestra en la Figura 2 es: La o las antenas de ultra alta frecuencia irían conectadas al lector RFID correspondiente, éste envía la información leída al dispositivo, el cual la presente en el monitor de actividad, y éste se comunica bidireccionalmente con la base de datos para intercambiar lecturas y control de estado entre uno y otro.

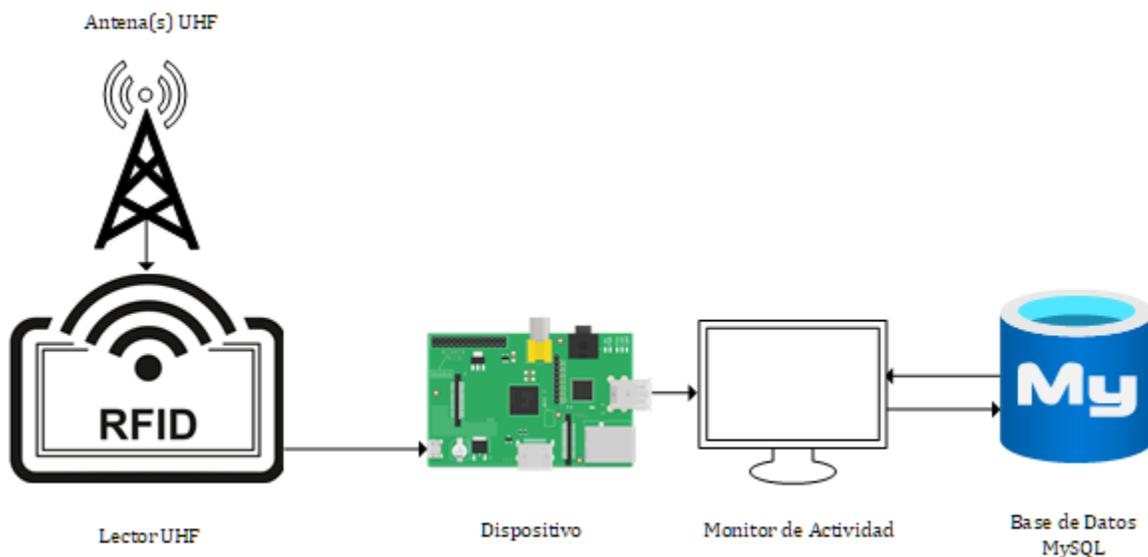


Figura 2. Arquitectura preliminar del dispositivo de lectura de ultra alta frecuencia.

Se empleó el método de matriz de decisiones (o selección de concepto de Pugh) (Niño Rondón, 2020) para la selección de las herramientas de hardware a emplear en el diseño del dispositivo, seleccionando posibles opciones como Arduino, Raspberry Pi y FPGA de diferentes fabricantes. Los parámetros elegidos, propios de cada uno de los dispositivos, se presentan en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Parámetros en el proceso de selección de hardware.

Parámetros	Indicador
Velocidad del procesador	A
Versatilidad / Modularidad	B
Memoria RAM	C
Precio	D
Capacidad multihilo	E
Cantidad de información	F

Para cada parámetro se le fue asignado un peso relativo respecto a los otros, donde un valor más alto en una fila equivale a una característica mejor o de mayor importancia que su contraparte en la columna, tal y como se presenta en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Pesos relativos entre los parámetros de selección de hardware.

	A	B	C	D	E	F
A	X	4	2	8	6	10,00
B	1/4	X	1/2	2	1,5	2,50
C	1/2	2	X	4	3	5,00
D	1/8	1/2	1/4	X	3/4	1,25
E	1/6	2/3	1/3	1,33	X	1,67
F	1/10	2/5	1/5	4/5	3/5	X

La matriz de selección final, junto con el hardware seleccionado se encuentran a continuación en los resultados del proyecto.

Para elegir las herramientas de software a emplear para la interpretación, comunicación y respuesta de los datos leídos se realizó una comparativa entre los lenguajes de programación Python y Javascript (a través del entorno de NodeJS), y en el caso de la comunicación emplear el protocolo MQTT o WebSockets, para ello se agrupó cada lenguaje de programación y cada protocolo de comunicación por elegir en parejas y se empleó nuevamente el concepto de Pugh. La Tabla 3 muestra los parámetros elegidos para tal selección.

**Tabla 3.** Parámetros en la selección de las herramientas de software.

Parámetros	Indicador
Soporte asíncrono nativo	A
Tiempo de ida y vuelta (Round-Trip Time)	B
Tamaño de instalación en disco	C
Uso de recursos	D

Los resultados de la ponderación de los parámetros se detallan a continuación en los resultados.

### 3.3. Elaborar el algoritmo para el funcionamiento del sistema embebido

En el diseño de la base de datos se optó directamente por usar un tipo de base de datos relacional, que permitiera separar toda la información correspondiente al material

bibliográfico para su posterior categorización. Al ser bases de datos relacionales, el parámetro de identificación a usar podría ser bien el valor ID de incremento automático de la tabla o un parámetro del material bibliográfico como el ISBN. El motor de base de datos a emplear fue MariaDB (The MariaDB Foundation, 2021), solución de código abierto del popular motor MySQL, propiedad de Oracle y con restricciones de licencia para uso comercial. En la Figura 3 se muestra un ejemplo base que se usó para el diseño de la base de datos.

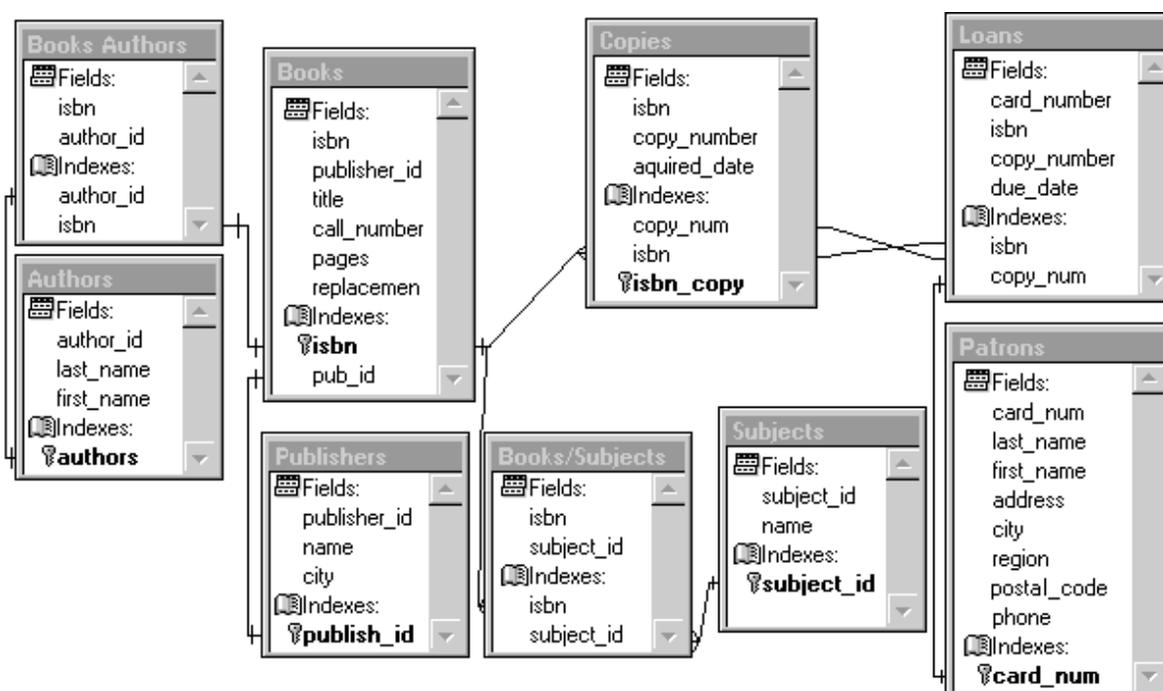


Figura 3. Guía para el diseño de las tablas de la base de datos.

Nota: Gráfico por el equipo de documentación de Microsoft (Microsoft, 2006).

Al diseño de base de datos, además de contar con los parámetros propios del sistema como valor o equivalente RFID de la etiqueta asignada, también contó con campos o tablas necesarias para la autenticación de usuarios en la plataforma, con la posibilidad de contar con una vista de parte de la Universidad Francisco de Paula Santander para leer los datos del

personal a partir del código RFID presente en los carnés, y de no ser posible poder registrar de cero a dicho personal.

Para la elaboración del algoritmo de lectura de RFID se planteó una secuencia de instrucciones necesarias, que consistía en los siguientes puntos específicos, los cuales necesitaban conservar su continuidad para el correcto funcionamiento del sistema. Dicho planteamiento quedó plasmado en el diagrama de flujo de la Figura 2:

1. Iniciar el sistema embebido, en este caso, la Raspberry Pi.
2. Ejecutar automáticamente el código del aplicativo al iniciar el sistema embebido.
3. Realizar la validación de conexión de los lectores que deberían estar conectados
  - a. En caso de no estar conectados detener el sistema.
  - b. En caso de estar conectado, solicitar nuevas lecturas, esperando nuevos datos.
4. Interpretar y procesar los datos recibidos.
  - a. Notificar a los usuarios presentes en la conexión de WebSockets.
  - b. Almacenar la lectura en la base de datos.
    - i. Para registro de movimientos.
    - ii. Para control de entrada y salida.
5. Guardar el estado del recurso.
6. Regresar al punto 3b, en caso de que no haya ocurrido la condición 3a.

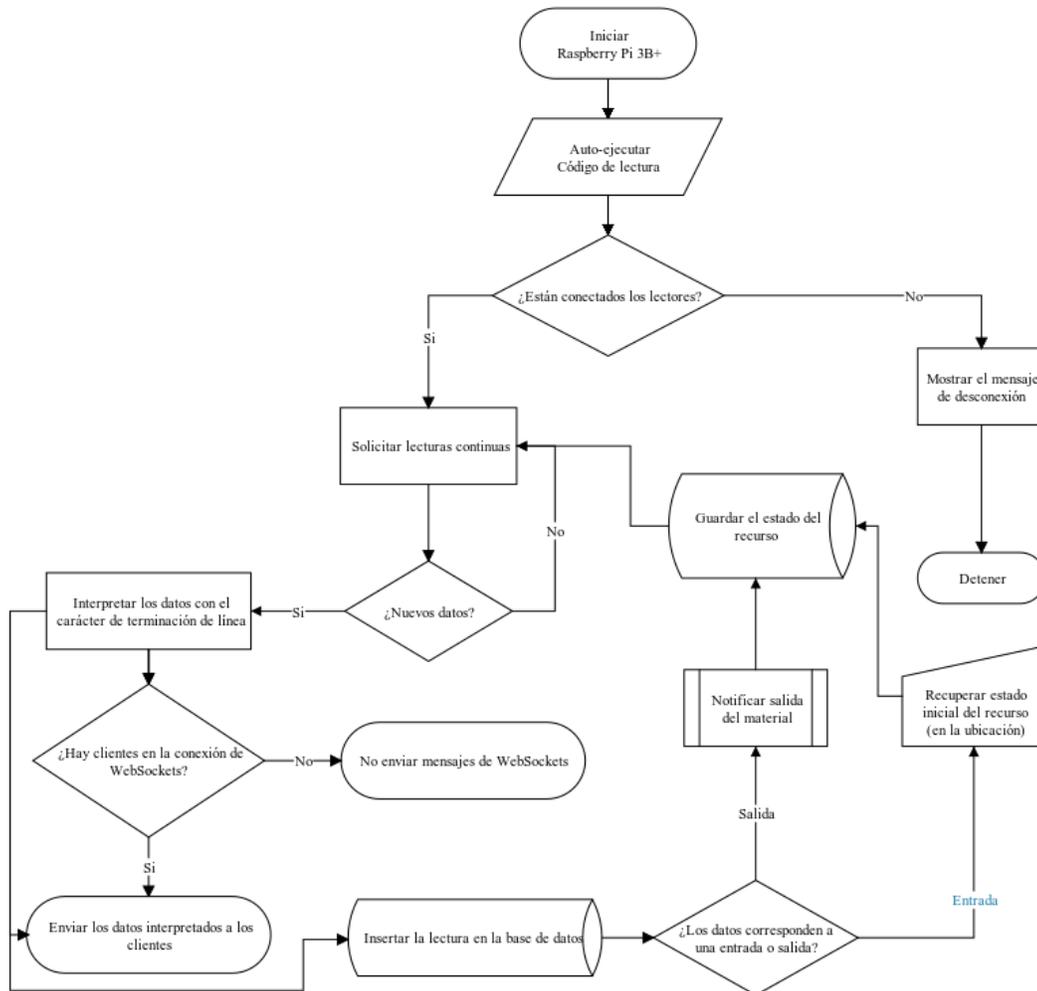


Figura 4. Diagrama de flujo del sistema embebido.

En la programación de la plataforma o interfaz del sistema se empleó el conjunto de herramientas denominadas XAMPP, siendo éstas las siglas de Apache (servidor), MariaDB (motor de base de datos), PHP (interpretador o lenguaje de programación empleado), PHPMyAdmin (panel de administración de las bases de datos). El código o algoritmo empleado apuntó a emplear el patrón de arquitectura de software MVC (Modelo – Vista – Controlador), con el fin de poder ordenar la estructura del código. Para facilitar el diseño de la interfaz visual (UI), se empleó la herramienta de código abierto AdminLTE, con la cual están diseñadas las plataformas de División de Sistemas de la Universidad.

### 3.4. Evaluar el diseño del sistema

La evaluación del diseño del sistema consistió en lograr cumplir cada uno de los parámetros establecidos previamente, realizando cada proceso descrito en conjunto para obtener los resultados previstos. Dichos resultados se presentarían en diferentes espacios y discusiones académicas y se someterían a evaluadores para publicación en revista científica.

Parte de la evaluación del sistema por tanto consistió en obtener lecturas en el dispositivo por parte de las etiquetas RFID, lo cual se logró a cabalidad desde la RedBoard hacia la Raspberry Pi, y al mismo tiempo comunicarse con la base de datos, insertando dicha lectura, como se observa en la Figura 5.

```
pi@raspberrypi:~/Desktop/ServidorNodeJS $ node funciona.js
Servidor corriendo
1616649091976 - 012C03000D86D00E
1616649091999 - Datos insertados a MySQL
1616649096696 - 012A03000D86D8CF
1616649096707 - Datos insertados a MySQL
1616649099130 - 012A03000D86D7DB
1616649099143 - Datos insertados a MySQL
1616649101404 - 01361C00007F3C37
1616649101416 - Datos insertados a MySQL
1616650656506 - 013103000D86D00D
1616650656517 - Datos insertados a MySQL
1616650657868 - 01361C00007F3C37
1616650657878 - Datos insertados a MySQL
```

Figura 5. Lecturas RFID de ultra alta frecuencia en el sistema embebido.

## 4. Resultados

Considerando lo planteado en la metodología previamente descrita, se presentan los siguientes resultados:

### 4.1. Selección de herramientas

La selección de herramientas se dio a partir del modelo planteado de matriz de decisión, y se dividió en hardware (herramientas físicas) como software (herramientas digitales).

#### 4.1.1. Herramientas de hardware

La Tabla 4 nos presenta la ponderación de los parámetros en el proceso de selección de las herramientas físicas o de hardware, en donde se decidió no sólo tomar una herramienta sino permitir que el sistema embebido fuera lo más modular posible contando con dos dispositivos, y por tanto remitiendo procesos a partes específicas con el fin de mitigar fallos globales, es decir, que al fallar un dispositivo, pueda ser fácilmente sustituido en el proceso y no se vea todo interrumpido a casusa de usar una sola herramienta.

**Tabla 4.** Matriz de decisión empleada en la selección de herramientas de hardware.

	A	B	C	D	E	F	TOTAL
Raspberry Pi	0,306001	0,066638	0,149482	0,014014	0,047265	0,013924	<b>0,597325</b>
RedBoard	0,027347	0,008885	0,010608	0,066566	0,006452	0,004177	<b>0,124036</b>
Arduino UNO	0,027347	0,008885	0,010608	0,031531	0,006452	0,006614	0,091438
Nexys 2 S. 3E	0,045724	0,011195	0,033754	0,003503	0,005652	0,002228	0,102057
Teensy 3.5	0,036931	0,005997	0,017221	0,019853	0,004376	0,000766	0,085145

#### 4.1.2. Herramientas de software

En el caso de las herramientas de software y los protocolos de comunicación a elegir, además de emplear la ponderación definida para evaluar cada conjunto seleccionado, como se muestra en la Tabla 5, también se sometió a estudio cada parámetro por separado, como

se muestra en la Tabla 6, en donde se puede apreciar que sólo un conjunto de tecnologías lograba pasar todos los parámetros, ya que las otras 3 no dieron respuesta en determinados parámetros.

**Tabla 5.** Matriz de decisión en la selección de herramientas de software y protocolos de comunicación.

	A	B	C	D	TOTAL
Python WebSockets	0,016862	0,003964	0,004471	0,002787	0,028084
NodeJS WebSockets	0,358312	0,123589	0,001224	0,055735	<b>0,538859</b>
Python MQTT	0,054801	0,057131	0,020709	0,006709	0,139349
NodeJS MQTT	0,168617	0,097006	0,001765	0,026319	0,293707

**Tabla 6.** Resultados de la prueba de lecturas del dispositivo con las diferentes tecnologías de software.

Tecnología	A	B	C	D
Python WebSockets	53,7	122,9	Sin respuesta	Sin respuesta
NodeJS WebSockets	38,9	151,1	1616650657868	1616650657878
Python MQTT	20,9	43,5	Sin respuesta	Sin respuesta
NodeJS MQTT	35,6	144,7	Sin respuesta	Sin respuesta

## 4.2. Caracterización de los equipos con tecnología RFID

La caracterización de los equipos empleados es lo que permitió al proyecto encontrar los parámetros correctos a usar en el diseño e implementación que se logró. A continuación, se presenta dicha caracterización basado en las frecuencias empleadas.

### 4.2.1. Etiquetas y lectores de Ultra Alta Frecuencia

Las etiquetas RFID con la capacidad de ser leídas a una distancia mayor a un metro (o menos si fuese necesario, como para el caso de un dispositivo para préstamo del material) son las de ultra alta frecuencia (UHF), las cuales trabajan en el rango de frecuencia de 860 MHz – 960 MHz según los estándares ISO/IEC 18000-6c (Standardization, 2010) y GS1

EPCglobal Gen 2 (EPCglobal, 2017). El fabricante elegido para obtener dichas etiquetas fue SparkFun, ya que cuenta con todas las características planteadas, además de que sus etiquetas tienen propiedad adhesiva, lo cual facilita su implementación en el material bibliográfico. Dichas etiquetas tienen unas dimensiones de 2.35cm x 9.67cm y cada etiqueta cuenta las siguientes características:

- 800 bits de memoria.
- 512 bits asignables por el usuario.
- Identificador verdaderamente único (TID, del inglés Truly Unique ID) de 64 bits.
- Claves de acceso y de terminación (inutilización) de 32 bits.

La lectura de las etiquetas implementadas en el material bibliográfico se realizó con el lector M6E Nano, fabricado por JADAK, distribuido como un módulo Arduino por SparkFun, el cual facilita las conexiones entre los demás equipos empleados, ya que eliminaba los costos de fabricar una placa para las conexiones del chip M6E Nano, y en su lugar se emplearía una RedBoard UNO, la cual es una placa de desarrollo compatible con Arduino desarrollada por SparkFun para mayor compatibilidad con su línea de productos empleada en el proyecto. El módulo cuenta con la capacidad de conectar una antena externa para aumentar el alcance de lectura por defecto del lector al aumentar la potencia programáticamente; dicho alcance por defecto es de 1 cm a una potencia de 5 dBm. Las pruebas de lecturas y su respectivo alcance en ultra alta frecuencia se encuentran referenciadas en la Tabla 7, junto a la dispersión horizontal de las lecturas al aumentar la potencia, ya que la antena indica emplear polarización vertical lineal y se debía comprobar dicho parámetro.

**Tabla 7.** Pruebas de lectura realizadas con el lector de ultra alta frecuencia.

	5 dBm	10 dBm	15 dBm	20 dBm	25 dBm
	Sin antena externa				
Alcance	1cm	5cm	10cm	0	0
Dispersión horizontal (diámetro)	5cm	10cm	20cm	0	0
Cantidad de etiquetas leídas	2	5	10	0	0
	Con antena externa				
Alcance	15cm	50cm	1m	2.5m	4m
Dispersión horizontal (diámetro)	23cm	50cm	75cm	1m	3m
Cantidad de etiquetas leídas	4	8	12	16	20

Nota: Las lecturas con resultados 0 en la tabla corresponden a la sobrecarga del puerto USB al usar este modo de lectura.

#### 4.2.2. Etiquetas y lectores de Alta Frecuencia

Para las lecturas de los carnés institucionales, necesarios para identificar a qué persona correspondería cada préstamo de material bibliográfico, se hizo necesario emplear tecnología RFID de alta frecuencia (13.56 MHz), ya que fue la tecnología adoptada por la Universidad Francisco de Paula Santander para estas etiquetas. Para este tipo de tecnología las distancias de lectura de las etiquetas son cortas, esto ocurre debido a que emplea acoplamiento magnético para realizar dichas lecturas, lo que hace que las etiquetas deban estar cerca para ser leídas. Existen algunas formas de aumentar esta distancia de lectura, tales como agregar etiquetas adyacentes para manipular la frecuencia de resonancia de las etiquetas (Fujisaki, 2019), el cual no logra nada significativo más allá de un rango de 6 y 18 centímetros de lectura, o a partir del diseño de un lector empleando tecnología CMOS de 0.35  $\mu\text{m}$  con el método de acumulador de vacío en lugar del método de submuestreo de peine, logrando menor disipación de potencia al tiempo que emplea menos transistores (Nur'ainingsih et al., 2020). El lector seleccionado para las lecturas RFID fue el lector RC522, el cual se comunica

por medio del protocolo SPI, y éste puede ser usado desde un Arduino Nano y luego comunicado por USB Serial o directamente en la Raspberry Pi a través de los conectores de Entrada y Salida de Propósito General (GPIO – General Purpose Input / Output).

Al realizar las pruebas de lectura en alta frecuencia, observadas en la Tabla 8, se encontró que, sin obstrucción entre el lector y la etiqueta, se pueden alcanzar distancias de lectura de hasta 30 centímetros. Al agregar obstrucciones tales como un encapsulado donde se instalaría el lector, esta distancia se ve reducida en más de la mitad, logrando lecturas entre 8 y 12 centímetros en el mejor de los casos, lo que también depende del material con el que se haya fabricado dicho encapsulado.

**Tabla 8.** Pruebas de lectura realizadas con el lector de alta frecuencia.

	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10
1cm (sin obstrucción)	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No	Sí
5cm (sin obstrucción)	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No	No	No
10cm (sin obstrucción)	Sí	Si	Si	Si	No	No	No	No	No	No
20cm (sin obstrucción)	No	Sí	No	No	Sí	No	No	No	No	No
3cm (con obstrucción)	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No	Sí	No
5cm (con obstrucción)	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	No	No	No
10cm (con obstrucción)	Si	Si	No	No	Si	No	No	No	No	No
20cm (con obstrucción)	No	No	Si	No						

Nota: Cada columna L equivale a una lectura realizada. Las lecturas 1 a 5 equivalen a lecturas de una única etiqueta. Las lecturas 6 a 10 equivalen a intentar leer 2 etiquetas al tiempo.

La potencia a la cual se programó el lector de RFID de ultra alta frecuencia fue de 23 dBm, la cual permitió obtener lecturas en línea fija de cerca de 2 metros y medio, con una dispersión horizontal cercana a los 2 metros, equivalente a la distancia con la que cuentan las entradas

a las salas más amplias de la biblioteca Eduardo Cote Lamus de la Universidad Francisco de Paula Santander, que es a donde se apuntó a implementar el sistema.

Al emplear Arduino para las lecturas RFID de alta y ultra alta frecuencia, el lenguaje de programación a emplear fue C++, ya que es lenguaje propio que emplea el entorno de Arduino. Luego de los resultados obtenidos en las herramientas de selección de software, los lenguajes de programación complementarios a emplear fueron Javascript, tanto del lado del servidor, es decir, en comunicación directa con dispositivos y bases de datos, como del lado del cliente, es decir, para la lectura o interpretación de las respuestas enviadas por el servidor.

### **4.3. Interfaz de usuario**

La interfaz de usuario presentó una distribución en sus capacidades, categorizada desde los aspectos más generales o referentes a la interacción externa, hasta los parámetros más específicos o propios del sistema de monitorización de recursos bibliográficos.

#### **4.3.1. Gestión de usuarios**

En la gestión de usuarios que se puede encontrar en la interfaz del sistema se cuenta con la creación de los diferentes roles que interactúan con el sistema, siendo éstos, por diseño, estudiante de pregrado o posgrado, docente, administrativo, egresado, beca trabajo asignado a biblioteca, administrativo de biblioteca, estudiante de intercambio, estudiante invitado de otra universidad, visitante autorizado, y en caso de no encajar en estas características, un rol o rango sin asignar. Cada uno de estos rangos se definen por un identificador único, el cual les permite realizar o ver funciones específicas dentro del sistema.

#### **4.3.2. Gestión de ubicaciones**

En la gestión de ubicaciones se encuentran programadas cada una de las tareas del proceso de creación, edición y distribución del material y los equipos en los espacios físicos, siendo éstos clasificados desde el punto más general (edificios) como el caso de la Biblioteca

Eduardo Cote Lamus, permitiendo así ser implementado en más espacios, pasando a la distribución por niveles dentro de cada edificio, definido por pisos, con el objetivo de permitir, si es necesario, también poder monitorear el movimiento del material entre los diferentes niveles del edificio, para finalmente ser clasificado en salas, en donde se dispone de cada recurso (bibliográfico y dispositivo) físicamente. La creación de las diferentes salas en la interfaz de usuario se ve representada en la Figura 6.

Figura 6. Creación de salas en la interfaz de usuario.

#### 4.3.3. Gestión de recursos físicos

Los recursos físicos son todos aquellos dispositivos que se integran e interactúan con el sistema y se encuentran en las ubicaciones descritas previamente, clasificándose en lectores o módulos, presentes en el ingreso / salida de cada sala, y en estaciones de préstamo, ubicados bien en la misma sala o a nivel general en el edificio, desde donde se solicita su retiro autorizado, de tal modo que los recursos bibliográficos retirados puedan ser controlados al entrar o salir de cada una de las diferentes ubicaciones. Las estaciones y módulos agregados a la plataforma se presentan en tiempo real gracias a los WebSockets implementados al

personal con los privilegios asignados de tal forma que se pueda saber en detalle cuáles estaciones o módulos están conectados y en funcionamiento en el sistema, de tal forma que se puedan realizar validaciones o pruebas de funcionamiento en caso que algún equipo se encuentre fuera de línea (offline), como se muestra en la Figura 7.



Figura 7. Listado de dispositivos en la interfaz de usuario.

- (a) Si no se logra conectar con el dispositivo en el momento.
- (b) Si el dispositivo se encuentra en línea y enviando datos en el canal de WebSockets.

#### 4.3.4. Gestión de material bibliográfico

La gestión y monitorización del material bibliográfico es el fin máximo de la interfaz de usuario, por tanto, debe ser muy precisa en cómo referencia internamente este material, cómo gestiona cada copia o versión, y a la vez cómo clasifica el material, de tal manera que permita buscar material lo significativamente similar para ofrecer alternativas a los usuarios, en caso que no se encuentre disponible en el momento el material solicitado.

Se partió a partir de la característica más fundamental de cada recurso, siendo éste su identificador ya asignado previamente por el proveedor como lo es el ISBN, o en caso de no contar con uno, asignarle un identificador interno dentro del sistema, con el cual se procedería a asignarle parámetros de conocimiento abierto como el título asignado al material, de igual forma se asocian el listado de los autores a tal identificador, diseñando una tabla específicamente para el listado de nombres de autores existentes, para mantener una uniformidad en el uso de estos nombres. Los detalles complementarios del material se asocian a cada copia del material, como el año de la edición en cuestión, el idioma de dicha

copia, si posee un identificador o un título alternativo propio de dicha edición, la etiqueta RFID de ultra alta frecuencia asignada a esa copia en específico y el número de la copia, en caso de contar con múltiples copias de la misma edición y que cada una pueda ser monitoreada de manera individual, asignando así el material a una sala en específico, desde la cual se leerá si el material en cuestión se encuentra saliendo o entrando al ser pasado por uno de los módulos de lectura.

Al identificador del libro también se le asocian las temáticas y sub-temáticas de las cuales es parte el material, como por ejemplo Ingeniería e Instrumentación Electrónica o Ingeniería y Sistemas de Comunicaciones, respectivamente en ambos casos, así como la editorial que publica dicho material, con información de la editorial en cuestión, lo que permite encontrar a nivel general material relacionado basado en diferentes características: temáticas, autores, editoriales, nombre.

#### **4.3.5. Base de datos**

Para que todas estas características de la plataforma funcionaran en conjunto, fue necesario contar con una base de datos que trabajara de esta manera, como ya fue expuesto en la metodología empleada, relacionando por tanto las diferentes características, dicho diseño de base de datos final se presenta en la Figura 8, donde se pueden ver en la parte central la lógica o interrelación de los parámetros, con el sistema de usuarios, de roles y sus respectivos permisos funcionando asincrónicamente a la lógica que gira en torno al sistema embebido RFID.

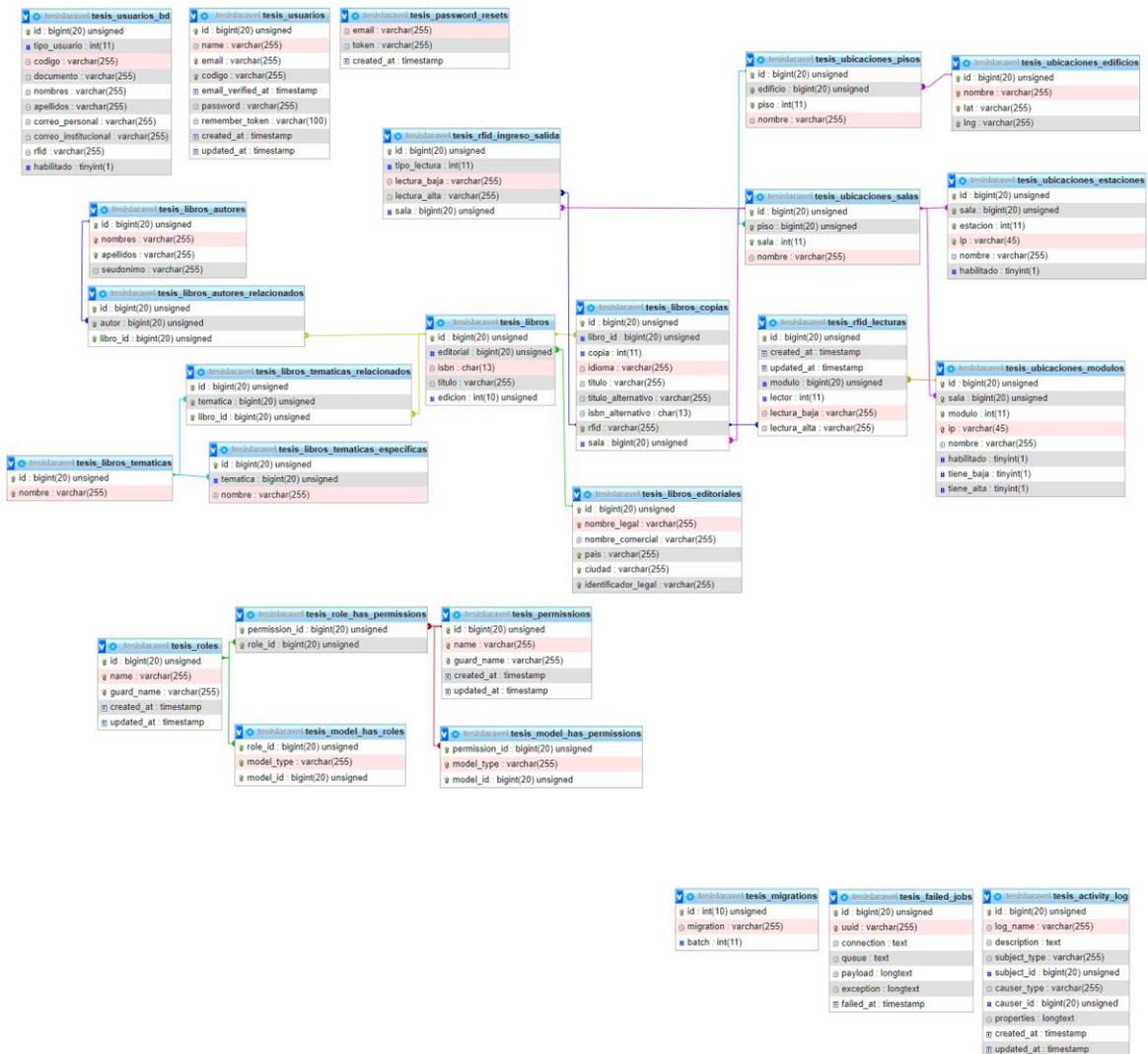


Figura 8. Diseño final parametrizado de la base de datos.

## 4.4. Implementación

### 4.4.1. Implementación en un entorno de pruebas

Considerando las pruebas realizadas sobre cada uno de los equipos y con la interfaz de usuario, se procedió a realizar una implementación en un entorno controlado de pruebas, el cual consistió en una habitación de hogar realizando lecturas de unos pocos libros empleando la antena de ultra alta frecuencia. Las conexiones físicas superficiales del dispositivo, el cual incluye la Raspberry Pi, la RedBoard, el módulo RFID M6E Nano, la antena externa y algunos materiales bibliográficos etiquetados se presentan en la Figura 9.

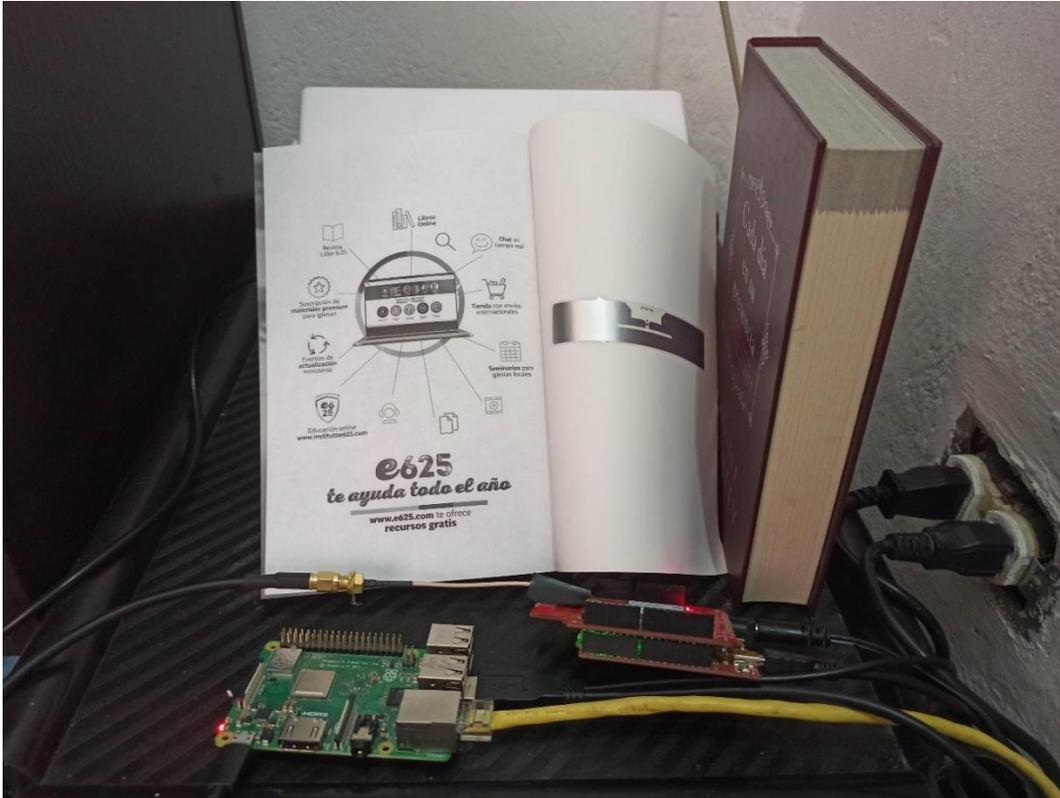


Figura 9. Implementación del dispositivo en un ambiente controlado de pruebas.

En la Figura 10a se puede apreciar la instalación de la antena a una altura análoga a la que correspondería a un lector en una entrada de una sala de biblioteca, cuya instalación permitió conseguir lecturas incluso con los obstáculos descritos previamente, como es el caso del material en el interior de un bolso, como se observa en la Figura 10b.



Figura 10. Implementación casera del sistema embebido

#### 4.4.2. Implementación en un entorno real (UFPS).

Basado en las pruebas y en los resultados expuestos anteriormente, con el apoyo de los ingenieros Sergio Iván Quintero Ayala, director de la División de Biblioteca de la UFPS y director del presente proyecto, y Sergio Alexander Castro Casadiego, codirector del proyecto y docente de la Universidad, se gestionaron los permisos en medio del cese de actividades presenciales de la universidad, para poder ejecutar la implementación de un prototipo en la Sala 3 de la biblioteca Eduardo Cote Lamus. Para dichas pruebas se volvieron a realizar pruebas a los equipos individualmente, como se observa en la Figura 11, con el fin de garantizar su funcionamiento antes de la instalación en la ubicación final.

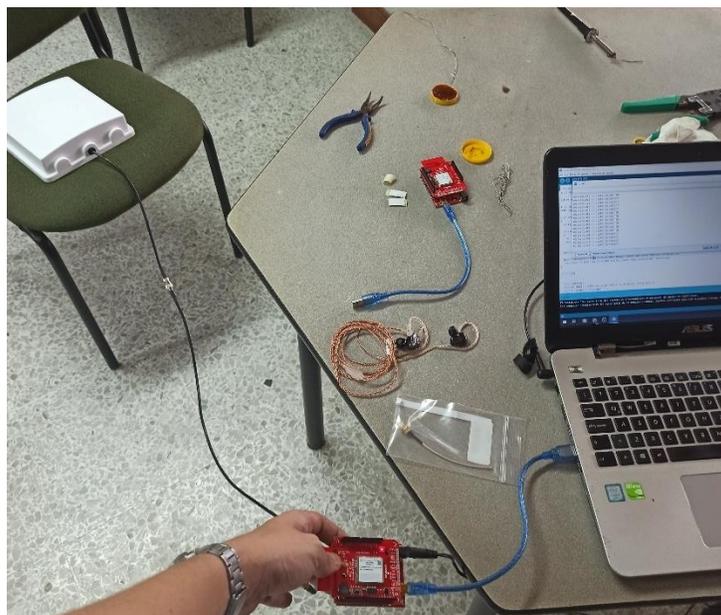


Figura 11. Pruebas realizadas a los equipos previo a su instalación en la Sala 3.

En las Figuras 12a y 12b se pueden observar las propuestas que se tuvieron para la ubicación del dispositivo en el interior de una caja eléctrica, para lo cual no se consideró en su momento el manejo correcto del cableado, sino que por el contrario se consideraban las opciones que mejor satisficieran el espacio con el que se contaba para la instalación.

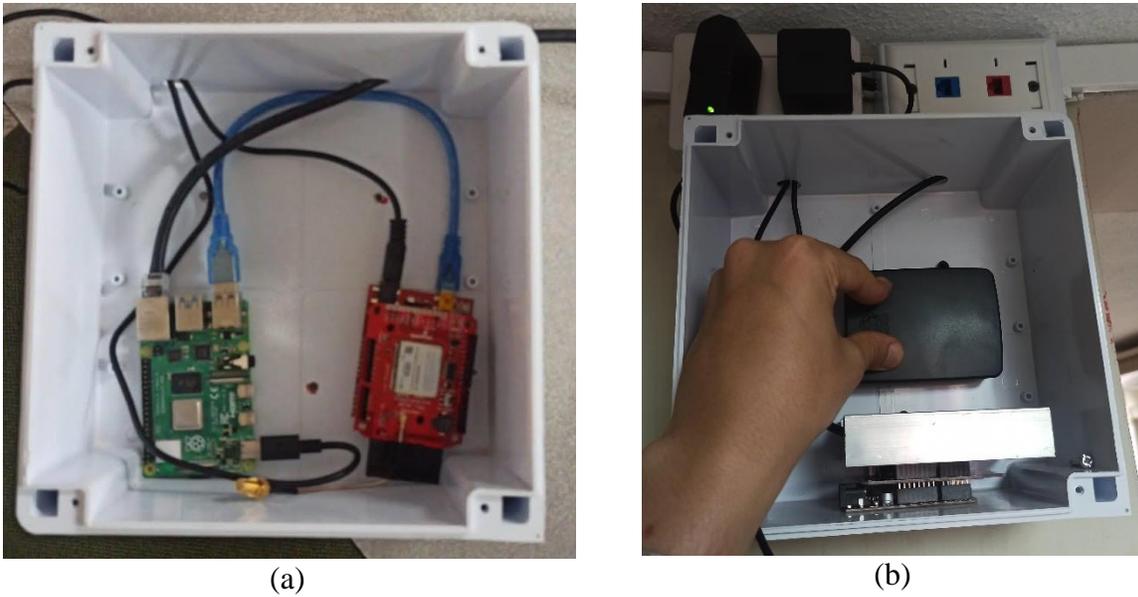


Figura 12. Planteamientos de instalación del sistema embebido en la Sala 3.

El prototipo del sistema embebido instalado en esta ubicación se puede observar en la Figura 13, ya con el debido manejo de cables, y su correcta acomodación o uso del espacio.

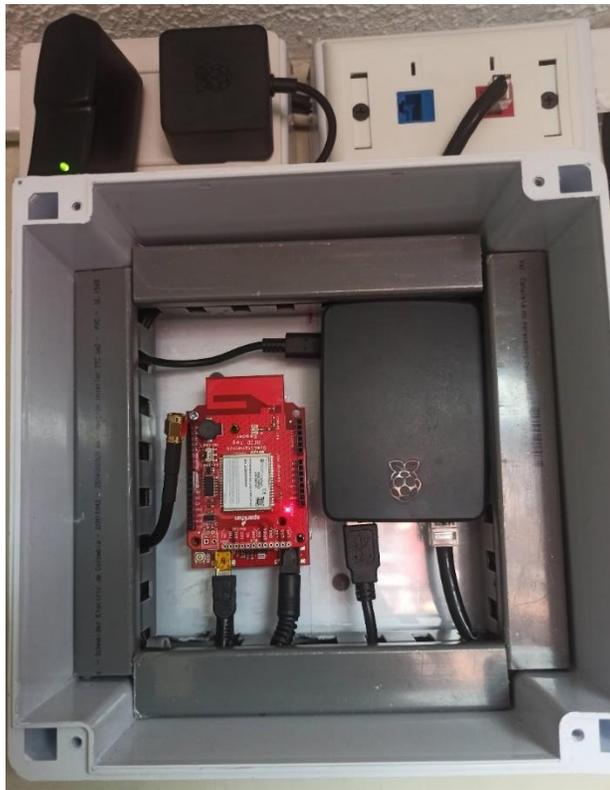


Figura 13. Prototipo del sistema embebido diseñado instalado en Sala 3.

Las operaciones de este prototipo se realizan como “biblioteca independiente” (esto es, sin comunicación directa con la base de datos de la biblioteca, que corre bajo la plataforma Koha) debido a que el proyecto FINU al que complementa el presente proyecto de grado se concebía el sistema como un posible sustituto (o complemento, en el mejor de los casos) al existente. Los libros a los cuales se les instaló las etiquetas RFID y fueron agregados a la base de datos del sistema se aprecian en la Figura 14, correspondientes, sin previa intención, a material bibliográfico de Sistemas de Comunicación.

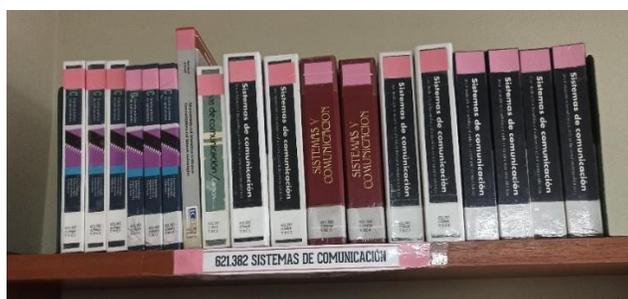


Figura 14. Libros asignados con etiquetas RFID de ultra alta frecuencia para el prototipo.

La lectura del material bibliográfico es registrada cada vez que el material pasa a través del acceso a la Sala 3 de la biblioteca (observada en la Figura 15), lo cual, gracias a las pruebas realizadas, permite detectar cualquier movimiento en el rango deseado, además de poder detectar material incluso si se encuentra dentro de un bolso o junto a otro material.



Figura 15. Acceso con lector RFID de ultra alta frecuencia en la Sala 3 de la biblioteca.

#### **4.5. Divulgación**

Cada proceso del desarrollo del proyecto fue sometido a la comunidad académica, con presentación de los avances en el semillero de investigación SIINE, como se muestra en el Anexo 2, además de los métodos de selección de herramientas de hardware y software, que fueron sometidos a revisión para publicación en revista científica institucional e internacional, siendo estas EcoMatemático y APANAC, respectivamente, además de contar con participación por medio de ponencia en ésta última. Estas evidencias se encuentran en los Anexos 3, 4 y 5.

Adicionalmente se sometió el desarrollo del prototipo a la revista de la Universidad Militar Nueva Granada, Ciencia e Ingeniería Neogranadina, en la cual los evaluadores presentaron sus observaciones al trabajo realizado al negar su publicación, aportando correcciones que permitieron fortalecer el desarrollo final del proyecto. El resultado de este proceso se encuentra en el Anexo 6.

Por su parte, el software implementado fue sometido a evaluación por parte de la Dirección Nacional de Derechos de Autor (DNDA), en la cual por parte de la Universidad Francisco de Paula Santander se solicitó el registro de la plataforma “SmartLMS RFID”, obteniendo su aprobación de registro, la cual se encuentra en el Anexo 7.

## 5. Conclusiones

Para las herramientas seleccionadas para la elaboración del prototipo, la placa Raspberry Pi junto a la RedBoard obtuvieron el mayor puntaje en la ponderación de parámetros y demostraron poder aportar modularidad al sistema embebido.

La arquitectura y modularidad del sistema embebido evidencia que puede ser implementada a gran escala en sitios de alta densidad poblacional, presentándose como una alternativa de costo reducido, al emplear herramientas de código abierto en cada uno de sus procesos.

Las lecturas de etiquetas RFID a distancias considerables (mayores a un metro) fueron posible incluso con obstaculización gracias a la frecuencia (ultra alta) seleccionada y empleando una antena externa que permitiera la potencia necesaria, aportando seguridad y confianza a los administradores de sistemas que posean material bibliográfico de que sus recursos se encuentran monitoreados en sus instalaciones.

La elaboración y uso de código asíncrono permite tareas continuas y repetitivas, como la lectura de comunicación serial USB, al mismo tiempo que permite el almacenamiento en bases de datos de dichas lecturas y su interpretación para notificación de ingreso o retiro autorizado, gracias a la naturaleza de no bloqueo presente en el código asíncrono, lo que permite implementar medidas de prevención de duplicados de datos, lecturas múltiples y obtener tiempos de respuesta inferiores a los 50ms.

El prototipo diseñado, construido y funcionando como resultado presentado, demuestra que la arquitectura propuesta es apta para ser implementada a gran escala en un sistema de administración de recursos bibliográficos, integrando tecnologías de código abierto en hardware como Raspberry Pi y RedBoard, y usando tecnologías de igual característica en

software como Javascript, WebSockets y bases de datos MariaDB (MySQL), logrando una alternativa rápida y de bajo costo a implementaciones RFID en ultra alta frecuencia presente en el mercado a precios elevados, además de dar la oportunidad de contar con un dispositivo modular, lo que permite diagnosticar fácilmente cualquier parte de la cadena como corrupción de datos en el lector, colisión de datos en la comunicación serial USB, errores en el almacenamiento, la transmisión de datos o en la presentación de datos.

## 6. Recomendaciones

El sistema cuenta con sus propias restricciones operativas, las cuales se detallan en su respectiva documentación, entre la que se destaca principalmente:

- Ninguna persona puede mantenerse expuesta por largos periodos de tiempo a la radiación de la antena a una distancia inferior a 21cm, por tal motivo el montaje realizado considera esta restricción en las distancias a las que se encuentra el personal que es usuario del sistema.
- Las conexiones físicas del sistema embebido requiere tener especial cuidado con el conector U.FI (SparkFun, 2018), ya que una pérdida de contacto puede afectar todo el flujo de información y es el principal motivo de fallos físicos del sistema.
- El dispositivo debe configurarse correctamente siguiendo los pasos descritos en el Anexo 1, de lo contrario el dispositivo no podrá conectarse debidamente a los lectores RFID, ya que el software está diseñado para ser procedimental.

Una vez finalizado el proyecto, si se desea tomar o continuar el trabajo realizado se recomienda tener en cuenta:

- Comenzar de cero la programación de la interfaz visual con arquitectura MVC pudo no haber sido la mejor decisión, ya que consumió más tiempo del previsto para éste fin, por tanto se recomienda emplear herramientas ya hechas con esto en consideración, como el framework Laravel de PHP, en la cual sería solamente aplicar la lógica del sistema al framework de desarrollo.
- Posiblemente al momento de adquirir nuevos dispositivos el beneficio de nuevas generaciones de los mismos sea más potencia en el procesamiento o un menor precio, pero esto equivale a considerar la compatibilidad de los dispositivos empleados para

el sistema embebido y verificar si las nuevas tecnologías trabajarán correctamente de la mano sin necesidad de realizar modificaciones a las conexiones o a la programación.

- A partir del punto anterior tampoco se recomienda mantener tecnología que ya haya sido descontinuada o desactualizada. Si está la posibilidad de usar equipos más recientes o actualizados, las adecuaciones deberían ser posibles para la persona que asuma la continuidad del proyecto.

## 7. Bibliografía

(Universidad Francisco de Paula Santander). (2017). *Resolución N° 1177 del 11 de octubre del 2017* (p. 2).

<https://ww2.ufps.edu.co/public/archivos/pdf/08442ae5af080f96cfaaaddc11f8d28d.pdf>

Barandica López, A., León Castro, E. A., & Bravo Ruano, E. J. (2012). Comunicación entre un escáner DeviceNet autónomo y una aplicación software mediante MODBUS/TCP. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 22(1), 151.

<https://doi.org/10.18359/rcin.255>

Coelho Fernandes, V. R., & Fernandes Neto, A. P. (2018). *Implantação de sistema de auto-atendimento RFID (Rádio Frequency Identification) em bibliotecas*

[UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMIÁRIDO - UFERSA].

<http://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/4331>

Desa, H., Sofian, M., & Zairi, S. (2009). Study of integration 2.4GHz and 5.8GHz in RFID tag. *Proceedings of the International Conference on Man-Machine Systems (ICoMMS)*.

Domdouzis, K., Kumar, B., & Anumba, C. (2007). Radio-Frequency Identification (RFID) applications: A brief introduction. *Advanced Engineering Informatics*, 21(4), 350–355.

<https://doi.org/10.1016/j.aei.2006.09.001>

EPCglobal, G. (2017). *EPC Tag Data Standard Gen 2 RFID Tags*. 1-200.

[https://www.gs1.org/sites/default/files/docs/epc/GS1\\_EPC\\_TDS\\_i1\\_10.pdf](https://www.gs1.org/sites/default/files/docs/epc/GS1_EPC_TDS_i1_10.pdf)

Evans, D. (2011). Internet of Things La próxima evolución de Internet lo está cambiando todo. *CISCO, Informe Técnico, Pp. 1* Evans, D. (2011). *Internet of Things La Próxima Evolución de Internet Lo Está Cambiando Todo. CISCO, Informe Técnico, Pp. 1-12*,

*Estados Unidos, 1–12. Retrieved from*

*Http://Www.Cisco.Com/Web/ES/Assets/Executives/Pdf/Internet\_of, 1–12.*

<https://doi.org/10.1016/j.protcy.2016.03.025>

Fujisaki, K. (2019). Evaluation of 13.56 MHz RFID system performance considering communication distance between reader and tag. *Journal of High Speed Networks*, 25(1), 61–71. <https://doi.org/10.3233/JHS-190603>

Jerry, L., & Barbara, C. (2001). *Shrouds of Time: The History of RFID*. AIM Publication, 11. <https://www.aimglobal.org/estore/ProductDetails.aspx?ProductID=529>

Kochtanek, T. R. (2002). *Library information systems : from library automation to distributed information access solutions : Kochtanek, Thomas R : Free Download, Borrow, and Streaming : Internet Archive*. Westport, Conn.

<https://archive.org/details/libraryinformati0000koch>

Macrovector. (2019a). *Composición isométrica de tecnología de compras de supermercado / Vector Gratis*. [https://www.freepik.es/vector-gratis/composicion-isometrica-tecnologia-compras-supermercado\\_6169422.htm#page=1&position=4&from\\_view=detail#query=rfid&position=4&from\\_view=detail](https://www.freepik.es/vector-gratis/composicion-isometrica-tecnologia-compras-supermercado_6169422.htm#page=1&position=4&from_view=detail#query=rfid&position=4&from_view=detail)

Macrovector. (2019b). *Composición isométrica de tecnologías automatizadas de supermercado / Vector Gratis*. [https://www.freepik.es/vector-gratis/composicion-isometrica-tecnologias-automatizadas-supermercado\\_6169449.htm#page=1&query=rfid&position=34&from\\_view=keyword](https://www.freepik.es/vector-gratis/composicion-isometrica-tecnologias-automatizadas-supermercado_6169449.htm#page=1&query=rfid&position=34&from_view=keyword)

Microsoft. (2006). *Sample Database Diagrams / Microsoft Docs*.

[https://docs.microsoft.com/en-us/previous-versions/visualstudio/foxpro/xaa0he85\(v=vs.71\)](https://docs.microsoft.com/en-us/previous-versions/visualstudio/foxpro/xaa0he85(v=vs.71))

- Mohammed I. Younis. (2012). SLMS: A smart library management system based on an RFID technology. *Int. J. Reasoning-Based Intelligent Systems*, 4.  
<https://doi.org/10.1504/IJRIS.2012.051717>
- Muthuselvi, R. (2016). Asset tracking and management system for library using active radio frequency identification (RFID). *Biomedical Research (India)*, 2016(Special Issue 2), S128–S133.
- Niño Rondón, C. V. (2020). Análisis de viabilidad y diseño de un sistema electrónico para el seguimiento de la dinámica poblacional en la ciudad de Cúcuta. *Ingenierías USBMed*, 11(1), 56–64. <https://doi.org/10.21500/20275846.4489>
- Noergaard, T. (2005). *Embedded Systems Architecture* (1st ed.). Elsevier.
- Nur'ainingsih, D., Purnomo, J., Wibowo, E. P., Harahap, R. K., & Soerowirdjo, B. (2020). Design of accumulator dump for rfid readers using 0.35  $\mu\text{m}$  CMOS technology. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 98(20), 3249–3259.
- Solanki, M. R. (2019). Application of RFID Technology in Libraries and Role of Librarians. *Indian Journal of Agricultural Library and Information Services*, 35(3).  
<http://52.74.19.76:81/index.php/IJALIS/article/view/52>
- SparkFun. (2018). *Three Quick Tips About Using U.FL - learn.sparkfun.com*.  
<https://learn.sparkfun.com/tutorials/three-quick-tips-about-using-ufl/all>
- Standardization, I. O. for. (2010). *ISO/IEC DIS 18000-6: Information technology -- Radio frequency identification for item management -- Part 6: Parameters for air interface communications at 860 MHz to 960 MHz*. <https://www.iso.org/standard/59644.html>
- The MariaDB Foundation. (2021). *About MariaDB Server - MariaDB.org*.  
<https://mariadb.org/about/>
- Tripathi, M., Shukla, A., & Sonker, S. K. (2017). Research data management practices in

university libraries: A study. *DESIDOC Journal of Library and Information Technology*, 37(6), 417–424. <https://doi.org/10.14429/djlit.37.6.11336>

United States Patent and Trademark Office. (n.d.). *Patent Database Search Results: rfid in US Patent Collection*. Retrieved February 13, 2020, from <http://patft.uspto.gov/netacgi/nph-Parser?Sect1=PTO2&Sect2=HITOFF&p=1&u=%2Fnetacgi%2FPTO%2Fsearch-bool.html&r=0&f=S&l=50&TERM1=rfid&FIELD1=&co1=AND&TERM2=&FIELD2=&d=PTXT>

Wang, X., Pan, H., & Ou, R. (2017). *Library's Smart Bookshelf and Book Positioning System Based on ultra-high frequency RFID Technology*. *123(Msmee)*, 219–222. <https://doi.org/10.2991/msmee-17.2017.45>

Want, R. (2006). An introduction to RFID. *IEEE Pervasive Computing*, 1–9. <https://doi.org/10.4324/9780429459719-1>

## 8. Anexos

Anexo 1. Archivos y comandos de configuración base del sistema embebido.

### **Archivo 10-local.rules**

```
SUBSYSTEM=="tty", ATTRS{idVendor}=="1a86", ATTRS{idProduct}=="7523",  
SYMLINK+="RFID_1356"
```

### **Archivo 11-local.rules**

```
SUBSYSTEM=="tty", ATTRS{idVendor}=="1d6b", ATTRS{idProduct}=="0002",  
SYMLINK+="RFID_UHF"
```

## **CONFIGURACIÓN**

```
udevadm info --name=/dev/ttyUSB0 --attribute-walk
```

```
cp 10-local.rules /etc/udev/rules.d/10-local.rules
```

```
cp 11-local.rules /etc/udev/rules.d/11-local.rules
```

```
sudo udevadm trigger
```

```
sudo nano /etc/dhcpd.conf
```

```
interface eth0  
request 192.168.0.165
```

```
sudo nano /boot/config.txt
```

```
[pi4]  
dtoverlay=disable-wifi
```

```
npm install serialport express http socket.io mysql
```

## Anexo 2. Presentación de avances del proyecto en el Semillero de Investigación en Instrumentación Electrónica, SIINE.



Anexo 3. Certificación ponencia en congreso internacional.





## Anexo 5. Publicación artículo en revista institucional.

Inicio Portal de Revistas
josedaniel10 - Idioma -

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

Inicio Actual Archivos Avisos Acerca de -

Escribe un término para buscar... Q Buscar

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

### Análisis de herramientas para gestión bibliográfica y control de acceso utilizando tecnología RFID

*Análisis de herramientas para gestión bibliográfica y control de acceso utilizando tecnología RFID*

HTML

PDF

FLIP

**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-Meneses**  
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 fiabilidad 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.

**PALABRAS CLAVE:**

resource management., access control., libraries., RFID technology., low cost gestión de recursos., control de acceso., bibliotecas., tecnología RFID., bajo costo

Mes	Visitas
Dic	0
Ene	0
Feb	0
Mar	0
Abr	0
May	0
Jun	0
Jul	0
Ago	0
Sep	0
Oct	20
Nov	1

**ENVIAR UN ARTÍCULO**

**TUTORIALES**

**Autores:**  
¿Cómo enviar un artículo?  
**Pares Evaluadores:**  
¿Cómo evaluar un artículo?

**ACERCA DE ESTA REVISTA -**

**INDEXADO EN**

**PALABRAS CLAVE**

Calidad de Vida, Futuro, Docente,  
destacarse electrónicas  
LUDICA, TICs

**VISITAS EN TIEMPO REAL**

PAÍS	VISITAS
Colombia	7.205
Estados Unidos	6.199
México	949
España	544
Perú	457

**CÓDIGO QR**

**CÓMO CITAR**

Niño-Rondón, C. V. ., Duran-Bayona, J. D. ., Bermon-Meneses, L. A. ., Duarte-Parada, D. M. ., Castro-Casadiego, S. A. ., & Sandoval-Martínez, G. E. . (2020). Análisis de herramientas para gestión bibliográfica y control de acceso utilizando tecnología RFID. *Eco Matemático*, 11(2), 39-49.  
<https://doi.org/10.22463/17948231.3018>

**MÁS FORMATOS DE CITA -**

Publicado: Jul 1, 2020

<https://doi.org/10.22463/17948231.3018>

**NÚMERO**

Vol. 11 Núm. 2 (2020): Conocimiento matemático

**Enlace DOI: <https://doi.org/10.22463/17948231.3018>**

## Anexo 6. Sometimiento a evaluación de la revista Ciencia y Tecnología Neogranadina.

Ciencia e Ingeniería Neogranadina Tareas 0 Español Ver el sitio josedaniel10

Envíos

Mi lista Archivos Ayuda

Envíos archivados Buscar Nuevo envío

5681 José Daniel Durán Bayona, Sergio Iván Quintero Ayala, Sergio Alexander Cast...  
LECTURA Y ALMACENAMIENTO DE RECURSOS BIBLIOGRÁFICOS EMPLEANDO TEC... Rechazado 1/3

1 de 1 envíos

Platform & workflow by OJS / PKP

Ciencia e Ingeniería Neogranadina Tareas 0 Español Ver el sitio josedaniel10

Biblioteca de envío Ver metadatos

LECTURA Y ALMACENAMIENTO DE RECURSOS BIBLIOGRÁFICOS EMPLEANDO TECNOLOGÍA RFID DE ULTRA ALTA FRECUENCIA CON INTERNET DE LAS COSAS  
José Daniel Durán Bayona, Sergio Iván Quintero Ayala, Sergio Alexander Castro C...

Envío Revisión Editorial Producción

Ronda 1

Estado de ronda 1  
Envío rechazado.

Notificaciones  
[RCIN] Decisión del editor/a 2021-07-19 08:59

## Anexo 7. Solicitud de registro del software 'SmartLMS RFID' ante la DNDA.

		<b>MINISTERIO DEL INTERIOR</b> <b>DIRECCION NACIONAL DE DERECHO DE AUTOR</b> <b>UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL</b> <b>OFICINA DE REGISTRO</b> <b><u>CERTIFICADO DE SMART LMSRFID</u></b>		Libro - Tomo - Partida <b>13-85-438</b> Fecha Registro <b>12-ago.-2021</b>
Page 1 of 2				
<b><u>1. DATOS DE LAS PERSONAS</u></b>				
<b>AUTOR</b>				
Nombres y Apellidos	SERGIO ALEXANDER CASTRO CASADIEGO	No de identificación	88273158	
Nacional de	COLOMBIA	CC		
Dirección	AV 17 14 26 EL CONTENTO	Ciudad:	CÚCUTA	
<b>AUTOR</b>				
Nombres y Apellidos	SERGIO IVAN QUINTERO AYALA	No de identificación	13444518	
Nacional de	COLOMBIA	CC		
Dirección	CALLE 6 N 2E-65 BARRIO POPULAR	Ciudad:	CÚCUTA	
<b>AUTOR</b>				
Nombres y Apellidos	JOSÉ DANIEL DURÁN BAYONA	No de identificación	1090509945	
Nacional de	COLOMBIA	CC		
Dirección	AVENIDA 10E # 5N-60 SANTA LUCÍA	Ciudad:	CÚCUTA	
<b>AUTOR</b>				
Nombres y Apellidos	CARLOS VICENTE NIÑO RONDÓN	No de identificación	1090523992	
Nacional de	COLOMBIA	CC		
Dirección	CALLE 9N #2-59 BARRIO EL BOSQUE	Ciudad:	CÚCUTA	
<b>AUTOR</b>				
Nombres y Apellidos	GLORIA ESMERALDA SANDOVAL MARTINEZ	No de identificación	37395981	
Nacional de	COLOMBIA	CC		
Dirección	CALLE 7AN NO7E-140 CEIBA 2	Ciudad:	CÚCUTA	
<b>TITULAR DERECHO PATRIMONIAL</b>				
Razón Social	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER	Nit	8905006226	
Dirección	--	Ciudad:	BOGOTA D.C.	
<b>PRODUCTOR</b>				
Razón Social	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER	Nit	890500622-6	
Dirección	AV GRAN COLOMBIA # 12 E - 96 BR C	Ciudad:	CÚCUTA	
<b><u>2. DATOS DE LA OBRA</u></b>				
Título Original	SMART LMSRFID			
Año de Creación	2021	Pais de Origen	COLOMBIA	Año Edición
CLASE DE OBRA	INEDITA			
CARACTER DE LA OBRA	OBRA ORIGINARIA			
CARACTER DE LA OBRA	OBRA EN COLABORACION			
ELEMENTOS APORTADOS DE SOPORTE LOGICO	PROGRAMA DE COMPUTADOR			
ELEMENTOS APORTADOS DE SOPORTE LOGICO	DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA			
ELEMENTOS APORTADOS DE SOPORTE LOGICO	MATERIAL AUXILIAR			
<b><u>3. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA</u></b>				

	<b>MINISTERIO DEL INTERIOR</b> <b>DIRECCION NACIONAL DE DERECHO DE AUTOR</b> <b>UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL</b> <b>OFICINA DE REGISTRO</b> <b><u>CERTIFICADO DE SMART LMSRFID</u></b>		Libro - Tomo - Partida <b>13-85-438</b> Fecha Registro <b>12-ago.-2021</b>
	Page 2 of 2		
EL SOFTWARE SE DESARROLLÓ EN EL LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN PHP, DISEÑADO PARA FUNCIONAR BAJO EN ÓPTIMAS CONDICIONES EN UN SERVIDOR WEB APACHE, BASANDO EL APLICATIVO EN LOS MODELOS DE VISTA-CONTROLADOR, Y REALIZANDO UNA IMPLEMENTACIÓN INICIAL EN EL PROTOTIPO PARA LECTURA Y ALMACENAMIENTO DE RECURSOS BIBLIOGRÁFICOS EMPLEANDO TECNOLOGÍA RFID DE ULTRA ALTA FRECUENCIA CON INTERNET DE LAS COSAS, COMPROBANDO SU FUNCIONALIDAD Y CORRECTO DESEMPEÑO COMO APLICATIVO.			
<b><u>4. OBSERVACIONES GENERALES DE LA OBRA</u></b>			
<b><u>5. DATOS DEL SOLICITANTE</u></b>			
Nombres y Apellidos	<b>JHAN PIERO ROJAS SUAREZ</b>	No de Identificación	<b>88244852</b>
Nacional de	<b>COLOMBIA</b>	Medio Radicación	<b>REGISTRO EN LINEA</b>
Dirección	<b>AV. GRAN COLOMBIA N° 12E-96 COLSAG</b>	Ciudad	<b>CÚCUTA</b>
Correo electrónico	<b>APOYOINVESTIGACION@UFPS.EDU.CO</b>	Teléfono	<b>5776655 EXT 170</b>
En representación de	<b>EN REPRESENTACION DE PERSONA JURIDICA</b>	Radicación de entrada	<b>1-2021-54270</b>
 <b>MANUEL ANTONIO MORA CUELLAR</b> JEFE OFICINA DE REGISTRO			
M2P			

Nota: El derecho de autor protege exclusivamente la forma mediante la cual las ideas del autor son descritas, explicadas, ilustradas o incorporadas a las obras. No son objeto de protección las ideas contenidas en las obras literarias y artísticas, o el contenido ideológico o técnico de las obras científicas, ni su aprovechamiento industrial o comercial (artículo 7o. de la Decisión 351 de 1993).

Anexo 8. Manual de usuario final del aplicativo 'SmartLMS RFID'.

Anexo 9. Manual de instalación del aplicativo 'SmartLMS RFID'.

Anexo 10. Manual del aplicativo 'SmartLMS RFID'.

# **Manual SmartLMS RFID**

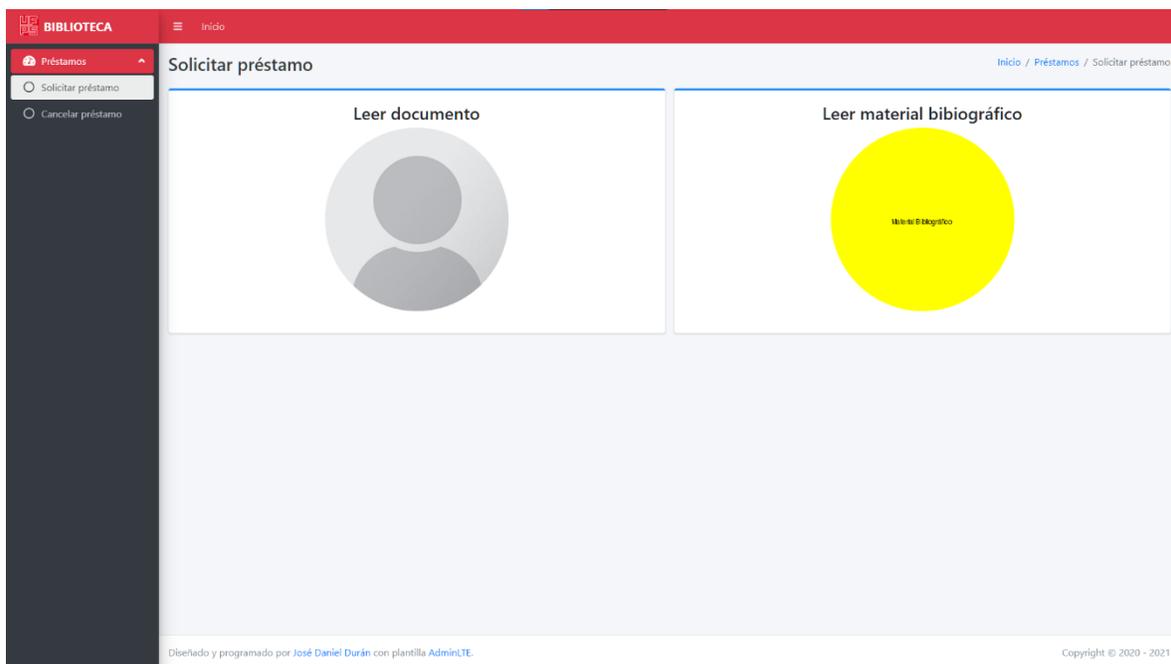
Dirigido a: Usuario final

Desarrollado por: José Daniel Durán Bayona

Cúcuta, 2021

El uso del aplicativo SmartLMS RFID por parte del usuario final del sistema, es decir, aquel usuario que hace uso del mismo se centra en su capacidad de gestionar el préstamo y gestión del material bibliográfico presente en la ubicación en que fue instalado, así, para uso el usuario deberá contar con el documento emitido por la institución para su uso interno, que en el caso de la Universidad Francisco de Paula Santander es el carné institucional, el cual es una etiqueta RFID de Alta Frecuencia, asignada al usuario registrado en el sistema.

Para el uso del aplicativo el usuario deberá acercarse a una de las estaciones de préstamo con dicho documento y con el material bibliográfico que desea solicitar en préstamo, presentándose a la plataforma de la siguiente forma.



En cada estación de préstamo se encuentran los dos lectores, correspondientes y marcados según la tecnología o el tipo de lectura que realizan. Al realizar ambas lecturas se presentan de la siguiente manera, confirmando que se ha realizado el préstamo, indicando a qué usuario pertenece el documento de identificación y qué material bibliográfico fue leído por el lector RFID.

**BIBLIOTECA** Inicio

**Préstamos** Solicitar préstamo Inicio / Préstamos / Solicitar préstamo

- Solicitar préstamo
- Cancelar préstamo

### Leer documento



**José Daniel Durán Bayona**  
Estudiante

### Leer material bibliográfico



**Sistemas de comunicaciones electrónicas**  
Tomasi

Diseñado y programado por José Daniel Durán con plantilla AdminLTE. Copyright © 2020 - 2021

# **Manual SmartLMS RFID**

Dirigido a: Administrativo

Desarrollado por: José Daniel Durán Bayona

Cúcuta, 2021

# **Manual SmartLMS RFID**

Dirigido a: Implementador

Desarrollado por: José Daniel Durán Bayona

Cúcuta, 2021

Para la implementación de cada módulo del SmartLMS RFID se requieren los componentes necesarios para ello, los cuales son, clasificados de la siguiente manera, los siguientes:

#### **Módulo de lectura RFID UHF**

- SparkFun RedBoard – <https://www.sparkfun.com/products/13975>
- Adaptador de corriente 5VDC – <https://www.sparkfun.com/products/15312>
- SparkFun M6E Nano – <https://www.sparkfun.com/products/14066>
- Kit de cabeceras Arduino – <https://www.sparkfun.com/products/11417>
- Antena RFID UHF (RP-TNC) – <https://www.sparkfun.com/products/14131>
- Cable RP-TNC a RP-SMA – <https://www.sparkfun.com/products/14132>
- Cable RP-SMA a U.FL – <https://www.sparkfun.com/products/662>
- Etiquetas adhesivas RFID UHF – <https://www.sparkfun.com/products/14151>

#### **Módulo de lectura RFID HF**

- Módulo MFRC-522 – <https://www.vistronica.com/sensores/modulo-sensor-mfrc-522-rc522-rfid-rf-ic-de-tarjeta-s50-detail.html>
- Arduino Nano – <https://www.vistronica.com/board-de-desarrollo/arduino/board/arduino-nano-v3-0-ft232-detail.html>
- Cable Dupont Macho a Hembra – <https://www.vistronica.com/conectores-cables-y-switches/cable-dupont-hembra-macho-detail.html>

#### **Sistema embebido**

- Raspberry Pi 4B – <https://www.sparkfun.com/products/16811>
- Case Raspberry Pi – <https://www.sparkfun.com/products/17267>
- MicroSD 64 GB – <https://www.sparkfun.com/products/16498>

Las instrucciones de ensamblaje del módulo RFID UHF a la guía de SparkFun para su módulo RFID M6E Nano, disponible en: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/simultaneous-rfid-tag-reader-hookup-guide/all>