



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES Y
REDES

“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RED INALÁMBRICA
MEDIANTE RFID PARA SUPERVISIÓN Y CONTROL DE LIBROS EN
TIEMPO REAL DE LA BIBLIOTECA CENTRAL DE LA ESPOCH BASADO
EN EL INTERNET DE LAS COSAS”

TRABAJO DE TITULACIÓN
Tipo: PROPUESTA TECNOLÓGICA

Presento para optar al grado académico de:
INGENIERA EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y REDES

AUTORA: JOHANNA GABRIELA DEL POZO NARANJO

TUTOR: Ing. Diego Fernando Veloz Chérrez, MSc.

Riobamba – Ecuador

2019

© 2019, Johanna Gabriela del Pozo Naranjo

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES Y
REDES

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de investigación: Propuesta tecnológica “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RED INALÁMBRICA MEDIANTE RFID PARA SUPERVISIÓN Y CONTROL DE LIBROS EN TIEMPO REAL DE LA BIBLIOTECA CENTRAL DE LA ESPOCH BASADO EN EL INTERNET DE LAS COSAS”, de responsabilidad de la señorita JOHANNA GABRIELA DEL POZO NARANJO, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Washington Luna		
DECANO DE LA FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA	_____	_____
Ing. Patricio Romero		
DIRECTOR DE ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES Y REDES	_____	_____
Ing. Diego Veloz		
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	_____	_____
Ing. Hugo Moreno		
MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	_____

Yo, JOHANNA GABRIELA DEL POZO NARANJO soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en la Tesis y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Johanna Gabriela del Pozo Naranjo

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi querida abuelita Blanquita porque con cada una de sus bendiciones me impulso a seguir adelante y es ella quien ahora guía mis pasos y la siento presente en cada palpitar. Sé que estarás orgullosa del logro que hemos alcanzado ya que fuiste quien me motivó y alentó en los momentos más difíciles.

Te extraño y te amaré por siempre.

Johanna

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme dado las fuerzas necesarias para alcanzar un logro más en mi vida.

Agradezco a los docentes por sus aportes a lo largo de mi formación académica y profesional, en especial a mi tutor que fue una guía en el desarrollo de este trabajo.

Agradezco a mis padres quienes siempre fueron el motor de mi vida, por la confianza que me dieron al dejarme partir para alcanzar mis metas, por sus consejos y palabras de aliento en las situaciones difíciles, por todos sus esfuerzos, dedicación y sobre todo su amor.

A mis hermanos Jhonny, Gilberth, Jhoana y Mercy que me apoyaron y siempre estuvieron conmigo.

A mi pequeño sobrino por tanto amor, por sus ocurrencias y por qué a pesar de ser tan pequeño llena nuestras vidas.

A mis amigos con quienes compartí momentos gratos y felices.

Johanna

TABLA DE CONTENIDO

INDICE DE TABLAS	x
INDICE DE FIGURAS	xi
INDICE DE GRAFICOS	xiii
INDICE DE ANEXOS	xiv
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
CAPITULO I	
MARCO REFERENCIAL	
INTRODUCCIÓN	¡Error! Marcador no definido.
CAPITULO II	
MARCO TEÓRICO	
1. INTERNET DE LAS COSAS	7
1.1 Modelos de comunicación IoT	7
<i>1.1.1 Modelo de Comunicación Dispositivo a Dispositivo</i>	8
<i>1.1.2 Modelo de Comunicación Dispositivo – Internet</i>	8
<i>1.1.3 Modelo de Comunicación Dispositivo – Gateway</i>	8
<i>1.1.4 Modelo de Comunicación Back-End</i>	9
1.2 Tecnologías de Comunicación Inalámbricas	9
<i>1.2.1 WPAN</i>	9
<i>1.2.2 WLAN</i>	9
<i>1.2.3 WMAN</i>	10
<i>1.2.4 WWAN</i>	10
2. SISTEMAS DE IDENTIFICACIÓN AUTOMÁTICA	10
2.1 Identificación por radiofrecuencia RFID	11
3. SISTEMAS RFID	11

3.1	Características	11
3.2	Arquitectura	12
3.2.1	Tarjetas RFID	12
3.2.2	Lectores RFID	13
3.2.3	Host	14
3.2.4	Middleware y Sistema ERP	14
3.3	Tipos de sistemas RFID	14
3.3.1	Según las características de las etiquetas	14
3.3.2	Según el rango de frecuencia	15
3.3.3	Según el principio de propagación	16
3.4	Funcionamiento de RFID	16
3.4.1	Modos de Comunicación entre tarjeta y lector RFID	17
3.4.1.1	Backscatter	17
3.4.1.2	Tipo Transmisor	17
3.4.1.3	Tipo Transpondedor	17
3.5	Estándares empleados en RFID	18
3.5.1	ISO (International Organization for Standardization)	18
3.5.2	EPC (Electronic Product Code)	19
3.5.2.1	Funcionamiento de EPC Global Class1 Gen2	20
4.	ESTADO DEL ARTE	21
4.1	IoT en la Actualidad	21
4.2	Proyectos con IoT	22
4.3	Tecnologías para IoT	24
4.4	Proyectos con RFID e Internet de las cosas	25
4.5	Proyectos similares de manejo de libros	26

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

1.	PROCESOS DE UN SISTEMA DE CONTROL DE LIBROS EN LAS BIBLIOTECAS	28
2.	ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS	29
3.	DISEÑO	29
3.1	Concepción General del Sistema	30
3.1.1	<i>Módulo de Registro</i>	31
3.1.2	<i>Módulo de Préstamo</i>	31
3.1.3	<i>Módulo de Recolección de Datos</i>	31
3.1.4	<i>Módulo de Consulta</i>	31
3.1.5	<i>Módulo de Entrega</i>	32
3.1.6	<i>Módulo de Salida</i>	32
3.2	Determinación de la topología de Red	32
3.2.1	<i>Topología tipo Malla</i>	32
3.2.2	<i>Topología tipo Estrella</i>	33
3.3	Simulación de la tecnología RFID	33
3.4	Tamaño de la muestra de estudio	34
3.5	Selección de elementos que forman los módulos de la red	35
3.5.1	<i>Selección del Lector RFID</i>	35
3.5.2	<i>Selección de la tarjeta RFID</i>	38
3.5.3	<i>Selección de la plataforma para almacenamiento en la nube</i>	41
3.6	Descripción de elementos que forman los nodos de la red	43
3.6.1	<i>Lector RFID UHF SpeedWork</i>	43
3.6.1.1	<i>Configuración de los parámetros de funcionamiento del Lector</i>	45
3.6.2	<i>Tarjeta RFID Alien H3 9962</i>	46
3.6.2.1	<i>Asignación de los códigos EPC a las tarjetas</i>	47
3.6.3	<i>Arduino Uno</i>	48
3.6.4	<i>Plataforma Microsoft Azure</i>	49
3.7	Descripción del software de Desarrollo	50

3.7.1	<i>Software Python</i>	50
3.7.2	<i>Software IDE de Arduino</i>	50
3.7.3	<i>Software IDE de Visual Studio</i>	51
3.8	Software desarrollado para la obtención de Datos	51
3.8.1	<i>Bibliotecas del programa para obtención de datos del lector</i>	53
3.9	Software desarrollado para la Aplicación Móvil	53
3.10	Software desarrollado para la Aplicación de Escritorio	56
3.11	Esquema de ubicación de los equipos	62
CAPITULO IV		
1.	FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA	63
1.1	Ubicación real de los lectores en la Biblioteca	63
1.2	Funcionamiento real del sistema	65
2.	DISTANCIA DE LECTURA DEL LECTOR RFID	67
3.	CAPACIDAD DE ACCESO A LA RED DESDE EL LECTOR	68
3.1	Medición de la capacidad de acceso desde el lector	72
4.	CAPACIDAD DE ACCESO A LA RED DESDE LA APLICACIÓN	72
4.1	Medición de la capacidad de acceso a la red desde la APP	74
5.	ANÁLISIS ECONÓMICO	74
CONCLUSIONES		77
RECOMENDACIONES		79
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Protocolos ISO para RFID.....	18
Tabla 2-1: Trama del Protocolo EPC.....	19
Tabla 3-1: Tipos de Etiquetas según el Protocolo EPC	19
Tabla 1-2: Escala de valores cualitativos de referencia para selección de elementos.....	35
Tabla 2-2: Parámetros para la selección del lector RFID del sistema.....	36
Tabla 3-2: Ponderación de acuerdo con las características de los lectores.	37
Tabla 4-2: Parámetros de las diferentes tarjetas RFID.....	38
Tabla 5-2: Ponderaciones según las características de las tarjetas.....	40
Tabla 6-2: Características de las plataformas para almacenamiento en la nube	41
Tabla 7-2: Ponderaciones para selección de la plataforma Cloud.	42
Tabla 8-2: Parámetros del lector SpeedWork	44
Tabla 1-3: Distancia de lectura del lector	68
Tabla 2-3: Costos de los elementos del hardware.....	75
Tabla 3-3: Costos de los elementos adicionales utilizados en el sistema.....	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Arquitectura de un sistema RFID	12
Figura 1-2: Concepción General del Sistema	30
Figura 2-2: Simulación Tecnología RFID	34
Figura 3-2: Lector RFID SpeedWork	44
Figura 4-2: Configuración para la conexión del lector	45
Figura 5-2: Configuración de los parámetros de funcionamiento del lector.....	46
Figura 6-2: Configuración para la escritura de las tarjetas	46
Figura 7-2: Tarjeta RFID Alien H3 9962	47
Figura 8-2: Campos del código EPC	48
Figura 9-2: Conexión de pines del Arduino con el Zumbador	49
Figura 10-2: Diagrama de Flujo del programa Python	52
Figura 11-2: Contenido General de la Aplicación móvil.....	54
Figura 12-2: Portada de la aplicación móvil.....	54
Figura 13-2: Pantalla de registro de la aplicación móvil	55
Figura 14-2: Menú de la aplicación móvil.....	55
Figura 15-2: Pantalla de búsqueda de la aplicación móvil	56
Figura 16-2: Contenido general de la aplicación de escritorio	57
Figura 17-2: Diagrama de flujo del funcionamiento de la aplicación para administradores	58
Figura 18-2: Diagrama de flujo de funcionamiento de la aplicación para usuarios normales...	59
Figura 19-2: Pantalla del menú principal de la aplicación de escritorio.....	60
Figura 20-2: Pantalla de agregar Usuarios.....	60
Figura 21-2: Pantalla de Agregar Libros	61
Figura 22-2: Pantalla para visualizar todos los usuarios registrados	61
Figura 23-2: Esquema de ubicación de los equipos.....	62
Figura 1-3: Ubicación del Lector que identifica la zona 2.....	63
Figura 2-3: Ubicación del lector que define la zona 3	64
Figura 3-3: Ubicación del lector que define la zona 1	64
Figura 4-3: Ubicación del lector en el Contenedor de libros	65
Figura 5-3: Prueba del sistema al entregar el libro	66
Figura 6-3: Actualización en tiempo real de la información del libro	66
Figura 7-3: Estudiante utilizando el sistema.....	67

Figura 8-3: Captura de la recepción de la información desde el USB en Wireshark	69
Figura 9-3: Captura del código del programa en Python	69
Figura 10-3: Captura del envío de información desde el lector a la BD en Wireshark	70
Figura 11-3: Captura del envío de información desde el lector a la BD en Wireshark para actualizar con otro estado la BD.	71
Figura 12-3: Captura del envío de información desde la app móvil consultando a la BD	72
Figura 13-3: Configuración del número máximo de bytes en una consulta desde la app móvil	73
Figura 14-3: Configuración del número máximo de bytes en una consulta desde la app de escritorio	73
Figura 15-3: Prueba del funcionamiento mediante consultas a la BD.....	74

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2: Resultado de la escala de Likert para el Lector.	38
Gráfico 2-2: Resultado de la escala de Likert para las Tarjetas.	40
Gráfico 3-2: Resultado de la escala de Likert para la plataforma Cloud.	43

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. CODIGO DE PROGRAMACION APLICACION MOVIL

ANEXO B. CODIGO DE LA APLICACION MOVIL

RESUMEN

En el presente proyecto se realizó el control y supervisión de libros mediante identificación por radio frecuencia (RFID) y el internet de las cosas en la Biblioteca Central de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH). La selección de los elementos que conforman la red se desarrolló en base a las características más importantes de acuerdo a los requerimientos planteados. El prototipo cuenta con 5 módulos: el módulo de registro para ingresar y almacenar la información de cada libro en la base de datos, el módulo de préstamo, el cual, a través del personal de biblioteca, desactiva la acción del lector a la salida para evitar que suene la alarma de control perteneciente al módulo de salida. El módulo de recolección de datos formado por los lectores y las tarjetas que establecen comunicación cuando el lector activa las tarjetas. El módulo de entrega entra en funcionamiento cuando son depositados los libros en el contenedor de devolución. Finalmente, el módulo de consulta que permite acceder a la información de la base de datos. La funcionalidad del prototipo está basada en la visualización de la información contenida en la base de datos en tiempo real, mediante la aplicación móvil diseñada para dispositivos Android o desde la aplicación de escritorio. A través de la captura con Wireshark de los paquetes enviados desde el lector y de las aplicaciones a la base de datos, se puede definir que la capacidad de acceso a la red desde el lector es de 7126789 bytes y desde las consultas por parte de los usuarios de 2500000 bytes. La implementación de un sistema RFID resulta ser costoso, sin embargo, la utilización en conjunto con el internet de las cosas le da mayor aplicabilidad. Se recomienda tomar en cuenta que el sistema requiere tener acceso internet para su funcionamiento.

Palabras clave: <COMUNICACIÓN INALÁMBRICA>, <INTERNET DE LAS COSAS>, <RADIO FRECUENCIA>, <SISTEMA RFID>, <PROTOCOLO EPC (ELECTRONIC PRODUCT CODE)>, <ENTORNO DE DESARROLLO>.

ABSTRACT

In the present project, the control and supervision of books were carried out through radio frequency identification (RFID) and the internet of things in the Central Library of the Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH). The selection of the elements that make up the network is developed based on the most important characteristics according to the requirements. The prototype has 5 modules: the registration module to enter and store the information of each book in the database, the load module, which, through the library staff, deactivates the reader's action at the exit for preventing the control alarm belonging to the output module from sounding. The data collection module formed by the readers and the cards that establish communication when the reader activates the cards. The delivery module comes into operation when the books are deposited in the return container. Finally, the query module that allows access to the information in the database. The functionality of the prototype is based on the visualization of the information contained in the database in real time, through the mobile application designed for Android devices or from the desktop application. Through the capture with Wireshark of the packages sent from the reader and of the applications to the database, it can be defined that the capacity of access to the network from the reader is 7126789 bytes and from the queries on the part of the users of 25000000 bytes. The implementation of an RFID system turns out to be expensive, however, the use in conjunction with the internet of things gives greater applicability. It is recommended to take into account that the system requires internet access for its operation.

Keywords: <WIRELESS COMMUNICATION>, <INTERNET OF THINGS>, <BIBLIOGRAPHIC MATERIAL CONTROL>, <RADIO FREQUENCY>, <RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION (RFID)>, <PROTOCOL EPC (ELECTRONIC PRODUCT CODE)> <DEVELOPMENT ENVIRONMENT >

CAPITULO I

MARCO REFERENCIAL

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

El control de libros en una biblioteca es un problema que se presenta en la actualidad. Existen diferentes metodologías que dan solución a este problema desde procedimientos manuales hasta soluciones electrónicas.

En 1998 se desarrolló el primer proyecto para implantar RFID en la biblioteca de la universidad Rockefeller de Nueva York, pero nunca fue implementado. Posteriormente en 1999 la biblioteca The Farmington Community de EE. UU. Implementó un sistema basado en esta tecnología el cual consistía en incorporar a un libro una tarjeta RFID y un lector conectado directamente a un ordenador. Este sistema fue implementado en otros países como Reino Unido, Japón, El Vaticano. China, Norteamérica y Europa Occidental son los lugares donde más se está explotando y utilizando el internet de las cosas formando un 67% del total mundial en 2017. (Castaño, et al., s.f., pp. 4-5)

Actualmente se prevé que al final de este año existirán más de 8400 millones de dispositivos conectados a internet siendo esta tecnología apropiada para dar diferentes soluciones a los problemas que se presentan en la sociedad. (Ferrer Caballero, 2017, p. 1)

En Ecuador en el 2012 la universidad PUCE de Ambato implemento para su biblioteca un sistema de control de libros mediante RFID conectado a una base de datos donde se registra todos los préstamos y devoluciones de los libros similar a los sistemas implementados en otros países.

Actualmente en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) sus bibliotecas mantienen un listado de sus libros mediante un sistema informático pero el control de los mismos lo realizan de forma manual. Se desconoce que existan sistemas que se estén desarrollando o bibliotecas automatizadas con sistemas que permitan manejar libros combinando RFID con el internet de las cosas a nivel de nuestro país.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo se puede implementar un sistema inalámbrico mediante RFID para la supervisión y control de libros en tiempo real de la biblioteca central de la ESPOCH basado en el Internet de las cosas?

SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

- ¿Cuáles son los procesos que involucran un sistema de control de biblioteca?
- ¿Cuáles son los requerimientos que debe cumplir el sistema de red inalámbrica de control de biblioteca a implementar?
- ¿Cuál es la topología de red y las tecnologías de comunicación que cumplen con los requerimientos del sistema?
- ¿Cuáles son los elementos electrónicos y el diseño que cumpla con los requerimientos de la investigación?
- ¿Cómo se puede diseñar una aplicación compatible con Smartphones que poseen S.O. Android para mejorar la experiencia de los usuarios a través del internet de las cosas?
- ¿El sistema de red inalámbrico mediante RFID para supervisión y control de libros en tiempo real cumple con los parámetros establecidos en la investigación?

JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Justificación Teórica.

La necesidad que tienen las bibliotecas para registrar el uso de sus libros, la cantidad de estos y la necesidad de los estudiantes por utilizarlos hacen que surjan varios problemas como el tiempo que tarda el personal en registrar los datos, la ubicación y la disponibilidad de cada libro.

Las existencias de diferentes tecnologías de comunicación ayudan al hombre a resolver estas problemáticas. La tecnología de código de barras es una tecnología que sirve únicamente para

registrar el préstamo o devolución de libros, esta tecnología puede resolver parcialmente esta problemática para el control en bibliotecas, sin embargo, posee grandes limitaciones respecto a RFID, debido a que la información que cada código de barras guarda es muy limitada, esto hace que no se pueda incrementar más aplicaciones como tener información en tiempo real de la ubicación de los libros o extender el área de ubicación de los mismos. Por ejemplo, en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), en la Universidad Estatal de Bolívar (UEB), en la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH) se utiliza en la actualidad este sistema de código de barras, lo cual no es el más apropiado para resolver la problemática planteada.

Así mismo, en el país existen otras bibliotecas que han implementado un sistema de control con RFID como es la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE) sede Ambato, sin lograr un manejo de esta información en tiempo real a través del internet.

Por esta razón se propone la realización de una investigación para control de los libros de varias bibliotecas de la ESPOCH con la tecnología RFID que cubra estas nuevas necesidades para una mejor disponibilidad y una mejora en la calidad de los servicios, en cuanto al manejo de la información en tiempo real a través del IoT.

Justificación Aplicativa

La automatización de las bibliotecas en nuestro país no se ha desarrollado en su totalidad, existen varias instituciones que han optado por mejorar su sistema de registro, préstamos y devolución de libros en las bibliotecas, sin embargo, no logran cumplir con todas las necesidades y requerimientos tanto para los administradores como para los usuarios. A continuación, se muestra el principio del diseño de un sistema de red con el que se puede mejorar el sistema de control y manejo de los libros en la sala de lectura de la biblioteca central de la ESPOCH.

Este diseño está compuesto por varios componentes cuyas funciones son específicas dentro del sistema. Uno de los componentes principales son los lectores RFID cuya función es la de emitir ondas de radio para alimentar a las tarjetas RFID con la finalidad de poder rastrear estas tarjetas y obtener la información que estas procesan y envían una vez que reciben la señal del lector. Estos lectores son ubicados estratégicamente de acuerdo al área que se desea cubrir, una vez que estos reciben la información de las tarjetas RFID la envían a un Access Point mediante conexión cableada. El Access Point transmite los datos recopilados a un Router al que está conectado mediante wifi y este a su vez envía la información a un servidor que va a estar activo todo el tiempo en el que este sistema esté funcionando. Es decir, nuestro sistema otorgará información

en tiempo real de los libros y su ubicación en un área determinada. Otro componente importante es el contenedor que consiste básicamente en un lugar de recepción de libros compuesto por un lector RFID y estará ubicado en la salida de la biblioteca. Este lector RFID será de menor alcance con respecto a los demás y estará ubicado dentro del contenedor para que cuando un libro sea insertado este lo detecte y mande la información al servidor de que este libro ha sido devuelto y el administrador o persona encargada lo retire y lo ubique en su estantería respectiva.

El administrador puede acceder al servidor desde su ordenador mediante una aplicación y obtener todos los datos requeridos como saber si hay disponibilidad de los libros o la ubicación de estos, saber en qué contenedor se encuentra o para conocer el usuario que lo está utilizando y el tiempo que tiene permitido. Además, se diseñará una aplicación descargable para smartphones que utilicen el sistema operativo Android con la finalidad de que los usuarios posean acceso a la información de la base de datos de la biblioteca a través de internet desde donde se encuentren logrando así crear mayores facilidades para los estudiantes y mejorando las prestaciones de servicios que las bibliotecas ofrecen.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Implementar un sistema inalámbrico mediante RFID para supervisión y control de libros en tiempo real de la biblioteca central en la ESPOCH basado en el Internet de las cosas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir los procesos que involucren un sistema de control de biblioteca.
- Establecer los requerimientos que debe cumplir el sistema de red inalámbrica de control de biblioteca a implementar.
- Determinar la topología de red y las tecnologías de comunicación que cumplen con los requerimientos del sistema.
- Seleccionar los elementos electrónicos y el diseño que cumpla con los requerimientos de la investigación.

- Diseñar una aplicación compatible con Smartphones que poseen S.O. Android para mejorar la experiencia de los usuarios a través del internet de las cosas.

- Verificar que el sistema de red inalámbrico mediante RFID para supervisión y control de libros en tiempo real cumpla con los parámetros establecidos en la investigación.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

Los sistemas RFID presuntamente se originaron en el año 1945 cuando León Theremín lo creó como instrumento de espionaje para la Unión Soviética, fue descartado por ser un dispositivo pasivo que debía estar conectado a un enchufe. En el Reino Unido se utilizó esta tecnología para detallar aeroplanos estableciendo las bases de los sistemas RFID activos mientras se suscitaba la segunda guerra mundial. (Medranda Rodríguez, 2016, p. 80)

En Estados Unidos en 1973 Mario Cardullo presentó una contigüidad de la tecnología RFID pasiva donde los receptores respondían solo cuando percibe un estímulo del lector. Posteriormente Michael Beigel en 1979 diseñó la primera aplicación RFID. Charles Walton en 1983 recibió la primera patente norteamericana de la nomenclatura RFID. (Tapia, et al., 2007, p. 1)

En 1990 IBM desarrolló y patentó un sistema RFID para ultra alta frecuencia (UHF). En 1999 se fundó el Auto-ID Center donde se investigaba la viabilidad de ubicar las tarjetas RFID con un bajo coste en productos para dar seguimiento en la cadena de suministro. En el 2003 se crea una empresa para comercializar el EPC (Electronic Product Code) denominada EPCglobal. En el 2004 se certifica la segunda generación del EPCglobal sobre el cual se basan algunos productos que se utilizan hasta hoy. En los siguientes años surgieron aplicaciones innovadoras que combinan RFID con servicios móviles personales como RFID implantable bajo la piel para animales y humanos. (Observatorio Regional de la Sociedad de la Información. (ORSI), 2007, pp. 11-12)

En la actualidad la tecnología RFID está siendo utilizada en UHF por su trazabilidad y capacidad de identificación de productos en cadenas de producción, generando precisión cuando se obtiene información de los productos. Una de sus múltiples aplicaciones es en el inventariado de productos donde es mejor la precisión del inventario de un 63% a un 95% según el laboratorio de RFID de la universidad de Auburn en Estados Unidos. Se la emplea también como medidas antirrobo, acceso de coches, peajes, quirófanos, bibliotecas, pasaportes, etc. (Transgesa, 2018, p. 1)

Se pronostica que para el 2020 las inversiones en RFID lleguen a 24500 millones en el mundo y se pretende incorporar etiquetas RFID que no solo contengan datos identificativos en los pasaportes, pero su reto es la violación de privacidad que existiría, para ello será necesario buscar un equilibrio entre los usos y medidas para garantizar seguridad y privacidad. Los avances en el

tipo de material, el tamaño y la capacidad de almacenamiento definirán el modo en que los sistemas RFID impacten en el estilo de vida de quienes lo implementen. (Barnes, 2017, p. 1)

En el presente capítulo se detallará que es el internet de las cosas y sus modelos de comunicación, se realizará una breve descripción de los tipos de comunicación inalámbrica y sistemas de identificación automática, además se realizará un detalle más profundo de los sistemas RFID su definición, características, arquitectura, elementos, tipos de sistemas y los estándares y protocolos de esta tecnología.

1. INTERNET DE LAS COSAS

Sistema que busca la interconexión de personas, procesos, datos y objetos en una sola red a través de sensores y aplicaciones para intercambiar información mediante el internet. Ya que en su mayoría las personas están conectadas en forma social a través de dispositivos con conexión a internet. (SAP (System Application Pymes), s.f., p. 1) En donde los procesos permiten que la información que llega a las personas sea la correcta y en el momento adecuado. Los datos generados ya sea por personas u objetos una vez analizados proporcionan información útil y ayuda en la toma de decisiones y en la obtención de mejores resultados. (Rouse, 2017, p. 1) Y los objetos son los encargados de la recolección de los datos y hace que proporcionen información más real. Cada objeto posee una identidad propia y capacidad para interactuar en la red de forma independiente ya sea con un individuo o una máquina. (Cisco, s.f., p. 1)

También IoT permite la convergencia de varios factores como popularización de placas de hardware libre, disminución en los costos de los sensores, mejorando las comunicaciones y las plataformas IoT. (Everlet & Pastor, 2013, p. 5)

Adicionalmente IoT presenta ventajas como la velocidad de análisis de los datos, facilidad de seguimiento, ahorro en tiempo y dinero prestando mejoras en la calidad de servicios, siendo eficiente las actividades que se realizaban de forma remota o manual disminuyendo el tiempo de trabajo y sin tanto esfuerzo. (González, et al., 2017, p. 8)

1.1 Modelos de comunicación IoT

Se han definido cuatro modelos de comunicación del internet de las cosas según el Comité de arquitectura de internet a través de la solicitud de comentarios RFC 7452 la misma que describe

los métodos, comportamientos aplicables al funcionamiento de internet y sistemas conectados a Internet. (Rose, et al., 2015, p. 19)

1.1.1 Modelo de Comunicación Dispositivo a Dispositivo

Representa la conexión directa de dos o más dispositivos sin la necesidad de un servidor o intermediario que enrute los datos, para que se establezca la comunicación directa y se pueda intercambiar información se utiliza protocolos como Bluetooth, Zigbee, etc. ya que los dos dispositivos deben tener la capacidad de ser interoperables entre sí. (Rose, et al., 2015, p. 19)

Es utilizado en aplicaciones de domótica o telemetría ya que intercambian paquetes de datos pequeños a baja velocidad o baja tasa de transmisión y cada cierto periodo de tiempo. (Rose, et al., 2015, p. 19)

1.1.2 Modelo de Comunicación Dispositivo – Internet

Dentro de este modelo se encuentran las aplicaciones en las cuales los dispositivos IoT tienen la capacidad de poder conectarse a algún servicio en la nube de forma directa con el que comparte datos que serán analizados por algoritmos o podrá enviar comandos para actuar en el dispositivo, en otras palabras, permite intercambiar datos y controlar el tráfico de mensajes. (Rose, et al., 2015, p. 20)

Posee una desventaja cuando se integran dispositivos de diferentes fabricantes debido a que no siempre se logra la interoperabilidad. Este problema surge cuando se utiliza un dispositivo y un servicio con protocolos de un mismo proveedor ya que el usuario puede quedar atado a un servicio específico en la nube dando lugar a la dependencia de un proveedor. (Rose, et al., 2015, p. 20)

1.1.3 Modelo de Comunicación Dispositivo – Gateway

Se da cuando se conectan los dispositivos al internet mediante otro dispositivo que hace las veces de Gateway haciendo como intermediario entre los dispositivos y los servicios de la nube cuya función principal es la de traducir los protocolos y proveer de seguridad a la comunicación. (Rose, et al., 2015, p. 21)

La utilización de este modelo permite tener flexibilidad en la integración de diferentes tecnologías de comunicación ya que el Gateway va a ser el punto de unión entre los dispositivos que en ocasiones no son interoperables en su forma nativa. (Rose, et al., 2015, p. 21)

1.1.4 Modelo de Comunicación Back-End

Permite recolectar los datos de los dispositivos IoT a través de una arquitectura de comunicaciones que se encuentra detrás de la nube en combinación con datos de otras fuentes para analizarlos y tomar decisiones inteligentes, además otorga portabilidad y compartimiento de datos con otros servicios en la nube. (Rose, et al., 2015, p. 23)

El intercambio de datos a través del back-end requiere de la programación de aplicaciones en la nube para lograr la interoperabilidad de los datos de dispositivos alojados en la nube. (Rose, et al., 2015, p. 23)

Mediante el Internet de las cosas se integra a los objetos físicos con un mundo virtual de los datos, utilizando sensores, medidores inteligentes, redes de comunicación (alámbricas e inalámbricas) y sistemas adicionales (RFID). Dentro de las redes de comunicaciones se generan y transmiten datos de todo tipo en la cual no todos los dispositivos tienen la posibilidad de conectarse a través de medios confinados por ello es necesario conocer acerca de las comunicaciones inalámbricas. (Cordero Pérez, 2016, p. 1)

1.2 Tecnologías de Comunicación Inalámbricas

1.2.1 **WPAN** (Red de área personal inalámbrica): Establecida en el estándar IEEE 802.15 permite conectar diferentes dispositivos próximos a la persona alcanzando hasta los 10 metros en condiciones óptimas. La característica principal de esta tecnología es la flexibilidad y la facilidad de conformar redes diminutas. Su aplicación se está enfocando a las redes de área de hogar con bajo consumo de energía. (Salazar Ramos, 2011, p. 37)

1.2.2 **WLAN** (Red de área local inalámbrica): Instituida dentro del estándar 802.11 llega a cubrir distancias desde 10 hasta 100 metros con una velocidad de transmisión de 11Mbps. En estas redes los dispositivos deben tener una plataforma más robusta y provisión de potencia. Permite el uso de frecuencias sin licencia lo que otorga mayor aplicabilidad. (Valle Islas, 2005, p. 4)

- 1.2.3 **WMAN** (Red de área metropolitana inalámbrica): definida en el estándar IEEE 802.16 para alcanzar mayor cobertura llegando hasta varios kilómetros, su velocidad se define dependiendo de la modulación que se utilice. Sus ventajas radican en los bajos costos de implementación, alcance, velocidad, interoperabilidad y cantidad de usuarios. Posee mayor seguridad por los protocolos de encriptación que utiliza. (Gamboa Vargas, 2007, pp. 33-35)
- 1.2.4 **WWAN** (Red de área extendida inalámbrica): establecida en el estándar 802.16e posibilitan interconexión de zonas distintas geográficamente y de gran extensión. Una de sus ventajas es el acceso múltiple de los usuarios los servicios. (Prieto Blázquez, s.f., pp. 17-18)

2. SISTEMAS DE IDENTIFICACIÓN AUTOMÁTICA

Se utilizan para la codificación de datos en imágenes que son procesadas con mayor velocidad y seguridad por dispositivos que transmiten información a la computadora. Disminuye los errores producidos al ingresar los datos de forma manual. (Carro Paz & González Gómez, s.f., p. 1)

Existen diferentes sistemas como el código de barras que es una tarjeta electrónica que proporciona información de manera automática para la identificación y control de productos u objetos en procesos de intercambio de información. (Correa Espinal , et al., 2010, p. 123) Es ampliamente utilizado debido a sus bajos costos de implementación, pero su capacidad de almacenamiento es pequeña, su lectura se hace difícil porque el lector debe orientarse correctamente con el código de barras, no son modificables una vez impresos y su deterioro es constante debido a la suciedad. (Fernández , et al., 2006, p. 47)

Otro sistema para identificación automática son los procedimientos biométricos utilizados en la autenticación de personas porque poseen rasgos únicos sobre los cuales se basa el reconocimiento, pero debido a que estos rasgos son medidas biológicas estas están sometidas a imperfecciones por la edad, heridas siendo un gran problema al momento de la identificación. (Suárez Hernández, et al., s.f., p. 13)

El reconocimiento óptico de caracteres también es un sistema de identificación automática que permite automatizar el procesamiento de un documento escrito a través de un ordenador con la posibilidad de diferenciar entre conjuntos de formas o símbolos. Su precisión no es alta ya que mientras más grande es el conjunto de símbolos entre los que se toma las decisiones la

probabilidad de error en la clasificación va a aumentar. (Sánchez Fernández & Sandonís Consuegra, s.f., p. 2)

2.1 Identificación por radiofrecuencia RFID

Tecnología que permite la identificación de objetos de forma rápida con mayor transmisión de información en un entorno no muy lejano. Sus principales ventajas es que no necesita línea de vista directa, poseen mayor seguridad, tiene la capacidad de realizar lecturas simultáneas y sus aplicaciones son abundantes en cualquier ámbito. (Fernández , et al., 2006, p. 47) En el presente trabajo se ha optado por trabajar con esta tecnología ya que logra solventar los problemas de identificación presentes en las tecnologías mencionadas anteriormente. (Inche Mitma , et al., 2011, pp. 3-5)

3. SISTEMAS RFID

RFID Identificación por radiofrecuencia, tecnología que utiliza ondas electromagnéticas para transmitir señales con información que nos posibilita la identificación de objetos a distancia, está orientada a la optimización de procesos como el control de productos. (Corrales, et al., 2014, p. 1)

3.1 Características

- Admite identificación única de un objeto, consta de tres elementos que permiten el seguimiento de un determinado producto u objeto. (Urbina Ruiz, 2011, pp. 25-29)
- La comunicación es por radio frecuencia cuyas ondas pueden ser modificadas tanto en frecuencia como en amplitud dependiendo de la modulación con la que se envían los datos. (Urbina Ruiz, 2011, pp. 25-29)
- El transmisor y receptor poseen una antena para comunicarse y enviar información. (Urbina Ruiz, 2011, pp. 25-29)
- La comunicación electromagnética depende netamente de la distancia y frecuencia y se necesita de los mecanismos Far-Field para distancias largas o Near-Field para distancias cortas. (Urbina Ruiz, 2011, pp. 25-29)

- La antena es un factor sustancial en la delimitación de campo lejano o cercano. Para campo lejano su tamaño debe ser la mitad de la longitud de onda. (Urbina Ruiz, 2011, pp. 25-29)

3.2 Arquitectura

Como se puede apreciar en la figura 1-1 un sistema RFID está conformado por un lector y etiquetas las mismas que al recibir a través de una antena integrada a ellas una señal de radiofrecuencia emitida por el lector transmiten la información almacenada que poseen a este. Esta información es transferida a una aplicación software donde son utilizados los datos para identificar el objeto y se realice operaciones apropiadas según los requerimientos. Cabe destacar que para que exista una comunicación entre estos elementos conviene trabajar en la misma frecuencia. (Pazmiño Gordillo, 2013, pp. 36-38)

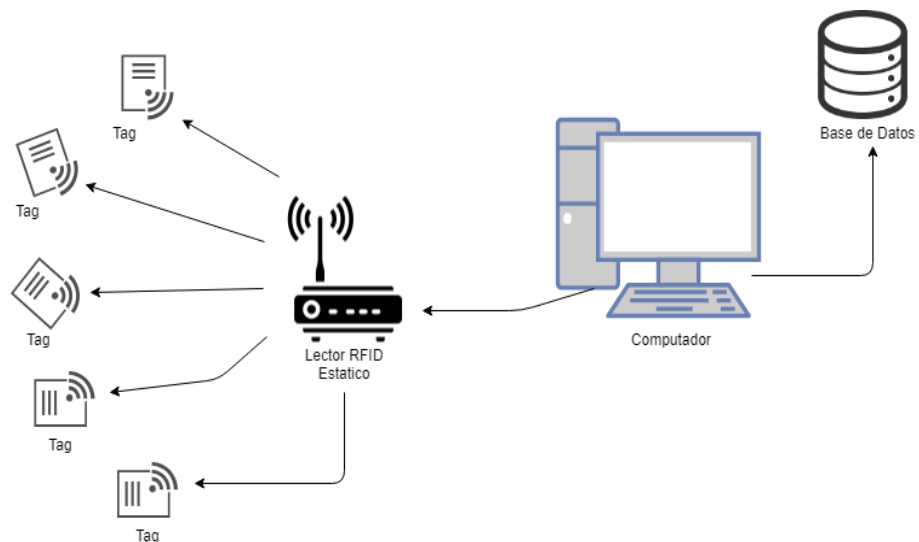


Figura 1-1: Arquitectura de un sistema RFID

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2018

3.2.1 Tarjetas RFID

Poseen una antena cuya distancia de alcance depende del tamaño de la tarjeta. Su circuito integrado está conformado por una parte analógica que controla la alimentación y comunicación por RF (radiofrecuencia) y otra digital encargada de la gestión de la información alojada en la etiqueta. Existen dos tipos de tarjetas según su sistema de alimentación. (Fernández, et al., 2006, pp. 48-49)

3.2.1.1 Tarjetas Pasivas o Transponders

Su energía proviene de los campos electromagnéticos que genera el lector RFID. Las ondas de radio que este emite proveen la energía necesaria para que el chip se alimente y pueda enviar señales de respuesta. Sus antenas deben ser diseñadas de forma que puedan recibir energía y enviar una señal de respuesta que puede contener a más de un número de identificación información adicional alojada en una memoria integrada en la etiqueta. (Tapia, et al., 2007, pp. 2-3)

Son más ligeras, flexibles, pequeños y con menor costo ya que no poseen una batería ofreciendo un ilimitado tiempo de vida. Su alcance y capacidad son menores respecto a las tarjetas activas. Dependiendo el uso final de las tarjetas se requiere un estudio para determinar en qué condiciones son más factibles las pasivas o las activas. (Portillo García , et al., 2008, p. 38)

3.2.1.2 Tarjetas Activas

Su sistema de alimentación viene incorporado permitiendo enviar información todo el tiempo al lector. Su rendimiento aumentaría en lugares con mayor interferencia con respecto a las tarjetas pasivas sin embargo su tamaño y costo también son afectados. (Tapia, et al., 2007, pp. 2-3)

Su principal ventaja es que pueden gestionar otros dispositivos como sensores. Otras características son su amplia cobertura, inmunes al ruido y su tasa de transmisión es directamente proporcional a la frecuencia. (Portillo García , et al., 2008, p. 38)

Dentro de este tipo de tarjetas se las puede subclasificar en dos: una que permanece en reposo y es activada cuando el lector hace una interrogación y la otra que permanece activada enviando señales continuamente con menor tasa de transferencia y a bajas frecuencias en los dos casos su forma de trabajar les permite ahorrar batería. (Portillo García , et al., 2008, p. 38)

3.2.2 Lectores RFID

Dispositivos que operan con las tarjetas RFID, posee una estructura semejante ya que ambos necesitan de una antena para establecer la comunicación y un circuito que gestione la misma. (Fernández , et al., 2006, p. 49)

Envían pulsos de energía por ondas de radio, los cuales se encargan de interrogar a las etiquetas activas o alimentar a las etiquetas pasivas para que estas envíen la información contenida en ellas y las pueda recibir para la utilización adecuada de esta información. (Tapia, et al., 2007)

La transmisión de la información receptada a un sistema de procesamiento de datos se lo realiza con interfaces de comunicación que posee el lector. (Rodríguez Hernández, 2009, p. 17)

Está formado por un módulo RF que consta de un transmisor y un receptor, se encarga de generar la señal que alimenta a la etiqueta, modula la transmisión de esta señal, recibe y demodula las señales que provienen de la etiqueta. Una unidad de control que codifica y decodifica los datos enviados por las etiquetas, verifica su integridad, los guarda, controla el acceso al medio y permite la comunicación con el sistema de información. Y una antena que hace posible la comunicación entre el lector y el transpondedor. (Portillo García , et al., 2008, pp. 46-47)

3.2.3 Host

Dispositivo donde se encuentra la aplicación RFID se encarga de recibir la información de los lectores y establece la comunicación con el sistema de información. Tiene la capacidad de enviar órdenes a los lectores. (Rodríguez Hernández, 2009, p. 17)

3.2.4 Middleware y Sistema ERP

Software que permite que se establezca la comunicación entre el hardware de RFID y los sistemas de información en la aplicación. Se encarga de adquirir los datos, encaminar los datos entre los lectores, tarjetas y los sistemas de información, gestionar procesos y dispositivos siendo responsable de la calidad y manejo de las aplicaciones que usan RFID. (Portillo García , et al., 2008, pp. 53-55)

3.3 Tipos de sistemas RFID

3.3.1 Según las características de las etiquetas

3.3.1.1 Por su capacidad de programación

- a) Low- end o de solo lectura: las tarjetas vienen programadas desde su fabricación. (Guevara Vásquez, 2007, p. 17)

- b) De una escritura y múltiples lecturas: las tarjetas pueden ser programadas una sola vez a más de la programación de fábrica. (Portillo García , et al., 2008, p. 32)
- c) Mid- range o de lectura y escritura: Se puede realizar programaciones varias de acuerdo con las necesidades presentes. (Guevara Vásquez, 2007, p. 18)
- d) High- end: hace uso de microprocesadores para encriptar y autenticar los datos. (Guevara Vásquez, 2007, p. 18)

3.3.1.2 Por la forma de comunicación

- a) Half dúplex se produce cuando se realiza el envío de información desde la tarjeta y la transmisión es alternada. (Casero, 2013, p. 18)
- b) Full dúplex cuando se genera una comunicación simultanea dado que la tarjeta y el lector trabajan a diferentes frecuencias. (Casero, 2013, p. 18)
- c) Secuencial: cuando el campo del lector se apaga lo hace en intervalos, el transpondedor envía su información en estos espacios de tiempo, este sistema es utilizado solo con etiquetas activas ya que poseen su propia fuente de alimentación. (Casero, 2013, p. 18)

3.3.2 Según el rango de frecuencia

- a) Baja Frecuencia (LF): Trabaja a frecuencias menores a 135 KHz, específicamente en las frecuencias 125KHz y 134KHz. (Cabascango Calderón, 2010, p. 6)
- b) Alta frecuencia (HF): Trabaja a una única frecuencia de 13.56 MHz. (Cabascango Calderón, 2010, p. 6)
- c) Ultra alta frecuencia (UHF): Trabaja en las bandas de 433 MHz, 860 MHz y 960 MHz. (Cabascango Calderón, 2010, p. 6)
- d) Microondas: Trabaja en las bandas de 2.45 GHz y 5.8 GHz (Cabascango Calderón, 2010, p. 6)

3.3.3 Según el principio de propagación

- a) Inductivas: la tarjeta utiliza la señal del lector para alimentarse, solo trabaja en LF y HF ya que trabaja en campo próximo. (Casero, 2013, p. 19)
- b) Propagación de ondas electromagnéticas: las tarjetas se alimentan de la propagación de ondas electromagnéticas, trabaja en frecuencias muy altas y trabaja en campo lejano. (Casero, 2013, p. 19)

3.4 Funcionamiento de RFID

La tecnología RFID tiene como objetivo principal la identificación de objetos de forma automática los cuales están relacionados con una tarjeta o etiqueta que posee información única que permite su identificación. Para ello en los procesos de escritura de las etiquetas se realiza una lectura inicial, se borra los datos existentes, se escribe los datos que deseamos almacenar y finalmente los verificamos, este proceso es realizado en cada bloque de memoria de la etiqueta el mismo que puede tardar varios milisegundos así como involucra mayor consumo de corriente por parte de los elementos presentes en el proceso, además durante la ejecución de este proceso no debe existir otra tarjeta cercana al área de escritura del lector ya que se podrían accidentalmente modificar la información que esta posee. (Chávez Proaño & Guamialamá Pazmiño, 2010, p. 16)

Durante este tiempo que se realiza el proceso de escritura el lector tiene la capacidad de leer múltiples tarjetas de forma simultánea puesto que pueden estar presentes diferentes tarjetas dentro de la zona de cobertura sin invadir el área de escritura, es decir que se puede realizar el proceso de lectura sin problemas ya que el proceso de escritura se realiza en la tarjeta más cercana a la antena del lector asegurando que el microchip pueda recibir la energía necesaria y suficiente para aplicar las instrucciones de escritura. (Chávez Proaño & Guamialamá Pazmiño, 2010, p. 17)

Para poder establecer la comunicación entre el lector y la tarjeta el lector es el encargado de generar una señal de corriente alterna, la misma que posee la señal de reloj y es transmitida como campo magnético mediante la antena del lector, esta señal es receptada por la tarjeta y utilizada para poder activarse y posteriormente generar una señal que contiene la información almacenada en su interior como respuesta. (Chávez Proaño & Guamialamá Pazmiño, 2010, p. 17)

Esta señal de respuesta es captada por la antena del lector para posteriormente ser procesada y transformada a digital. Para un procesamiento adicional el lector envía la información recolectada a una base de datos donde anteriormente se ha almacenado la información de cada tarjeta. (Chávez Proaño & Guamialamá Pazmiño, 2010, p. 18)

3.4.1 Modos de Comunicación entre tarjeta y lector RFID

Se presentan diferentes formas de comunicación para sistemas de largo alcance entre un lector y una tarjeta RFID tomando en consideración el tipo de tarjeta que se utilice en el sistema. A continuación, se detalla estos modos. (Chávez Proaño & Guamialamá Pazmiño, 2010, p. 18)

3.4.1.1 Backscatter

La comunicación se basa en la utilización de ondas electromagnéticas en el rango Ultra High Frequency (UHF), es empleado tanto en tarjetas pasivas como semi-pasivas. Este tipo de comunicación la tarjeta utiliza la señal que el lector envía y la refleja con la misma frecuencia modificando la información que ella contiene. Para que funcione el microchip en modo lectura se necesita aproximadamente 1,2 voltios, y para el modo escritura 2,2 voltios. (Ciudad Herrera & Sama Casanovas, s.f., pp. 24-26)

El lector dispone de un acoplador direccional que le permite separar la señal transmitida de la recibida ya que esta es mucho más débil y está a -60dB por debajo de la portadora de transmisión del propio sensor. (Ciudad Herrera & Sama Casanovas, s.f., p. 26)

3.4.1.2 Tipo Transmisor

Este tipo de comunicación es permisible solo en tarjetas RFID activas las mismas que envían la información que contienen internamente al lector en intervalos regulares de tiempo sin importar si existe o no un lector en su proximidad. (Chávez Proaño & Guamialamá Pazmiño, 2010, p. 19)

3.4.1.3 Tipo Transpondedor

Solo las etiquetas de tipo transpondedores utilizan esta comunicación. Estas tarjetas cuando no reciben ninguna señal entran a un estado de stand by (bajo consumo) logrando alargar la vida útil de la tarjeta. Cuando entra en este estado la etiqueta envía constantemente una señal de consulta buscando la existencia de un lector. Una vez que existe un lector este recibe la señal de consulta y devuelve una señal de activación (wake up) para que la etiqueta empiece a enviar su código único. (Chávez Proaño & Guamialamá Pazmiño, 2010, p. 20)

3.5 Estándares empleados en RFID

3.5.1 ISO (*International Organization for Standardization*)

La regulación y control de frecuencias varía respecto a cada país ya que el espectro radioeléctrico es patrimonio de cada uno de ellos. Entre los organismos encargados de regular la funcionalidad de la tecnología RFID según el uso de las frecuencias se encuentra la ISO. (Tapia, et al., 2007, p. 3)

En la tabla 1-1 se muestra los estándares ISO para RFID basados en su frecuencia de operación detallando algunas de sus características más importantes. (Anon., 2014, p. 1)

Tabla 1-1: Protocolos ISO para RFID

Protocolos	Frecuencia de operación	Características
ISO 14443	13,56 MHz (HF)	Existen dos tipos A, B que difieren por su modulación, esquemas de código y proceso del protocolo de inicialización, pero usan el mismo protocolo de transmisión.
ISO 15693	13,56 MHz (HF)	Conocido como estándar para tarjetas próximas. Su alcance puede llegar a 1.5 metros
ISO 180000	Parte 1 Parte 2: F<135 KHz Parte 3: F<13,56 MHz Parte 4: F<2,45 GHz Parte 5: F<5,8 GHz Parte 7: 433 MHz	Hace mención de la arquitectura y parámetros generales a estandarizar. Define los parámetros para la interfaz de comunicación por el espectro radioeléctrico.
ISO/IEC 18000-63	860MHz<F<960 MHz	IEC (International Electrotechnical Commission) Define la interfaz aérea para productos RFID. Permite la compatibilidad e interoperabilidad entre dispositivos RFID. Define parámetros de enlace directo y retorno de valores como: Frecuencia operativa Precisión del canal operativo Ancho de banda del canal ocupado Potencia radiada isotrópica máxima Modulación Codificación de datos Bit velocidad Orden de transmisión de datos

		Velocidad del Chip Especifica los requerimientos físicos y lógicos de los sistemas de retro dispersión pasiva ITF (Interrogator-Talks-First).
--	--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fuente: (Anon., 2014, p. 1)

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2018

3.5.2 EPC (*Electronic Product Code*)

EPN norma que permite la identificación mediante números exclusivos se serie como la de los fabricantes. Su trama posee 96 bits donde se aloja información del fabricante, tipo de producto y objeto que se desea identificar; se subdivide en 8 bits de cabecera, 28 bits de información del fabricante, 24 bits para definir la clase de objeto y 36 bits que contiene el id del objeto como se visualiza en la tabla 2-1. (Cabascango Calderón, 2010, pp. 10-11)

Tabla 2-1: Trama del Protocolo EPC

Cabecera	Información del fabricante	Tipo de objeto	ID del objeto
8 bits	28 bits	24 bits	36 bits

Fuente: (Cabascango Calderón, 2010, p. 11)

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2018

Para el establecimiento de los parámetros que se utilizan dentro del código de los productos electrónicos existe una organización internacional denominada EPCglobal (Asociación entre EAN y GS1) quien se encarga de administrar, desarrollar y comercializar las normas EPC. (Cabascango Calderón, 2010, p. 11)

Este estándar permite diferenciar varios tipos de etiquetas con características referentes a su funcionamiento como se visualiza en la tabla 3-1.

Tabla 3-1: Tipos de Etiquetas según el Protocolo EPC

Tipo de Etiqueta	Características de Funcionamiento
Clase 0	Etiqueta de solo lectura. Indica solo la presencia de la etiqueta ante el lector. Su aplicación frecuente es en los controles antirrobo.
Clase 0+	Etiqueta de lectura y escritura. Similar a la clase 0 con la factibilidad de identificar las etiquetas con los cambios en el protocolo por defecto.
Clase 1	Etiqueta de múltiples lecturas y una sola escritura.

	Trabaja en frecuencias de 860 a 950 MHz. Su Id es añadido según las especificaciones del usuario.
Clase 2	Etiqueta de ilimitadas lecturas y escrituras. Posee más capacidad en su memoria.
Clase 3	Etiqueta de ilimitadas lecturas y escrituras. Poseen sensores con la capacidad de almacenar parámetros como de temperatura, humedad, posición.
Clase 4	Etiqueta de ilimitadas lecturas y escrituras. Son etiquetas activas que se pueden entablar una comunicación con otras tarjetas sin un lector de por medio.

Fuente: (Cabascango Calderón, 2010, pp. 11-12)

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2018

3.5.2.1 Funcionamiento de EPC Global Class1 Gen2

Previo al comienzo del ciclo de identificación el lector manda un paquete broadcast a todos los tags que se encuentren dentro de su zona de cobertura. Este paquete contiene un campo que indica si deben identificarse o no a las tarjetas, cuando las tarjetas que recibieron el paquete responden se produce una colisión entre ellas que el lector tiene la capacidad de detectar. (Guijosa Aranda, 2014, p. 16)

Entonces es cuando empieza el ciclo de identificación, se envía un paquete de tipo Query el mismo que en uno de sus campos incluye 4 bits que muestran el tamaño del ciclo Q (2^Q slots). Al recibir este paquete las tarjetas crean un numero aleatorio r que representa el slot del ciclo en el que la tarjeta se identificara, dentro del intervalo $[0, (2^Q - 1)]$. El lector es el encargado de indicar el comienzo de un nuevo slot en cada ciclo mediante él envió de un paquete denominado QueryRep, exceptuando el slot 0 ya que este comienza de forma automática luego de enviar el Query. (Guijosa Aranda, 2014, p. 16),

Debido a que las tarjetas compiten por identificarse hacen uso de un contador interno igual a r para realizar el conteo de los slots que faltan hasta llegar a su turno para enviar su ID. Cada que reciben un paquete QueryRep el contador va decrementando su valor y cuando llega a 0 (valor obtenido r) envía su ID, es decir, llega su turno de identificarse. Una vez que la tarjeta transmite su identificación existen dos posibles casos que pueden ocurrir:

1. Caso 1: Cuando dos o más tarjetas utilizan el mismo slot para realizar su transmisión se presenta una colisión. Esta colisión es detectada por el lector y como reacción envía un nuevo paquete. Entonces la tarjeta recibe el nuevo paquete asume que existió una colisión y actualiza

su contador a (2^Q-1) (ultimo valor del intervalo) para no competir nuevamente en ese ciclo. (Guijosa Aranda, 2014, p. 17)

2. Caso 2: Cuando el lector capta un valor correcto de identificación, este responde con un paquete ACK que es recibido por todas las tarjetas que estén dentro del área de cobertura del lector, pero solo la que envió su ID le responde con un paquete Data. Una vez realizado este proceso pueden ocurrir dos cosas:
 - a. Caso 2.1: Si el paquete Data llega correctamente y es recibido por el lector, este responde nuevamente con un paquete QueryRep para inicializar un nuevo slot, es decir, la tarjeta identificada ha finalizado su proceso. (Guijosa Aranda, 2014, p. 17)
 - b. Caso 2.2: Si el paquete Data no es recibido correctamente o en tiempo estimado por el lector, este envía un paquete Nack al que reaccionara solo la tarjeta que ya envió los datos y reestablecerá su contador a (2^Q-1) (ultimo valor del intervalo). Posterior al paquete Nack nuevamente el lector enviara un paquete QueryRep. (Guijosa Aranda, 2014, p. 17)

En el momento que el contador llegue al valor (2^Q-1) termina el ciclo, entonces el lector envía un nuevo paquete Query para iniciar un nuevo ciclo en el cual vuelven a competir por identificarse las tarjetas que aún no han sido identificadas. (Guijosa Aranda, 2014, p. 17)

4. ESTADO DEL ARTE

4.1 IoT en la Actualidad

IoT tiene la finalidad de interconectar a través de internet a objetos, personas, datos y procesos para automatizar, mejorar y facilitar las actividades de la vida diaria. El IoT equipara con electrodomésticos y otros bienes como ropas tecnológicas o coches inteligentes sin embargo la mayor parte de aplicaciones se produce fuera del área doméstica en los sectores industriales. (Moisés Barrio, 2018, pp. 16-18)

Es así como IoT otorga la posibilidad de tener un control de objetos en una cadena de acontecimientos por ejemplo una nevera inteligente que puede determinar la cantidad de productos que posee en su interior, fecha de vencimiento, realizar alertas cuando existan productos caducados, entre otras acciones que facilitan la vida de los individuos. (Londoño Ortiz, 2016, p. 4)

Además, con el internet de las cosas se está integrando a las personas con las denominadas “cosas inteligentes” y permitiendo la interacción con ellas donde y cuando la persona lo necesite generando un gran impacto en la sociedad y desarrollando nuevos campos de aplicación. (Játiva Gutiérrez, 2016, p. 82)

El desarrollo del internet de las cosas avanza gradualmente, sin embargo no se ha establecido completamente debido a que aún existen riesgos respecto a la seguridad y privacidad de los usuarios por ejemplo el acceso de terceras personas a la información confidencial contenida en sensores o en las bases de datos que se utilicen tal es el caso de los vehículos que disponen de sensores para establecer la posición mediante GPS. (Londoño Ortiz, 2016, p. 5)

También se prevé que existirán aproximadamente 20400 millones de dispositivos inteligentes y un total de 50000 millones de cosas conectados a internet para el año 2020 según el IBSG (Internet Business Solutions Group) de Cisco. (Belotti, Diego, 2017, p. 1)

4.2 Proyectos con IoT

Los campos de aplicación de IoT son extensos pero su mayor aplicabilidad se ha dado en las industrias, a continuación, se mencionará varios proyectos desarrollados con el internet de las cosas tanto en el ámbito industrial, en la salud como en sectores domésticos, etc.

Por ejemplo, es utilizado el IoT en la realización de aplicaciones para el monitoreo de la calidad del aire o del agua, condiciones del suelo en ambientes cerrados mediante sensores en tiempo real. Obteniendo como resultados que los datos recolectados por el sistema permiten indicar las posibles afectaciones que los gases pueden ocasionar en los seres humanos, permiten también determinar si el aire, agua y suelo son de calidad buena o mala, además aplicando modelos matemáticos se puede pronosticar las concentraciones de contaminantes presentes con base en los registros anteriores. Se rescata también que los módulos con sensores son ubicados de manera que permitan obtener una gama alta y confiable de datos que inalámbricamente serán enviados y almacenados en un servidor con una base de datos MySQL. (Arguelles Cruz, 2017, pp. 38-41)

Otro proyecto con IoT se realizó en la universidad tecnológica de Pereira donde se publicó el desarrollo de un “Sistema de monitoreo y control remoto usando IoT para un regulador de presión”. Donde se logró obtener graficas de visualización y control asegurando el flujo de información sin problemas de tráfico en el servidor, la información almacenada puede ser mencionada mediante Arduino para manipular remotamente la planta de presión, se estableció

una comunicación bidireccional entre Arduino y el servidor para intercambiar información y poder optimizar nuevos procesos que se desarrollen con actuales dispositivos electrónicos. Además, se concluyó que la tasa máxima para enviar datos desde Arduino al servidor es de 15 segundos para que exista un flujo constante de información, siendo recomendable para establecer la comunicación el uso del software de desarrollo MATLAB en el proceso de interconexión. (Rodríguez Sotelo, et al., 2017, pp. 391-396)

También se realizó un proyecto denominado “Sistema de Riego basado en la Internet de las Cosas (IoT)”, enfocado al aumento de la calidad y productividad de los cultivos en el sector agrícola mediante un uso adecuado del agua. Se obtuvo los prototipos elaborados tanto del nodo central como del nodo de administración, donde el primer nodo es el encargado de que la información recolectada por los sensores que están ubicados de forma dispersa en los cultivos sea de forma local en un módulo MicroSD para tener una medición más exacta de los parámetros requeridos, el segundo nodo se encargada de administrar los flujos de agua a las distintas zonas mediante electroválvulas activadas de forma remota. (Anaya Isaza, et al., 2017, pp. 1-8)

IoT es utilizado también en sistemas médicos a través de una red de dispositivos conectados a internet que contienen información útil para realizar diagnósticos y tratamientos a los pacientes. (Samaniego Martel, 2018) Un ejemplo de estos proyectos es el “Diseño de una arquitectura genérica de IoT aplicada a casos de emergencias para dispositivos médicos inalámbricos implantados” (Rodríguez Espinoza, 2016, p. 1) que busca garantizar la comunicación de los dispositivos implantados en los pacientes cuando existan casos de emergencias. Se logró así obtener una arquitectura de diversos escenarios de movilización del paciente, también una arquitectura diseñada para dispositivos IoT en la que se conservan la memoria y la batería. Finalmente se logró la lectura con precisión de las señales que son generadas por el cuerpo humano. Dentro de las conclusiones se destaca la alta velocidad en la comunicación inalámbrica entre el servidor del hospital y el dispositivo del paciente que proporciona la arquitectura realizada y la capacidad de poder monitorear eventos críticos y las actualizaciones que se presenten en el programa del dispositivo medico mediante un acceso remoto en tiempo real. (Rodríguez Espinoza, 2016, pp. 53-72,92)

Existen otras aplicaciones donde se emplea IoT como es el caso de la monitorización de la variación de los niveles de agua en los ríos así mismo como los niveles de agua o gas en los recipientes de almacenamiento y cisternas y los controles de acceso en sitios restringidos para detectar personas en áreas no permitidas, entre otras. (Bonilla Fabela, et al., 2016, p. 2328)

Para entornos inteligentes se usa IoT en aplicaciones para detección y recolección de residuos a través de contenedores inteligentes que logran compactar los niveles de basura mediante el manejo de energía solar, los datos de las operaciones, niveles de llenado y funcionalidades son almacenados en la nube y posteriormente analizados con un software que permita incrementar su eficiencia; también es utilizado en autopistas inteligentes capaces de enviar mensajes con advertencias de acontecimientos imprevistos como accidentes o condiciones meteorológicas. (Bonilla Fabela, et al., 2016, p. 2327)

A futuro la utilización de esta tecnología permitirá definir el término “ciudades inteligentes”, en aplicaciones como la monitorización de automóviles y peatones para mejorar la conducción y los pasos peatonales, monitorización de los sonidos de lugares de distracción y zonas centrales en tiempo real, iluminaria de las vías públicas de forma inteligente en función del tiempo. (Bonilla Fabela, et al., 2016, p. 2326)

4.3 Tecnologías para IoT

Las redes de comunicaciones son las principales habilitadoras de un proyecto de internet de las cosas debido a que permiten la conexión de dispositivos, maquinas, sensores, etc. que generan datos desde cualquier punto geográfico donde estén ubicados. A continuación, se describe brevemente algunas de las tecnologías utilizadas en IoT. (Efor, 2016, p. 1)

SigFox: Red de Comunicaciones LPWAN (Low Power Wide Area Network) construida sobre una modulación UNB (Ultra narrow band) opera en la banda de 868 MHz y 902 MHz en Europa y Estados Unidos respectivamente. Posee un gran despliegue a nivel mundial, es de bajo costo y su característica principal es ser una red bidireccional. (Efor, 2016, p. 2)

LoRa: Red LPWAN. Maneja un mayor espectro de comunicaciones que SigFox. Es una red bidireccional con una cobertura menor que SigFox ya que está desplegada en pocos países. (Efor, 2016, p. 3)

BLE: (Bluetooth Ultra Low Power) permite la interoperabilidad de dispositivos pequeños con capacidad de utilizar bluetooth enviando paquetes con poca cantidad de datos, porque estos dispositivos permiten brindar el servicio de señalización y de localización ya que utilizan pilas de botón como baterías y su durabilidad se extiende debido a la baja tasas de transmisión de datos. (Efor, 2016, p. 3)

ZigBee: Sus aplicaciones están enfocadas a la domótica e industrias por su bajo consumo de energía, su seguridad, robustez y escalabilidad. (Efor, 2016, p. 4)

RFID: Es una de las tecnologías en las que se basó la creación de internet de las cosas por su bajo coste, pequeño tamaño y su amplia gama de aplicaciones.

4.4 Proyectos con RFID e Internet de las cosas

RFID es una de las tecnologías que lidera el desarrollo del internet de las cosas siendo una de las más relevantes en sus aplicaciones. A continuación, se presenta algunos proyectos que utilizan una convergencia de estas dos tecnologías.

En la Universidad Politécnica de Valencia se realizó un “Estudio de la implantación de Internet de las Cosas, en las redes logísticas de la Cadena de Suministro” (Pajares, 2016, p. 1) considerando que uno de los requisitos fundamentales del internet de las cosas son los dispositivos que deben estar conectados entre sí en la red. Por tal motivo se diseñó una arquitectura de IoT que consta de cuatro capas: la capa de sensores en la cual los dispositivos automáticamente detectan los intercambios de información, la capa de red en la que todos los dispositivos son conectados con la capacidad de compartir información, la capa de servicio donde se proporcionan funciones para poder integrar servicios y aplicaciones del IoT, finalmente la capa de la interfaz la misma que tiene la funcionalidad de reducir la gestión e interconexión de las cosas. Como resultados se puede rescatar que las mejoras del uso de estas tecnologías se enfocan a la coordinación entre entidades, compartiendo información relevante y permitiendo la operación con mayor eficacia en la cadena de suministro. (Pajares, 2016, pp. 2, 34-36)

Otro proyecto basado en estas tecnologías fue presentado en la Universidad Nacional de Colombia y en la Universidad de Valencia denominado “Diseño y Validación de un Framework para IOT basado en la tecnología RFID” por Oscar Andrés Urbano Vallejo con la finalidad de mostrar que RFID a pesar de ser una tecnología antigua es aplicable en la actualidad en proyectos en donde existe una limitada disponibilidad de energía ya que fue desarrollada bajo estándares y protocolos de bajo consumo de energía, mientras que las otras tecnologías se las pone en ejecución en aplicaciones donde los sistemas operativos y protocolos de comunicación consumen una alta cantidad de energía. Evidenciando la gran aplicabilidad que presenta RFID para el despliegue de IoT. Para ello diseño una arquitectura de IoT formada por sensores de temperatura humedad y aceleración, Gateways que permitan la compatibilidad con RFID, a la capa de red y base de datos.

Este sistema está enfocado a la monitorización de la cadena de frío de alimentos obteniendo como resultados que la utilización de la tecnología RFID dentro de una red IoT es viable y económico tomando en cuenta que varias empresas ya disponen de esta tecnología en sus procesos logísticos y se puede aprovechar la infraestructura existente. Además, este sistema permite extraer la información almacenada en la base de datos acerca de los procesos de la cadena posibilitando la interconexión con otros sistemas. (Urbano Vallejo, 2018, pp. 2, 52-53)

4.5 Proyectos similares de manejo de libros

El control y seguimiento de productos se han vuelto claves dentro de la sociedad ya que la automatización de los diferentes procesos y actividades ha ido cobrando fuerza tal es el caso de las bibliotecas donde a través de la implementación de tecnologías como RFID e internet de las cosas en sus servicios ha logrado la optimización de los procesos como préstamos y devoluciones. (Gómez, et al., 2007, p. 319) A continuación, se presenta el desarrollo de sistemas y aplicaciones de estas tecnologías enfocadas a las bibliotecas.

En la biblioteca pública West Bloomfield Township de Michigan se implanto alrededor de 220000 etiquetas RFID en los libros para brindar el servicio de auto préstamo a los usuarios llegando a valores mayores al 90% de clientes satisfechos logrando reducir el número de alarmas utilizadas como medida de seguridad para evitar perdida de ejemplares de la biblioteca. (Gómez, et al., 2007, p. 326)

En la biblioteca Cerritos de California opto por colocar tarjetas RFID en todos sus libros y utilizar alrededor de 12 lectores en la entrada y salida de la biblioteca. Además, utilizaron otros lectores para poder ordenar los libros y lectores portátiles para la realización de inventarios. Tras un año de su implantación la visita de usuarios incremento un 30% además la utilización de este sistema deja tiempo disponible para que el personal bibliotecario pudiera realizar tareas como mantenimiento y cuidado de la biblioteca. (Gómez, et al., 2007, p. 326)

La biblioteca Colchester de Reino Unido implementó un sistema RFID que está basado en el estándar ISO 15693 en el cual las etiquetas disponen de un bit de seguridad para evitar el robo de los libros permitiendo a los usuarios un autoservicio de préstamo y devolución de estos. Este sistema dispone de un buzón en la entrada de la biblioteca donde se puede depositar el libro sin tener que colocarlo necesariamente en su estantería correspondiente, una vez depositado en el buzón se puede tener un control absoluto de préstamos y devoluciones de los libros ya que el sistema se actualiza dinámicamente. (Gómez, et al., 2007, p. 326)

En la biblioteca Nacional de Seúl ubicada en Corea del Sur debido a su política de no permitir que los usuarios saquen el material de la biblioteca establece un sistema para gestionar la información que brinda dos clases de servicio. El primer servicio es orientado a clientes q visitan el centro físicamente en el cual los usuarios deben pasar el libro con la tarjeta por el lector y así realizar el préstamo y el otro a las personas que acceden mediante internet para el que se desarrolló la opción “Mi Biblioteca” en la que no es necesario registro de los usuarios y se adquiere información acerca de la disponibilidad de los materiales. Este sistema permite mejorar el funcionamiento de la biblioteca a través de datos sobre que libros han sido más consultados o áreas con mayores sugerencias. (Gómez, et al., 2007, p. 327)

En la universidad de Anna de la India se desarrolló un sistema de biblioteca inteligente basado en IoT con seguimiento de libros basado en NFC publicado en la Revista internacional de Tecnología emergente en informática y Electrónica. El sistema cuenta con un rack monitor ubicado en cada estantería, este dispositivo contiene un lector NFC y tiene la capacidad de comunicarse con la red WLAN de la biblioteca, así al colocar un libro nuevamente en el estante la información contenida en las tarjetas NFC ubicadas en los libros es leída y actualiza los detalles en la base de datos. Este sistema también está equipado con un lector de huella dactilar y un lector NFC en la entrada y salida de la biblioteca para que los usuarios se puedan registrar y verificar si la huella coincide con su ID, el lector NFC detectara y emitirán alarmas en caso de que alguien desea sacar un libro sin autorización. La devolución del libro se la puede realizar en un casillero que dispone de un lector NFC quien actualizara el estado del libro. Este sistema brinda mayores facilidades tanto al usuario como al bibliotecario ya que podrían interactuar con el servidor de la biblioteca verificando la disponibilidad del libro y su ubicación. A pesar de que este sistema presenta esfuerzos en sus configuraciones se podría obtener mejores prestaciones y experiencias si fuese aplicado en sistemas bibliotecarios muy grandes. (Larsan , et al., 2014, pp. 18-21)

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

En el presente capítulo se muestra el diseño del sistema inalámbrico RFID para control y supervisión de libros en tiempo real. El desarrollo del proyecto se basa en la metodología realizada y publicada por Trujillo D., y O. Calderón con el nombre de “Metodología para la implementación de la tecnología de identificación por radiofrecuencia en entornos industriales y sanitarios en Colombia” en la revista de investigaciones de la Universidad de Quindío en Colombia.

Estableciendo así las fases a desarrollar a continuación:

1. Análisis de Requerimientos
2. Diseño
3. Implementación
4. Pruebas
5. Ajustes y monitoreo
6. Cierre

1. PROCESOS DE UN SISTEMA DE CONTROL DE LIBROS EN LAS BIBLIOTECAS.

La necesidad de las bibliotecas de poder mantener la información de la disponibilidad de los ejemplares actualizado en tiempo real ha llevado a la creación de soluciones para identificarlos de forma rápida y almacenar esta información. Una de ellas, es la identificación por radiofrecuencia (RFID) cuya técnica se basa en la captura de datos de forma inalámbrica, permitiendo realizar lecturas más rápidas y precisas. El presente trabajo, se enfoca en integrar información obtenida por RFID de libros vigentes al sistema de administración bibliotecario de la Educación Superior Politécnica de Chimborazo, a través de una aplicación web de código abierto y de la convergencia de esta tecnología con el internet de las cosas. Para ello se establece los procesos del sistema para el control de libros.

- Préstamo de libros
- Registro de libros
- Registro de usuario
- Devolución de Libros

2. ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS

La biblioteca central de la ESPOCH realiza los procesos de préstamos y devoluciones de libros de forma semi-automática utilizando un sistema de código de barras para el registro del estado de los libros cuando salen de la biblioteca. Este sistema tiene la desventaja de que necesita de una línea de vista para poder hacer el registro. Sin embargo, actualmente se implementó la modalidad de estantería abierta para lo cual el sistema RFID que se propone tiene como característica principal que no necesita de línea de vista para realizar el registro del estado actual de los libros. Por esta razón los requerimientos en forma general del presente proyecto deben ser establecidos antes de elegir los componentes que conformaran la red tomando en cuenta el área que se desea cubrir. Entre los más importantes están:

1. Debe tener simplicidad al instalar, debe ser amigable para el usuario y de bajo costo.
2. Los elementos de la red deber ser ubicados en puntos estratégicos tal que se pueda realizar la lectura de las tarjetas en los sitios de colocación de libros después de su utilización dentro de biblioteca tomando en cuenta las condiciones físico-ambientales.
3. Las etiquetas y lectores que deben ser compatibles entre sí para escritura, lectura y seguridad de la información.
4. Los lectores deberán permitir lecturas de varias tarjetas simultáneamente evitando la colisión de la información transmitida.
5. La disposición de las estanterías debe ser establecidas de tal forma que se limite los lugares por donde transitaran los usuarios para poder delimitar las zonas de detección de libros.
6. La aplicación será diseñada para que funcione en dispositivos inteligente-móviles que dispongan de sistema operativo Android.
7. La información que proporciona el servidor siempre debe estar disponible para los usuarios que deseen acceder a ella.
8. El sistema dispondrá de una base de datos que se actualizará en tiempo real.

3. DISEÑO

Para realizar el diseño de la red se toma en cuenta los requerimientos del sistema y se plantea la concepción general del sistema acompañado de la descripción de cada uno de los módulos que lo

componen, se determina la topología de la red y se hace la selección de los dispositivos que conforman cada módulo del sistema.

3.1 Concepción General del Sistema

En la figura 1-2 se presenta la concepción del sistema en forma general el cual está formado por varios módulos como son: módulo de registro, módulo de préstamo, módulo de consulta, módulo de recolección de datos, módulo de salida y módulo de entrega. La comunicación se realiza inalámbricamente mediante la tecnología RFID.



Figura 1-2: Concepción General del Sistema

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2018

3.1.1 Módulo de Registro

En este módulo el administrador dentro de los privilegios que dispone en la aplicación de escritorio podrá agregar libros a la base de datos donde dentro de la información de cada libro estará el código EPC que va almacenado en las etiquetas. Dentro de la aplicación se configura el campo para ingresar el código EPC para que no se pueda repetir dentro de la base ya que deben ser códigos únicos para identificar cada libro. Para grabar el código en la tarjeta se puede utilizar cualquiera de los lectores siempre y cuando el computador al que están conectados disponga de la aplicación Demo donde se puede realizar la escritura de la tarjeta.

3.1.2 Módulo de Préstamo

El administrador es el encargado de ingresar al sistema el estado del libro, previo a la petición del usuario para que pueda sacar el libro de la biblioteca dado que el lector colocado en la salida de la sala de lectura emitirá una alarma si un usuario sale de la biblioteca si antes haber hecho cambiar el estado del libro con el administrador. El estado del libro dentro de la base de datos debe estar como Prestado para que el lector identifique si debe activar o no la alarma.

3.1.3 Módulo de Recolección de Datos

Los lectores ubicados en los lugares dispuestos para la transición de los usuarios dentro de la sala de lectura recolectan la información de todas las etiquetas de los libros que circulen por estos sitios, esta información es enviada al servidor para actualizar la base de datos a través del lector y su lectura de la información por el puerto serial del computador. Además, con esta información es posible determinar la ubicación de la tarjeta dentro del área del lector donde se encuentra en la sala de lectura.

3.1.4 Módulo de Consulta

Todos los usuarios que dispongan de un teléfono inteligente con sistema operativo Android podrán descargarse la aplicación diseñada que estará disponible a través de un link en la nube, desde la cual podrán acceder desde donde se encuentre a la información cargada en tiempo real en el servidor para saber el estado del libro o la ubicación de este según las zonas. Además, se diseña una aplicación de escritorio que estará disponible en la nube para brindar el mismo servicio

a los usuarios y a los administradores que tienen sus privilegios en la utilización de esta.

3.1.5 *Módulo de Entrega*

Se coloca un contenedor a la salida de la sala de lectura el mismo que dispone de un lector, cuando el usuario deposita el libro en el contenedor su tarjeta es leída y envía la información que contiene al servidor donde se actualiza inmediatamente el estado del libro pasando a entregado en el buzón. Posteriormente el administrador es el encargado de tomar los libros del contenedor y colocarlos en su respectiva estantería.

3.1.6 *Módulo de Salida*

En este módulo está colocado un lector en la puerta de salida de la biblioteca. Si el estado del libro no ha sido actualizado previamente por el administrador al pasar por la puerta el lector emite una alarma que quiere decir que el libro no está autorizado para que salga de las instalaciones de la biblioteca.

3.2 Determinación de la topología de Red

Una vez establecido la concepción general del sistema, es necesario definir la topología de red para ellos se analiza las definiciones de las topologías tipo malla y tipo estrella.

3.2.1 *Topología tipo Malla*

Red en la que cada uno de los nodos puede ser conectado con los demás nodos generando así múltiples enlaces por donde se puede llevar a cabo la comunicación, sin embargo, pese a que sería una ventaja tener enlaces redundantes para que siempre la red esté funcionando esto genera más costos de implementación debido a que su cableado será más extenso. (Rosado Muñoz, s.f., p. 21)

3.2.2 Topología tipo Estrella

Red en la que todas las estaciones están conectadas de forma directa a un nodo central y las comunicaciones que realicen necesariamente deben ser a través de este nodo. El nodo central tiene la función principal de controlar el acceso a la red por parte de los otros nodos para evitar así colisiones, errores, etc. Es así como si el nodo central llega a tener cualquier tipo de fallo toda la red se ve afectada. Las ventajas de utilizar esta topología es que si un nodo se desconecta el sistema sigue funcionando, quedando este nodo que falla fuera de la red; se pueden añadir fácilmente más nodos a la red y su mantenimiento resultaría económico. (Rosado Muñoz, s.f., pp. 21-22)

Se optó por la topología de red tipo estrella, ya que en su definición establece que todos los nodos llegan a un punto en común el cual funciona como un servidor encargado de la administración que da los servicios compartidos y la información. Esta topología es elegida porque es la que mejor se adaptara al planteamiento del sistema y su diseño de concepción. Además, si un nodo falla el sistema sigue en funcionamiento en conjunto con los otros nodos.

3.3 Simulación de la tecnología RFID

Para la realización de la simulación de la tecnología RFID se utilizó el software Cisco Packet Tracer versión 7.1.1.0138 ya que dispone de dispositivos RFID dentro de sus elementos de simulación. En la siguiente figura 2-2 se aprecia la distribución de los elementos utilizados en la simulación. La distribución se hace de forma aproximada al diseño de cómo están establecidos en la implementación, se utilizan cuatro lectores RFID que son los encargados de ejecutar una acción distinta según su ubicación, una alarma que será activada por el lector dispuesto en la entrada a la biblioteca y tres lámparas asumirán ejecutar las acciones de los otros lectores. Las acciones de los lectores en la práctica serán definir en qué zona se encuentra cada tarjeta, es así que en la simulación al pasar una tarjeta por el lector enciende la luz de la lámpara que significa que actualizó la información de donde se encuentra la tarjeta dependiendo de qué lector la lea, el otro caso será que cuando la tarjeta pase por el lector de la entrada encenderá la alarma.

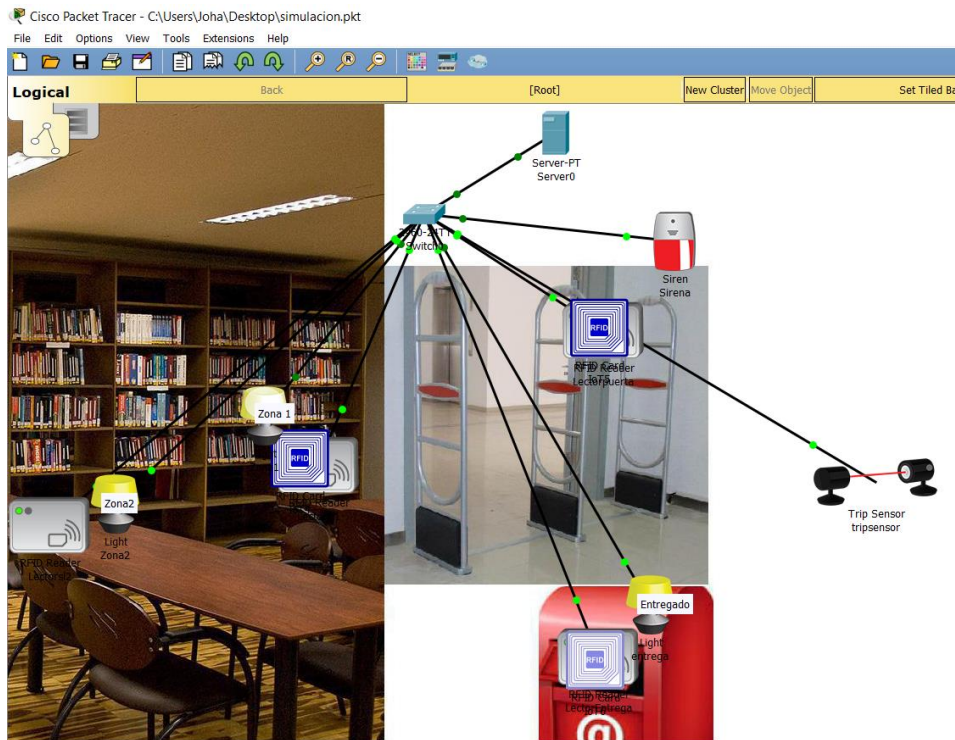


Figura 2-2: Simulación Tecnología RFID

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2018

3.4 Tamaño de la muestra de estudio

La determinación de la muestra de estudio se desarrolló mediante el modelo estadístico para cálculo de muestras con poblaciones finitas, teniendo como población el número total de ejemplares que la biblioteca dispone en este caso es 25183 libros, además se definió un nivel de confianza de 95%, un margen de error que ronde el 5% y los valores de p y q que son la probabilidad de ocurrencia o se los define como la proporción de elementos que presentan una característica determinada en este caso se utiliza 0.5. Los cálculos se desarrollan a continuación:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot q}{(N - 1) \cdot e^2 + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

$$n = \frac{(25183) \cdot (1.96)^2 \cdot (0.5) \cdot (0.5)}{(25183 - 1) \cdot (0.05)^2 + (1.96)^2 \cdot (0.5) \cdot (0.5)}$$

$$n = \frac{24185.75}{63.9134}$$

$$n = 378.41$$

Luego de aplicar la fórmula para el cálculo de la muestra para poblaciones finitas obtuvimos como muestra de estudio 378 libros, pero en la base de datos se trabaja con 500 libros.

3.5 Selección de elementos que forman los módulos de la red

Como ya se había establecido anteriormente la tecnología a utilizar se realiza una comparación mediante la escala de Likert de las características de los dispositivos para que puedan adaptarse al sistema planteado. Se toma en cuenta las características principales mostradas a continuación de cada elemento que forma parte de la red buscando los que más se ajustan a las necesidades del sistema.

Las ponderaciones tienen valores de entre cero y tres considerando que tres es la puntuación más alta y cero la más baja como se muestra en la tabla 1-2.

Tabla 1-2: Escala de valores cualitativos de referencia para selección de elementos

Escala de Referencia para la valoración cualitativa			
0	1	2	3
Malo	Regular	Bueno	Muy Bueno

Fuente: (Fernández de Piñedo , 1982, pp. 2-3)

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2019

3.5.1 Selección del Lector RFID

La puntuación para seleccionar este elemento se lo hace subjetivamente en base a los parámetros predefinidos por los fabricantes de los lectores ya que se toma como guía estas características para hacer la adquisición de los equipos en concordancia con los requerimientos del sistema buscando el que mejor se adapte a las necesidades de la propuesta planteada. A continuación, se muestra los parámetros y los equipos de los cuales se hace la selección en la tabla 2-2.

Tabla 2-2: Parámetros para la selección del lector RFID del sistema

Parámetros/ Equipos	Lector Yanzeo	Lector Chafon	ZocoRFID	SpeddWork
Frecuencia de Trabajo	860-960MHZ	860-960MHZ	125 KHz	902 ~ 928 o 865 ~ 868 MHz
Rango de Lectura	6m	10cm	0-80 cm	0-80 cm
Rango de Escritura	3m	-	-	0-10 cm
Interfaz de Comunicación	RS232/RS485	USB	Wiegand 26	USB
Soporte de lectura Multitag	si	si	no	si
Consumo de Energía	9V	6V	12V	5V
Costo	299	187.47	200	165.57

Fuente: (Anon., 2018)

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2019

El primer parámetro que se ha considerado es la frecuencia para la cual se asigna la mayor valoración a los dispositivos que trabajan en UHF (902 ~ 928 MHz o 865 ~ 868 MHz) debido a que para mayor facilidad de ubicar las tarjetas en los libros se utilizara tarjetas adhesivas y en el mercado existen este tipo de tarjetas, pero únicamente trabajan en esta banda de frecuencias.

Debido a que se identifica las zonas donde están siendo utilizados los libros luego de pasar por los sitios limitados de transición de los usuarios no es necesario un mayor rango de lectura. Por ello en la característica de la distancia de lectura se establece la puntuación más alta a los lectores que poseen un rango de hasta 1 metro y una puntuación más baja a los lectores que alcanzan distancias entre 5, 6 o más metros ya que si se utiliza un lector de largo alcance los libros que permanecen en las estanterías estarían siendo leídos constantemente dando como respuesta información no relevante ya que esta es de conocimiento general de que los libros están en las estanterías.

En cuanto al rango de escritura se otorga mayor valor a los lectores que mayor alcance presentan. Sin embargo, como todas las tarjetas son escritas antes de ser colocadas en los ejemplares no es necesario un mayor alcance. Además, se da una puntuación baja a los lectores que permiten solo la lectura de las tarjetas ya que si se utiliza este tipo de lector las tarjetas permanecerán con su código de fábrica creando un problema ya que los códigos podrían repetirse y sería imposible poder identificar los ejemplares.

Otro de los parámetros es la interfaz de comunicación en el cual se otorga mayor calificación a los lectores que disponen de una interfaz USB ya que a diferencia de RS232/ RS485 y Wiegand 6 brinda mayor velocidad en la transmisión de datos además que permite conectar varios dispositivos a la vez en el computador.

Los lectores deben poseer soporte de lectura múltiple de las tarjetas porque implementar este sistema con dispositivos que solo puedan leer una tarjeta a la vez sería desperdiciar los recursos de implementación. Además, la mayoría de los usuarios no utiliza un solo libro en su aprendizaje y al momento de la entrega de los libros los hace al mismo tiempo. Por ello se ha dado una puntuación mayor a los lectores que disponen de esta característica.

El consumo es un parámetro importante y se ha otorgado mayor puntuación a los lectores con menor consumo de energía en donde encajan los lectores con puerto USB ya que no necesitan de una fuente de poder externa, es decir se alimenta con el voltaje asignado por el computador.

El costo es uno de los parámetros más importantes ya que a través de este se puede determinar cuál utilizar de acuerdo al presupuesto con el que se cuenta tomando en consideración que se necesita de varios lectores. Así se otorga la mayor puntuación a los lectores con las características que se adaptan a los requerimientos del sistema y poseen el más bajo costo en el mercado.

En la tabla 3-2 se puede visualizar las ponderaciones otorgadas a los lectores según las características que estos poseen y en el gráfico 1-2 se aprecia los resultados de aplicar la escala de Likert según las ponderaciones en un diagrama de barras.

Tabla 3-2: Ponderación de acuerdo con las características de los lectores.

Parámetros/ Equipos	Lector Yanzeo	Lector Chafon	ZocoRFID	SpeddWork
Frecuencia de Trabajo	3	3	1	3
Rango de Lectura	2	1	3	3
Rango de Escritura	2	0	0	2
Interfaz de Comunicación	1	3	1	3
Soporte lectura Multitag	3	3	0	3
consumo de energía	1	2	1	3
Costo	1	2	0	3
Total	13	14	6	20

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2019



Gráfico 1-2: Resultado de la escala de Likert para el Lector.

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2019

Una vez aplicado el método de la escala de Likert se considera que el lector que más se adapta a los requerimientos del sistema es el lector 4 SpeedWork el mismo que resulto tener más valor en las ponderaciones sobre todo en ciertas características como su rango de lectura, interfaz de comunicación, consumo de energía y costo. El Lector tuvo un total de 20 puntos en la sumatoria de todos los valores de acuerdo con sus características mientras que los otros tuvieron 13, 14 y 6 respectivamente los Lectores 1, 2 y 3.

3.5.2 Selección de la tarjeta RFID

Al igual que para la selección de los lectores las ponderaciones oscilan entre valores de cero y tres para la calificación más alta y más baja respectivamente considerando los parámetros predefinidos por los fabricantes ajustables a los requerimientos del sistema. A continuación, en la tabla 4-2 se muestra los parámetros de las tarjetas entre las que se seleccionara la más adecuada.

Tabla 4-2: Parámetros de las diferentes tarjetas RFID

Características/Tarjetas	Alien H3 AZ 9610	Mifare Classic	Alien H47	Alien H3 AZ9662
Frecuencia	860~960MHz	13.56 MHZ	860~960MHz	860~960MHz
Rango de Lectura	3m	50mm	3m	6m
Estándar	EPC Class 1 Gen 2 ISO 18000-6 C	ISO14443A	EPC Class 1 Gen 2 ISO 18000-6 C	EPC Class 1 Gen 2 ISO 18000-6 C

Memoria de Usuario	32 bits	512 bits	128 bits	512 bits
EPC	96 bits	-	96 bits	96 bits
Almacenamiento (Tiempo)	10 años	5 años	10 años	10 años
Precio (Pack 20)	\$5.60	\$10	\$10.12	\$10.25
Material	Adhesiva	PVC	Adhesiva	Adhesiva

Fuente: (Anon., 2018)

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2019

Para el parámetro de la frecuencia se asigna mayor puntuación a los lectores que trabaja en UHF y menor puntuación a los que trabajan en una frecuencia diferente ya que este parámetro permite establecer la comunicación con el lector que trabaja en esta misma frecuencia. Este parámetro también va a depender de las disposiciones de las autoridades que regulan el uso de las frecuencias de acuerdo con las aplicaciones y a la región donde se las utilizan.

En el caso del parámetro del rango de lectura se otorga una puntuación alta a las tarjetas que dispongan de mayor rango de lectura. Sin embargo, no es un parámetro determinista en la selección de la tarjeta ya que este parámetro es más importante en los lectores debido a que ellos establecen la comunicación con las tarjetas dependiendo la potencia que emitan para poder activar a las tarjetas pasivas y estas puedan enviar la información que contienen.

Para el estándar se dispone de mayor puntuación a las tarjetas con el estándar EPC Class 1 Gen 2 ISO 18000-6 C ya que este tiene incorporado el EPC, la familia estándar de GS1 diseñado para contener información de RFID e incluye estándares de protocolo y frecuencia. Y se da menor puntuación a las tarjetas que disponen de otros estándares no completos como el seleccionado.

Se asigna mayor valor en la ponderación a las tarjetas que disponen mayor capacidad de memoria de usuario ya que esta memoria puede ser de gran utilidad en especial en aplicaciones donde los 96 bits del EPC no son suficientes para toda la información que se requiere guardar. En el almacenamiento (tiempo) se da mayor puntuación a las tarjetas que más años pueden mantener almacenada la información dando así mayor reutilización a las tarjetas y reduciría la inversión de las mismas si solo se pudiera mantener información temporal refiriéndose a días o meses.

El precio, así como en los lectores es un factor que se podría decir ayuda a determinar la selección de los elementos, sin embargo, en este caso no es así ya que hay características más importantes al momento de utilizarlas como es la memoria ya que están contendrán la información relevante del producto que facilita el manejo de procesos y actividades. Es así que se asigna una puntuación mayor a las tarjetas que poseen más memoria de usuario.

Para el material en el que se presenta la tarjeta se otorga mayor puntuación a las tarjetas que son adhesivas ya que nos facilitan la ubicación de estas. Este factor depende de la aplicación que se le dé por ejemplo para los controles de acceso sería mejor tener la tarjeta con material PVC ya que es más portable para los usuarios, pero para nuestro caso como se manejaran libros tener una tarjeta adhesiva nos facilita su ubicación en el mismo y parecerá desapercibida para las personas que los utilicen.

A continuación, en la tabla 5-2 se presentan las ponderaciones asignados a las tarjetas según las características que estas poseen y en el grafico 2-2 se tiene los resultados al haber aplicado la escala de Likert según las ponderaciones en un diagrama de barras.

Tabla 5-2: Ponderaciones según las características de las tarjetas

Características/Tarjetas	Alien H3 AZ 9610	Mifare Classic	Alien H47	Alien H3 AZ9662
Frecuencia	3	0	3	3
Rango de lectura	1	0	1	3
Estándar	3	1	3	3
Memoria	1	3	2	3
Almacenamiento (Tiempo)	3	1	3	3
Precio (Pack 20)	3	2	2	1
Material	3	1	3	3
Total	17	8	17	19

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2019



Gráfico 2-2: Resultado de la escala de Likert para las Tarjetas.

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2019

Las tarjetas elegidas como las adecuadas para la implementación del sistema son las tarjetas Alien H3 AZ9662. Una vez aplicada la escala de Likert esta obtuvo el mayor puntaje en las ponderaciones a pesar de que las tarjetas mencionadas no diferían tanto en cuanto a las características de la elegida, pero presenta ventajas frente a las otras en su capacidad de memoria de usuario y su rango de lectura.

3.5.3 Selección de la plataforma para almacenamiento en la nube

Como se realizó las dos selecciones anteriores, para elegir el software donde se almacena la información en la nube se muestra en la tabla 6-2 las características que se utilizaran para la ponderación y la aplicación de la escala de Likert.

Tabla 6-2: Características de las plataformas para almacenamiento en la nube

Características/ Software	Microsoft Azure	Amazon Web Services	GOOGLE CLOUD Platform
Lenguajes de Programación	.NET, PHP, C++, Ruby, Java	Android, Browser, iOS, Java, .NET, Node.js, PHP, Python, Ruby, Go, C++, AWS Mobile SDK y AWS IoT Device SDK.	Go, Java, .NET, Node.js, PHP, Python, Ruby. Google App Engine
Mecanismos de Almacenamiento	Tablas NoSQL, blobs, blobs para streaming, colas de mensajes o 'drives' NTFS para operaciones de lectura/escritura a disco	Base de datos NoSQL y mediante Amazon RDS (Relational Database Service) se puede tener bases MySQL, Oracle, SQL Server etc.	Una base de datos tradicional MySQL usando la nube SQL, una base de datos NoSQL o almacenamiento de objetos haciendo uso de Cloud Storage
Escalabilidad	Permite desplegarse fácilmente	Es una tarea difícil si falla una instancia puede fallar todo el sistema	Puede escalar a 64 núcleos de procesamiento y a 416 GB de RAM
Seguridad	Crea copias de seguridad automáticas dentro de un servicio de almacenamiento y son cifradas antes de la transmisión	Bloquea el acceso de usuarios no autorizados a los datos	Configura sistemas de replicación y los datos se cifran automáticamente
Costos	Contiene planes básicos, estándares y empresariales y se paga por lo que se utiliza.	Precio fijo de inicio, aunque no se utilice todos los recursos ofertados	Costo elevado para aplicaciones donde el contenido se cargue constantemente

Fuente: (Álvarez, 2018, pp. 21-23)

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2019

En los lenguajes de programación se da mayor puntaje a las plataformas que poseen compatibilidad con más lenguajes, herramientas y servicios dando la posibilidad de crear aplicaciones y servicios con funcionalidad en cualquier dispositivo.

Para los mecanismos de almacenamiento se estableció una puntuación mayor a las plataformas que poseen dentro de los mecanismos de almacenamiento tablas y bases de datos SQL, en este caso se otorga menor valor a Amazon Web Service porque trabaja con NoSQL, pero para ello necesita de un servicio adicional RDS.

La escalabilidad es un parámetro importante porque permite dimensionar los tamaños de la red que se va a establecer, así se asigna mayor valor a las plataformas que permitan desplegarse con mayor facilidad.

En cuanto a la seguridad es quizá el parámetro más importante ya que se almacenarán datos relevantes para quien implementa un sistema de este tipo, entonces se asigna mayor valor a las plataformas que ofrecen más formas de mantener segura la información.

Para los costos se otorga una ponderación mayor a la plataforma que brinde mejores prestaciones en cuanto a este parámetro ya que los costos dependen de la aplicación y la cantidad de información que se va a almacenar.

Las ponderaciones establecidas se muestran a continuación en la tabla 7-2 y posteriormente se visualiza el resultado de la escala de Likert en el gráfico 3-2.

Tabla 7-2: Ponderaciones para selección de la plataforma Cloud.

Características/ Software	Microsoft Azure	Amazon Services	Web	GOOGLE Platform	CLOUD
Lenguajes de Programación	2		3		3
Mecanismos de Almacenamiento	3		2		3
Escalabilidad	3		1		2
Seguridad	3		2		2
Costos	3		2		1
Total	14		10		11

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2019



Gráfico 3-2: Resultado de la escala de Likert para la plataforma Cloud.

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2019

Después de ejecutar el método de la escala de Likert se optó por utilizar como plataforma para almacenamiento en la nube Microsoft Azure destacándose su rapidez en la escalabilidad, alta disponibilidad, porque crea copias de seguridad automáticamente y son cifradas antes de la transmisión. Además, porque los costos iniciales son baratos respecto a las otras tecnologías ya que se paga por lo que se utiliza por ejemplo al crear una base de datos el costo dependería de la capacidad que el usuario necesite para almacenar toda su información.

3.6 Descripción de elementos que forman los nodos de la red

Es este apartado de presentan las características primordiales de cada elemento que forma parte de los módulos de la red.

3.6.1 *Lector RFID UHF SpeedWork*

Lector RFID JT-6210 diseñado y fabricado por la empresa Shenzhen Jietong Technology con la funcionalidad de leer tarjetas, poder escribirlas e incluso formatearlas. Está orientado a aplicaciones como gestión de almacenes, aparcamiento, líneas de producción, gestión de bibliotecas, asistencia, activos, etc. La apariencia física se aprecia en la figura 3-2.



Figura 3-2: Lector RFID SpeedWork

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2019

En la tabla 8-2 se presenta las características del lector seleccionado anteriormente. Estas características son las otorgadas por la empresa fabricante.

Tabla 8-2: Parámetros del lector SpeedWork

Parámetros Físicos:	
Tamaño	142 mm x 85 mm x 20 mm
Peso	0,2 kg
Material	ABS
Ganancia de la Antena	3dbi Polarización Circular
Parámetros de Rendimiento:	
Frecuencia de Trabajo	902 ~ 928 MHz o 865 ~ 868 MHz
Protocolo de Apoyo	EPC c1 gen2 iso18000 - 6c
Potencia de Radio	0 - 17 dBm
Rango de Lectura	0 - 60cm
Rango de Escritura	0 - 10cm
Interface de Comunicación	USB
Salida del Teclado	apoyo
Poder	USB suministro
Parámetros del Entorno:	
Temperatura de Trabajo	- 20 °C - 55 °C
Temperatura de la Tienda	- 20 °C - 55 °C

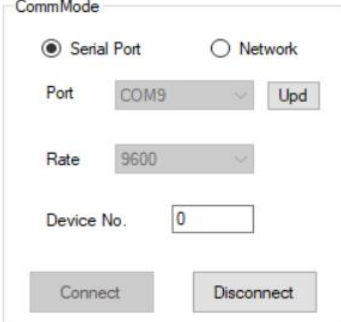
Fuente: (Anon., 2017)

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2019

3.6.1.1 Configuración de los parámetros de funcionamiento del Lector

En este apartado se detalla la configuración inicial del dispositivo para su correcto funcionamiento.

La primera fase de la configuración es establecer la conexión del dispositivo en este caso debido al diseño del fabricante se conecta mediante USB a un puerto serial del computador con una velocidad de transmisión de 9600bps ver figura 4-2.



The image shows a software window titled "CommMode". At the top, there are two radio buttons: "Serial Port" (which is selected) and "Network". Below these are four input fields: "Port" (set to "COM9"), "Rate" (set to "9600"), "Device No." (set to "0"), and "Upd" (Update). At the bottom of the window are two buttons: "Connect" and "Disconnect".

Figura 1-2: Configuración para la conexión del lector

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2019

En la fase dos en los parámetros del dispositivo se establece el modo de trabajo con un intervalo de sincronización de 20 milisegundos. En el modo de comunicación se establece los valores por defecto. Para la frecuencia se escoge la banda de frecuencias con las que se trabajara en este caso el rango de 922.5 - 927 MHz y finalmente en esta fase se establece el valor de la potencia en 150W y el modo de lectura que puede ser (una o varias tarjetas) ver figura 5-2.

Figura 2-2: Configuración de los parámetros de funcionamiento del lector
Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2019

La tercera y última fase es la de lectura y escritura de las tarjetas. En esta fase se selecciona el tipo de código con el que se va a trabajar en este caso EPC y se define su longitud. Como se puede ver en la figura 6-2.

Figura 3-2: Configuración para la escritura de las tarjetas
Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2019

3.6.2 Tarjeta RFID Alien H3 9962

Es una etiqueta que dispone de un solo chip Alien h3 9962 integrado el cual cumple con las especificaciones de EPCglobal Class1 Gen2 permitiendo proporcionar una gran variedad de aplicaciones de etiquetado. Su diseño físico se muestra a continuación en la figura 7-2.

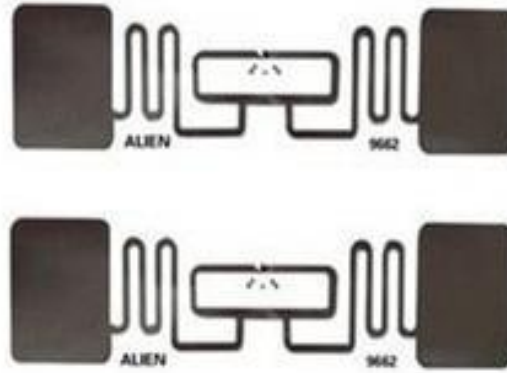


Figura 4-2: Tarjeta RFID Alien H3 9962

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2019

Las características principales se presentan a continuación:

- Es un tipo de tarjeta pasiva de lectura y escritura.
- La distancia de lectura depende del alcance del lector.
- Cumple con el estándar EPCglobal Gen2 e ISO / IEC 18000-6C
- Trabaja en las bandas de frecuencia UHF RFID (860-960 MHz)
- Posee 800 bits de memoria no volátil
 - 96-EPC Bits
 - 512 bits de usuario
 - TID único de 64 bits
- Viene Pre-programado con un número de serie de 64 bits único e inalterable
- La memoria del usuario puede estar bloqueada, y ser leída con contraseña protegida en bloques de 64 bits
- Trabaja con niveles de potencia bajos para leer y programar.

3.6.2.1 Asignación de los códigos EPC a las tarjetas

La asignación de los códigos a cada tarjeta depende de la aplicación a la que se esté enfocando, del número de elementos con los que se trabaja y sobre todo de la cantidad de información que se almacena en cada tarjeta. Esta información depende de los datos que se encuentran almacenados en la base de datos para poder verificar si el elemento existe a través de una comparación del código de la tarjeta con el código almacenado en la base.

Para definir los códigos se toma como base el principio del cálculo de subredes para saber cuántos bits se debe variar para cumplir en este caso con todos los libros de la biblioteca.

Puesto que la biblioteca central dispone de 25183 libros para poder tener un código único para cada tarjeta se aplica la siguiente formula:

$$2^n \geq 25183$$

$$n = \frac{\log 25183}{\log 2}$$

$$n = 14.62 = 15 \text{ bits}$$

Luego de aplicar la formula obtenemos que para definir un código único para el total de libros se necesita variar 15 bits de la trama EPC.

Se realiza el mismo proceso para definir un código único para el número total de libros con los que se trabaja en la base de datos, en este caso se trabajó con 500 libros.

$$2^n \geq 500$$

$$n = \frac{\log 500}{\log 2}$$

$$n = 8.9 = 9 \text{ bits}$$

Entonces puesto que no todos los 500 libros perteneces a la misma área se modificaron 11 bits de cada tarjeta para que dispongan de un código único. Para ello se varía los 8 bits menos significativos del Id del objeto los cuales definen un código único para cada tarjeta en base a la cantidad de los libros, los 3 bits restantes que se modificaron son los menos significativo del tipo de producto el cual sirve como identificador del área al que pertenecen los libros. Como se puede apreciar en la siguiente figura 8-2.

Cabecera	ID Fabricante				Tipo Objeto				ID Objeto				
00	00	00	00	0	0	00	00	0	0	00	00	00	00
00000000	00000000	00000000	00000000	0000	0000	00000000	00000000	0000	0000	00000000	00000000	00000000	00000000

Figura 5-2: Campos del código EPC

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2019

3.6.3 *Arduino Uno*

Es una placa de microcontrolador basada en el ATmega328P que consta de 14 pines de entradas o salidas digitales, 6 entradas analógicas, n cristal de cuarzo de 16 MHz, una conexión USB, un

conector de alimentación, un encabezado ICSP y un botón de reinicio. (Pérez, 2015) Se utiliza este dispositivo para la simulación de encendido de la alarma del módulo de salida con la utilización de un zumbador, la distribución y conexión de los pines con el zumbador se muestran a continuación en la figura 9-2 donde se utilizan los pines 13 y GND para hacerlo sonar.

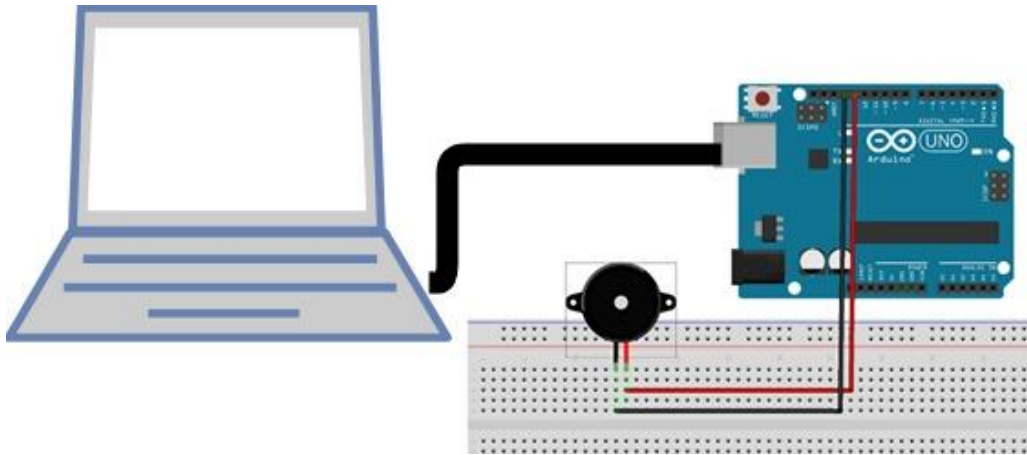


Figura 6-2: Conexión de pines del Arduino con el Zumbador

Realizado por: Del Pozo, Johanna. 2019

3.6.4 *Plataforma Microsoft Azure*

Es una nube pública de pago por uso donde se puede generar y administrar servicios a través de una conexión a internet siempre y cuando se disponga de las credenciales correctas. Entre sus servicios este almacenamiento, redes, máquinas virtuales, bases de datos, backend para aplicaciones móviles. Además, tiene compatibilidad con Linux, Php, My SQL, iOS. Microsoft SQL Azure permite implementar aplicaciones de bases de datos en la nube es por ello que se estableció esta plataforma para el desarrollo de este sistema. El utilizar las bases de datos de Azure presentan varias ventajas como:

Alta disponibilidad: ya que tiene la capacidad de crear copias de datos redundantes en servidores físicos para que los servicios siempre estén disponibles. (Pérez Marqués, 2012)

Escalabilidad: El servicio puede escalar a medida que crecen los datos después de crear particiones de los datos. (Pérez Marqués, 2012)

Modelo de desarrollo: presenta la misma interfaz que SQL server y permite utilizar las mismas herramientas y bibliotecas para compilar aplicaciones. (Pérez Marqués, 2012)

3.7 Descripción del software de Desarrollo

Para desarrollar el programa bajo el cual se ejecutan los módulos RFID y los elementos de la red se utiliza Python. IDE de Arduino y Visual Studio se utilizan para el diseño de las aplicaciones tanto móvil como de escritorio. A continuación, se describe cada uno de ellos.

3.7.1 *Software Python*

Es un lenguaje de programación orientado a objetos en donde las variables pueden ser de tipo dinámicas o estáticas. Es considerado como un lenguaje multiparadigmas debido a su facilidad de programación funcional e imperativa. Python permite que sus desarrolladores apliquen sus propias formas y métodos al escribir el código, presenta una sintaxis más sencilla que los otros lenguajes de alto nivel como C++. Python ha implementado en el lenguaje C su librería estándar haciendo que sus funciones sean eficientes. Además, cuenta con varias herramientas que mejoran la productividad del trabajo realizado en este lenguaje como los entornos de desarrollo integrado y los servidores de aplicaciones. Se utilizó este Software de desarrollo para la obtención de la información enviada por el lector a través de un puerto serial. (Challenger Pérez, et al., 2014)

3.7.2 *Software IDE de Arduino*

Es un entorno de desarrollo integrado donde se puede ejecutar instrucciones de código parecidas a las del lenguaje C++. Se utiliza la versión 1.8.8. Dentro de este entorno se puede añadir bibliotecas que están directamente relacionadas con el funcionamiento de un dispositivo en específico, además ofrece herramientas que se utilizan para cargar, depurar y establecer la comunicación. El IDE también ofrece herramientas como:

Placa y Puerto: para seleccionar el modelo de la placa con la que se trabajara y el puerto al que se conecta. (Del Valle Hernández, s.f.)

Archivo de programa: permite comprimir la carpeta del proyecto guardando como un fichero ZIP.

Auto Formato: Es necesario cuando el código desarrollado contiene varias líneas ya que formatea el código para que pueda ser legible. (Del Valle Hernández, s.f.)

Monitor Serie: es útil para establecer la comunicación tanto para enviar como recibir datos del Arduino mediante un puerto serial. (Del Valle Hernández, s.f.)

Esta herramienta se utilizó para desarrollar el software que de funcionamiento a la alarma del módulo de salida. (Del Valle Hernández, s.f.)

3.7.3 Software IDE de Visual Studio

Conjunto de herramientas que sirven para crear software por fases empezando por diseño de la interfaz de usuario, codificación, pruebas, depuración, análisis de la calidad y el rendimiento del código, implementación en los clientes y recopilación de telemetría de uso. Esta herramienta puede ser utilizada para la creación de diversas aplicaciones como sitios web, aplicaciones para dispositivos, juegos e incluso sistemas de centros de datos. La ventaja principal de esta herramienta es que no solo permite crear aplicaciones para Windows sino también para Android e incluso iOS. También tiene permite la compatibilidad con lenguajes como C#, C, C++, Visual Basic, y conectarse con bases de datos y servicios en la nube, entre otros.

Se escogió este entorno de desarrollo para la elaboración de la aplicación móvil compatible con Android y para la aplicación de escritorio. (Microsoft, 2016)

3.8 Software desarrollado para la obtención de Datos

A continuación, se presenta el diagrama de flujo en la figura 10-2 del módulo de recolección de datos de los lectores RFID mediante el programa realizado en Python y se define las funciones de cada bloque.

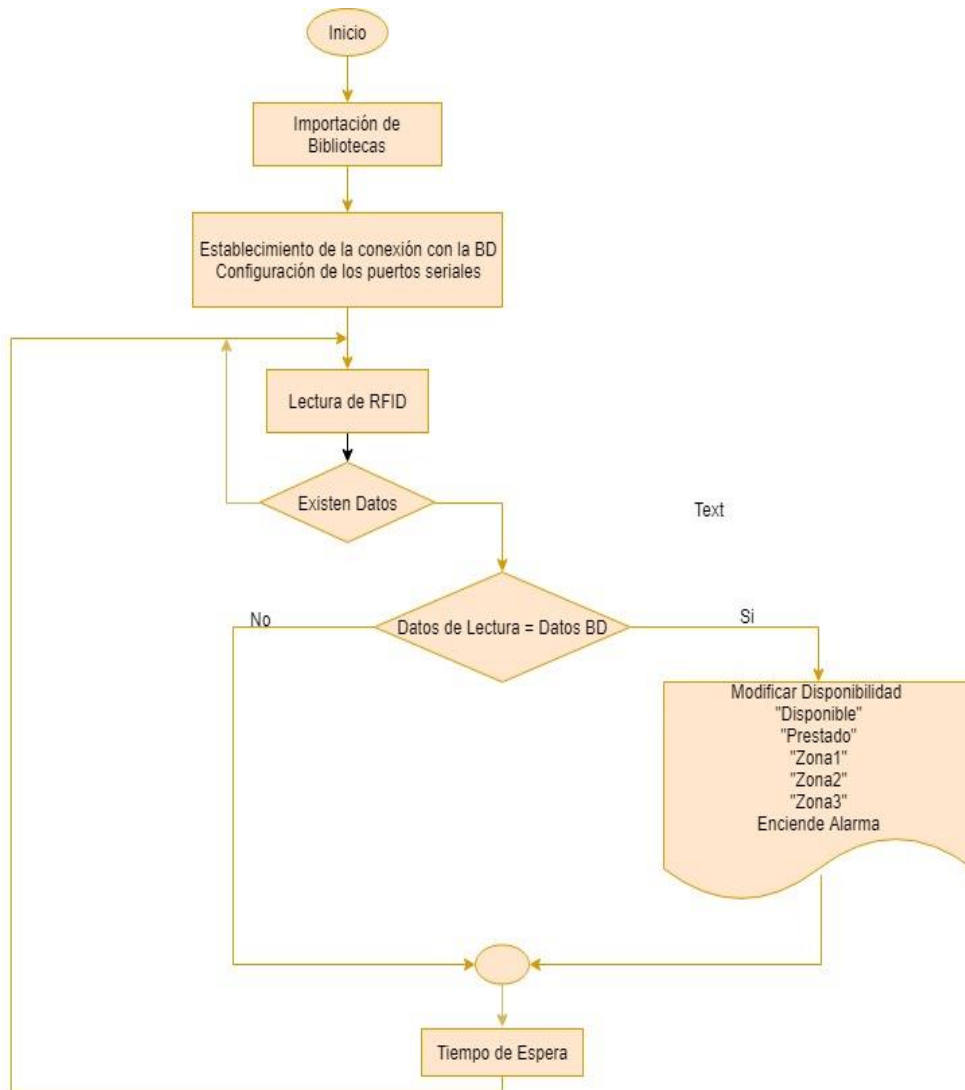


Figura 7-2: Diagrama de Flujo del programa Python

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2019

El bloque inicial consta de añadir las bibliotecas necesarias para el funcionamiento del programa, establecer la conexión con la base datos donde se aloja la información necesaria para comprobar los datos obtenidos del puerto serial y de la configuración de los parámetros de los puertos seriales para la obtención de los datos.

En el bloque de repetición se realiza la lectura de las tarjetas a través del lector RFID luego se hace una comparación con la información alojada en la base de datos, si los datos son iguales se modifica el campo Disponibilidad de la base de datos dependiendo del lector que lo lea en el caso del lector de la entrada debe hacer una doble condición para saber si el libro esta prestado o en otro estado en caso de estar en estado de “Prestado” este enciende una alarma que indica que se está hurtando el libro. En caso de que los datos no coinciden no se realiza ninguna acción.

Finalmente se dispone de un cierto tiempo de espera que cuando termina se reinicia nuevamente el ciclo.

3.8.1 Bibliotecas del programa para obtención de datos del lector

Se utilizan dos bibliotecas, para poder obtener los datos desde el puerto serial y realizar una acción después de realizar una consulta en la base de datos, estas son:

- Serial: Permite extraer datos del puerto serial.
- Pyodbc: Permite establecer la conexión con la base de datos.

3.9 Software desarrollado para la Aplicación Móvil

Con la ayuda de la herramienta Xamarin de Visual Studio se desarrolló la aplicación móvil compatible con dispositivos que dispongan de sistema operativos Android. Se utilizó esta herramienta ya que permite la reutilización de código es decir se desarrolla una aplicación multiplataforma en la cual se escribe una sola vez el código en lenguaje C# y se puede obtener la aplicación tanto para Android, iOS como para Windows.

Mediante esta aplicación se puede acceder a la información contenida en la base de datos, así como visualizar esta información actualizada en tiempo real mediante la obtención de los datos recolectados por el lector RFID y enviados por el puerto serial al computador. En la figura 11-2 se muestra el contenido en general de la aplicación.

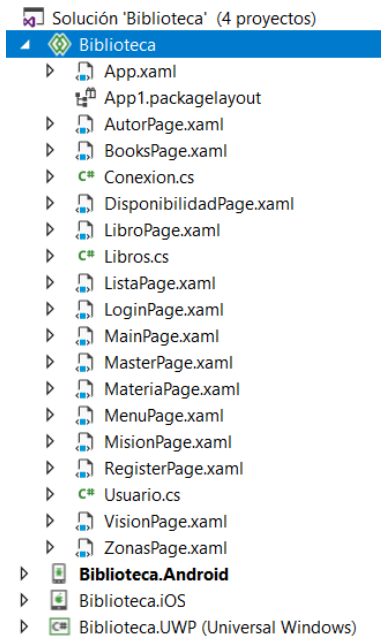


Figura 8-2: Contenido General de la Aplicación móvil

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2019

El diagrama de estados del funcionamiento de la aplicación móvil se muestra en el Anexo A.

La aplicación cuenta con varias ventanas gráficas de las cuales se muestra a continuación la pantalla principal, la pantalla de registro, el menú principal y la de consulta de libros. El código de desarrollo de la aplicación puede ser apreciado en el Anexo B.

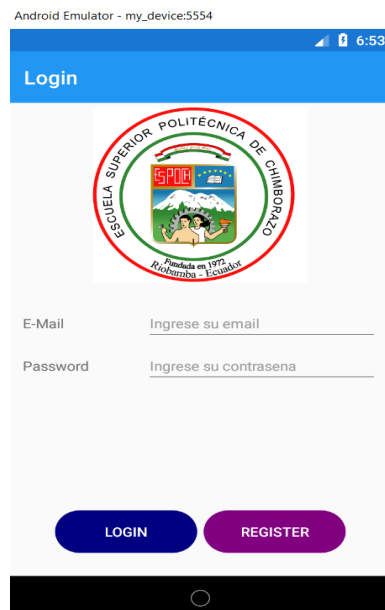


Figura 9-2: Portada de la aplicación móvil

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2019

En la figura 12-2 se visualiza la pantalla de inicio de la aplicación la cual permite ingresar a los usuarios mediante las credenciales ingresadas en el registro.



Figura 10-2: Pantalla de registro de la aplicación móvil

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2019

La figura 13-2 muestra los campos que debe llenar el usuario para su correcto registro. Estos campos son obligatorios es decir no se completará el registro si no están todos los datos requeridos.



Figura 11-2: Menú de la aplicación móvil

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2019

Una vez que el usuario puede ingresar se aprecia el menú que dispone la aplicación como se puede ver en la figura 14-2.



Figura 12-2: Pantalla de búsqueda de la aplicación móvil

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2019

En la figura 15-2 se muestra los campos de búsqueda por los cuales el usuario puede consultar la disponibilidad del libro que requiera.

3.10 Software desarrollado para la Aplicación de Escritorio

Al igual que la aplicación móvil la aplicación de escritorio se desarrolló en el entorno Visual Studio en lenguaje C# debido a su facilidad de aprendizaje, a su integridad y flexibilidad. Dentro de esta aplicación se limita el acceso a cierta información estableciendo dos tipos de usuarios administradores y usuarios naturales. Posee un contenido general similar al de aplicación móvil que se aprecia en la figura 16-2.

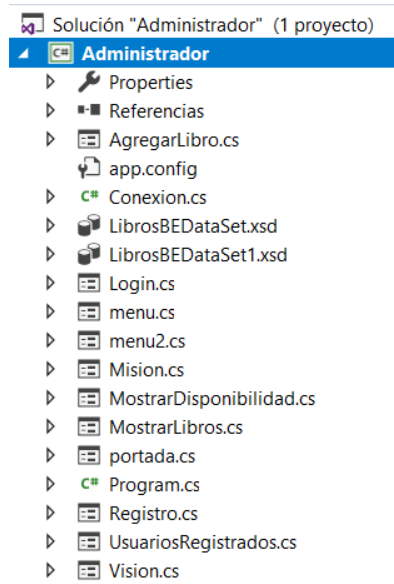


Figura 13-2: Contenido general de la aplicación de escritorio

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2019

El diagrama de estados del funcionamiento de la aplicación de escritorio con funciones de administrador se muestra en la figura 17-2 y el diagrama para usuarios normales en la figura 18-2.

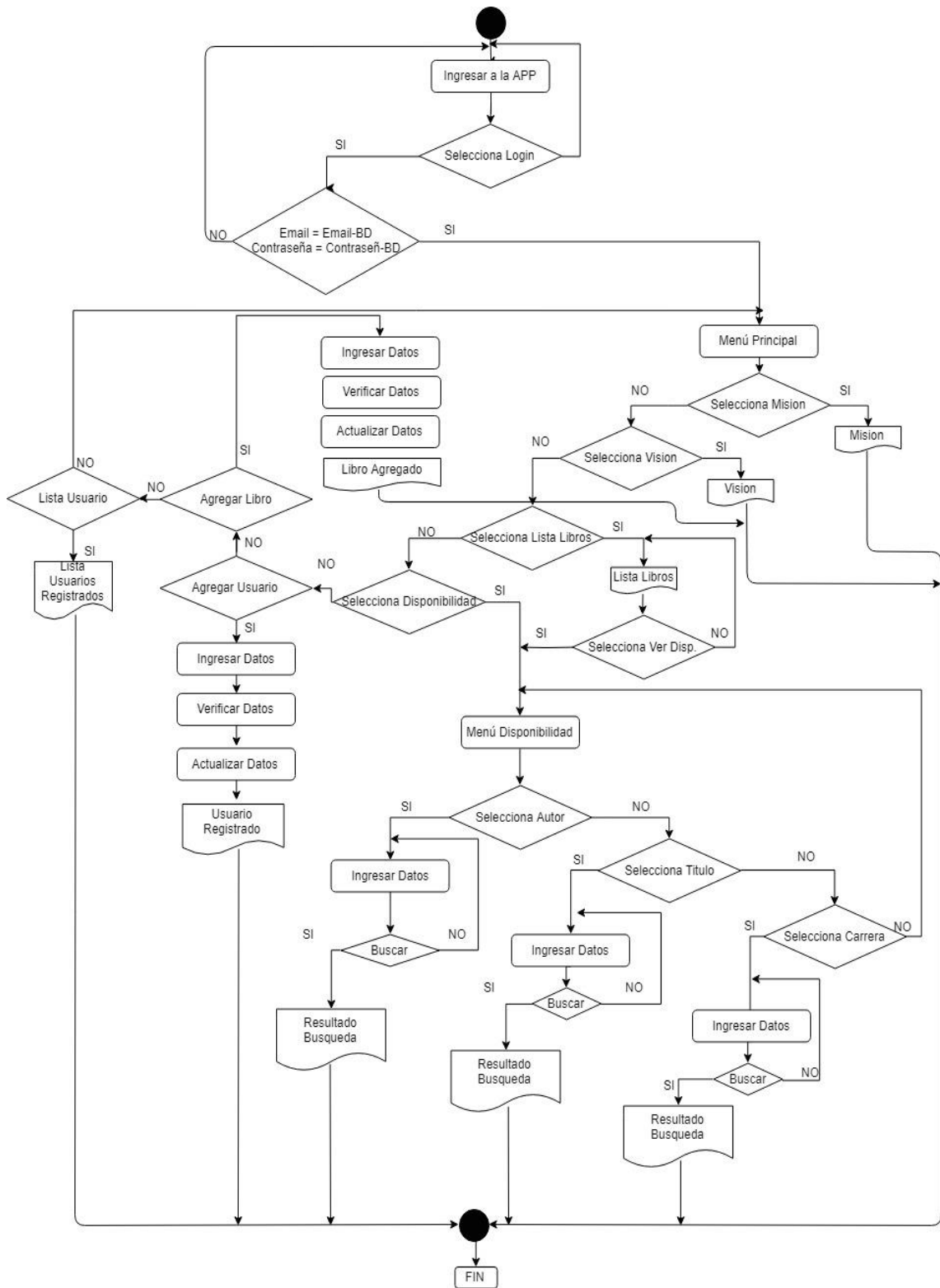


Figura 14-2: Diagrama de flujo del funcionamiento de la aplicación para administradores

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2019

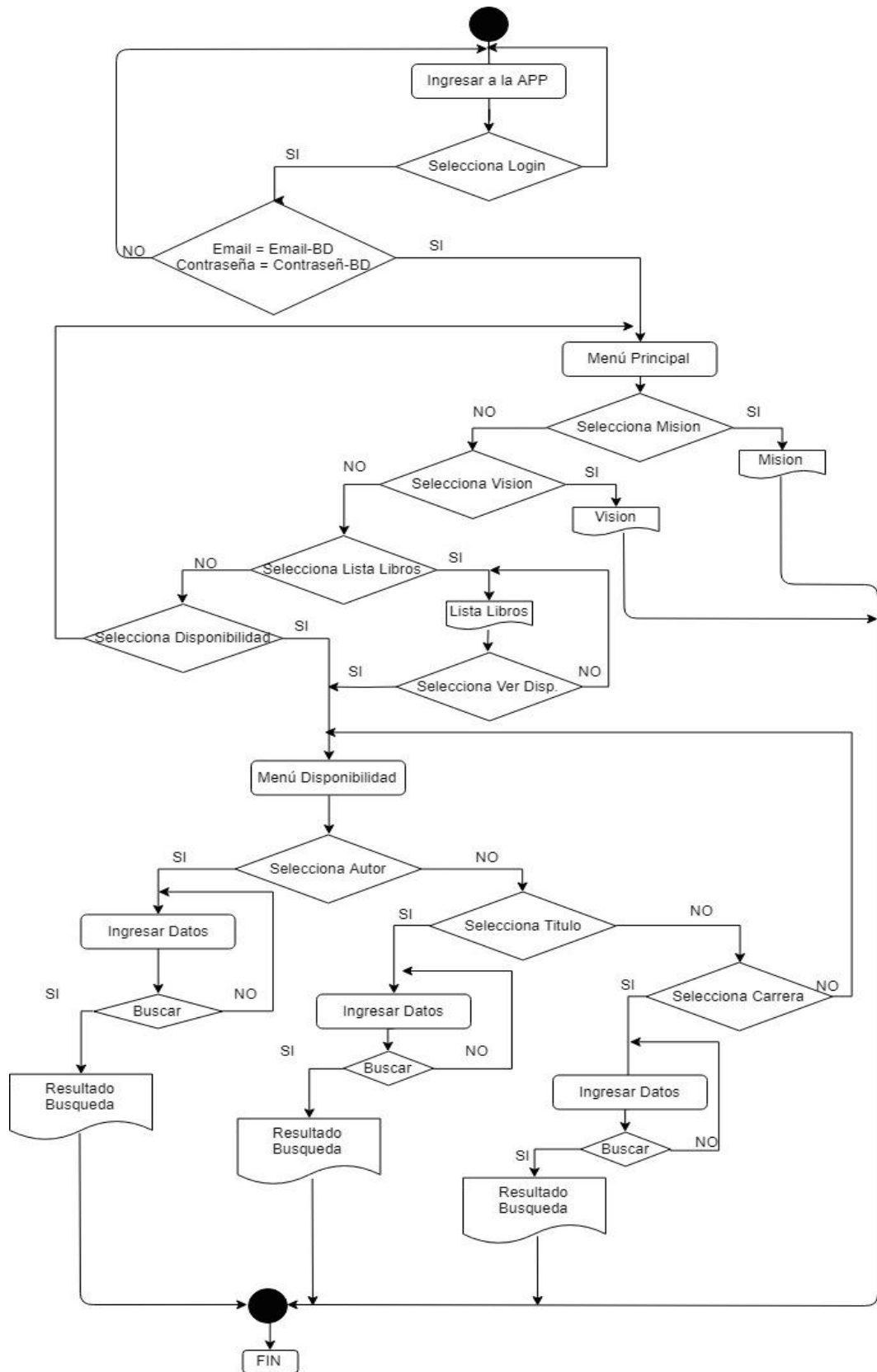


Figura 15-2: Diagrama de flujo de funcionamiento de la aplicación para usuarios normales

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2019

Esta aplicación también cuenta con inicio de sesión, pero solo pueden acceder los usuarios que previamente se registraron en la aplicación móvil y los administradores. Una vez que se ingrese dependiendo del tipo de usuario se muestra el menú por ejemplo en la figura 19-2 se muestra la ventana con el menú del administrador que difiere con la del usuario por los campos de registrar usuario, agregar libros y usuarios registrados.



Figura 16-2: Pantalla del menú principal de la aplicación de escritorio

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2019

En la siguiente figura 20-2 se aprecia la ventana de agregar usuario que es una función que solo los administradores disponen para poder elegir el tipo de usuario y así definir a que funciones tiene acceso.

Figura 17-2: Pantalla de agregar Usuarios

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2019

En la figura 21-2 se muestra los campos para agregar un nuevo libro a la base de datos que son obligatorios. El campo de código EPC debe ser diferente de los ya existentes casos contrario se muestra un mensaje de error y no se podrá agregar un nuevo libro.

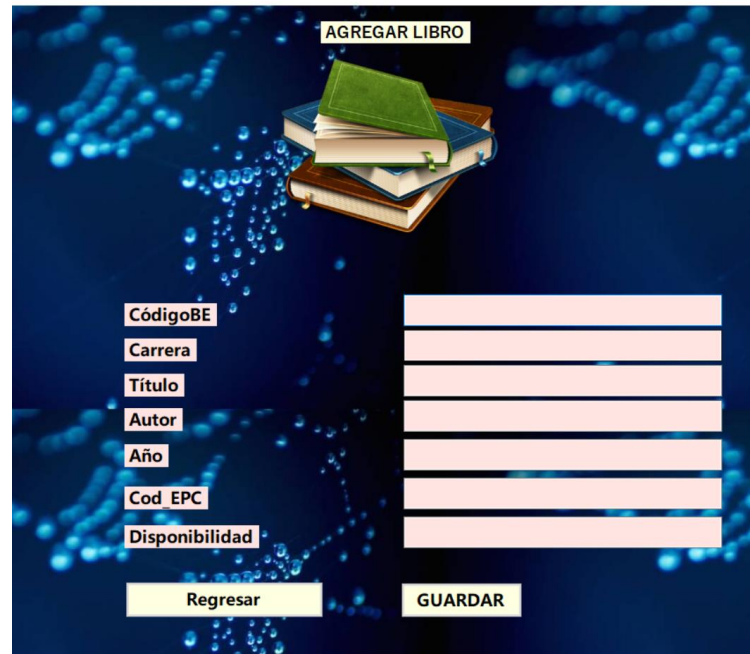
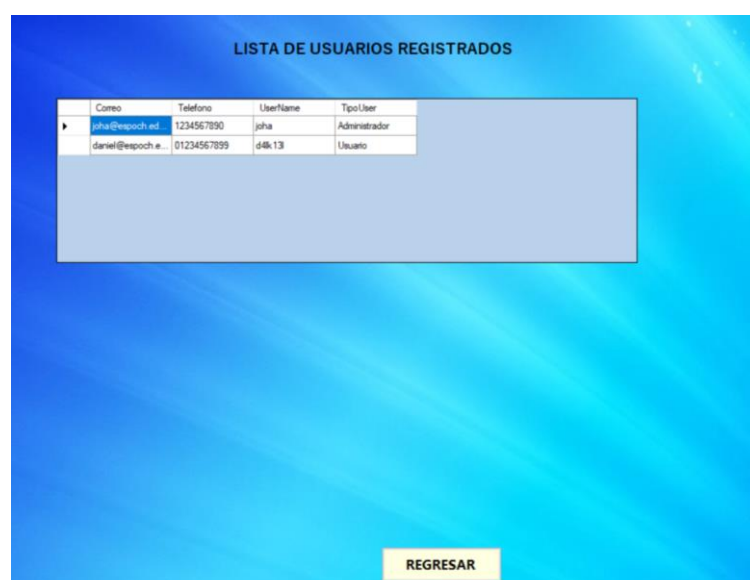


Figura 18-2: Pantalla de Agregar Libros

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2019

En la figura 22-2 se muestra la otra ventana a la que tienen acceso solo los administradores que es la que permite visualizar el listado de usuarios que se han registrado en la aplicación.



Correo	Telefono	UserName	TipoUser
jaha@esPOCH.ed	1234567890	jaha	Administrador
daniel@esPOCH.e...	01234567899	d4k.13	Usuario

Figura 19-2: Pantalla para visualizar todos los usuarios registrados

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2019

El código de funcionamiento de las aplicaciones se puede visualizar en el Anexo C.

3.11 Esquema de ubicación de los equipos

A continuación, en la figura 23-2 se muestra un esquema como sugerencia de cómo deberían estar ubicadas las estanterías y donde están los equipos para poder brindar mayor aplicabilidad del sistema. Cada lector actualiza la base de datos en tiempo real y así el usuario a través de las aplicaciones puede saber la disponibilidad del libro.

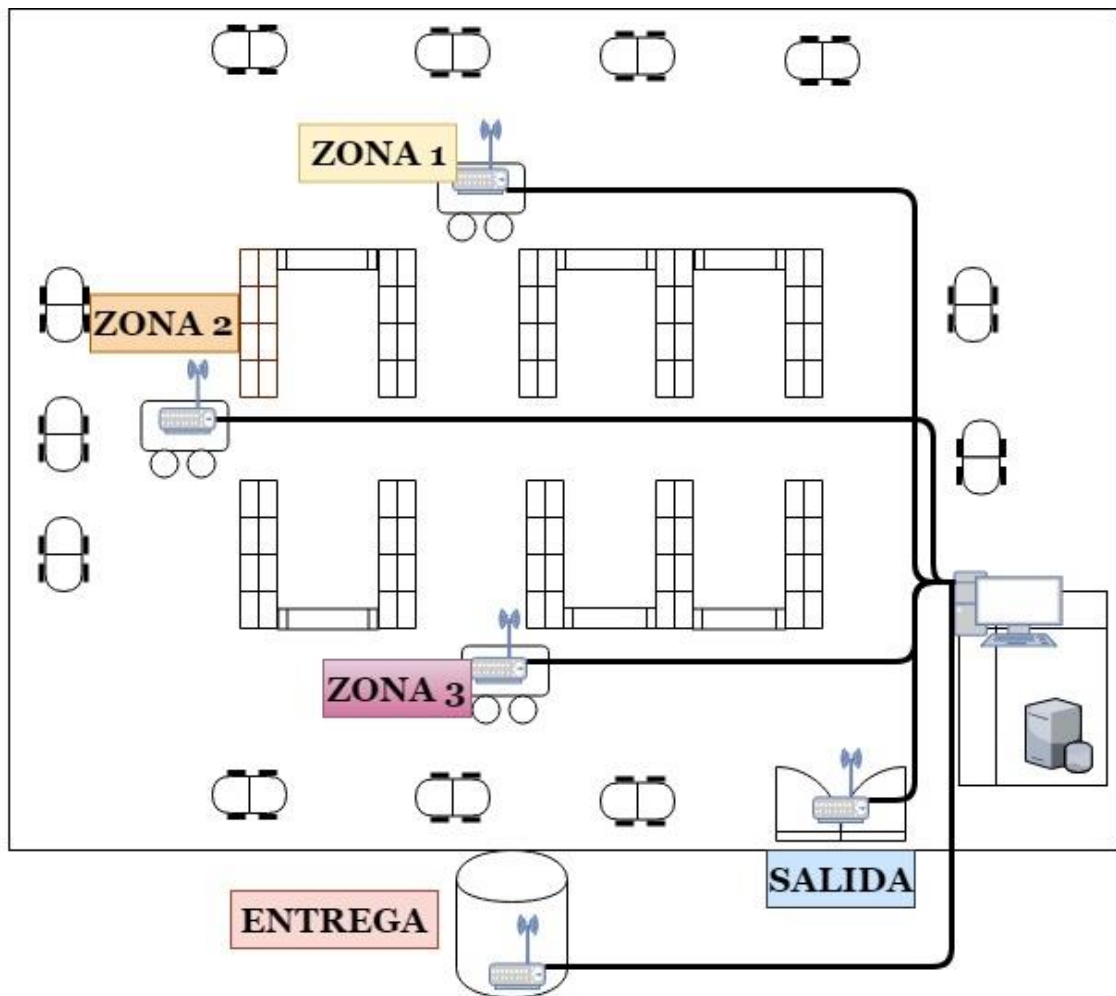


Figura 20-2: Esquema de ubicación de los equipos

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2019

CAPITULO IV

RESULTADOS Y PRUEBAS

En el presente capítulo se presentan los resultados adquiridos después de someter el sistema a las pruebas de funcionamiento. Las pruebas que se realizaron son las de funcionamiento, distancia de lectura, capacidad de acceso a la red desde el lector y desde la aplicación.

1. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

1.1 Ubicación real de los lectores en la Biblioteca

Como se mencionó anteriormente el paso de los usuarios fue delimitado debido al alcance de lectura de los lectores. Esto se lo hizo primordialmente por cuestiones económicas y las dificultades presentadas en la importación de estos equipos. A continuación, se muestra donde fueron ubicados dentro de la biblioteca los equipos para probar su funcionamiento. Donde se definen las zonas donde están los libros siendo utilizados por los estudiantes.



Figura 1-3: Ubicación del Lector que identifica la zona 2

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2019

En la figura 1-3 se visualiza la ubicación real del lector en la estantería 18 que define la Zona 2 establecida en el esquema anteriormente presentado.

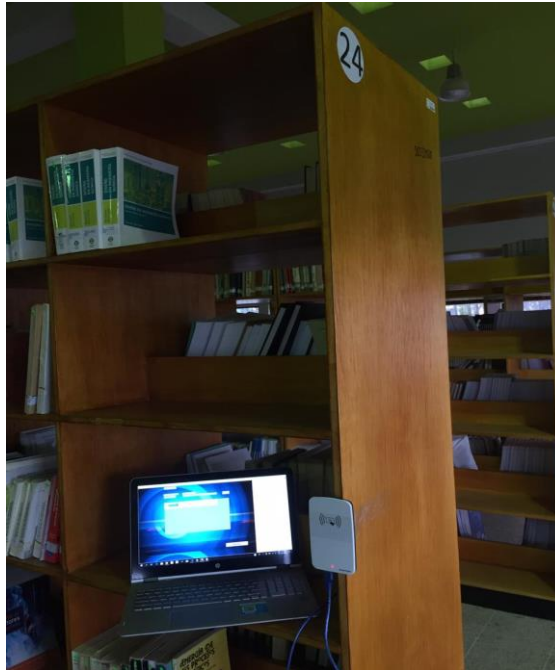


Figura 2-3: Ubicación del lector que define la zona 3

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2019

En la figura 2-3 se aprecia la ubicación real del lector que define la Zona 1 en la estantería 24.



Figura 3-3: Ubicación del lector que define la zona 1

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2019

El lector ubicado en la estantería 5 como se muestra en la figura 3-3 define la Zona 3.

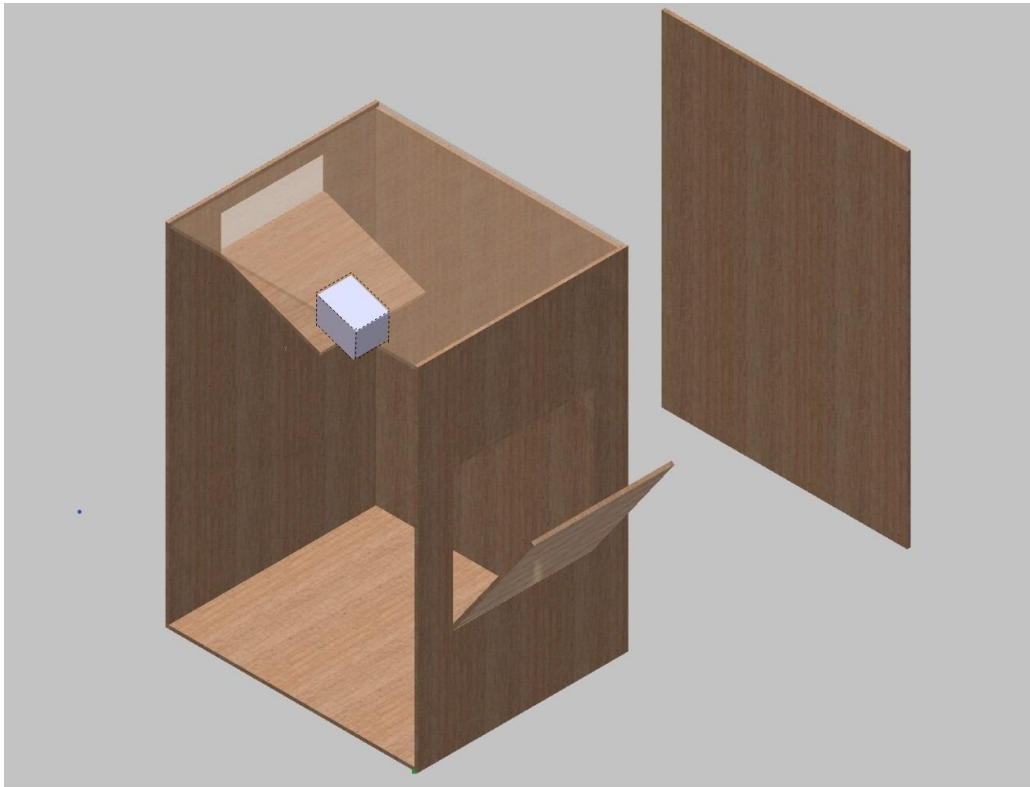


Figura 4-3: Ubicación del lector en el Contenedor de libros

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2019

En la figura 4-3 se muestra el diseño del contenedor donde son depositados los libros luego de su utilización, dispone de una rampa para que resbalen los libros una vez depositados y el lector está ubicado debajo de la misma de tal forma que al depositar el libro su etiqueta sea leída y se actualice la base de datos con el estado del libro de Entregado. Su puerta en la parte posterior del contenedor ayuda al administrador a que pueda tomar los libros y colocarlos en sus estanterías correspondientes.

1.2 Funcionamiento real del sistema

A continuación, se presenta la puesta en funcionamiento del sistema. Se hace la utilización de un computador (Solo para mostrar el funcionamiento) por cada lector ya que este sirve como medio para transmitir los datos receptados por USB del lector mediante Wifi a la Base de Datos para realizar las consultas y las modificaciones necesarias. Estos computadores pueden ser reemplazados por tarjetas de desarrollo como la RaspberryPi o por cable ethernet utilizando adaptadores de USB a ethernet generando más costos en el proyecto.

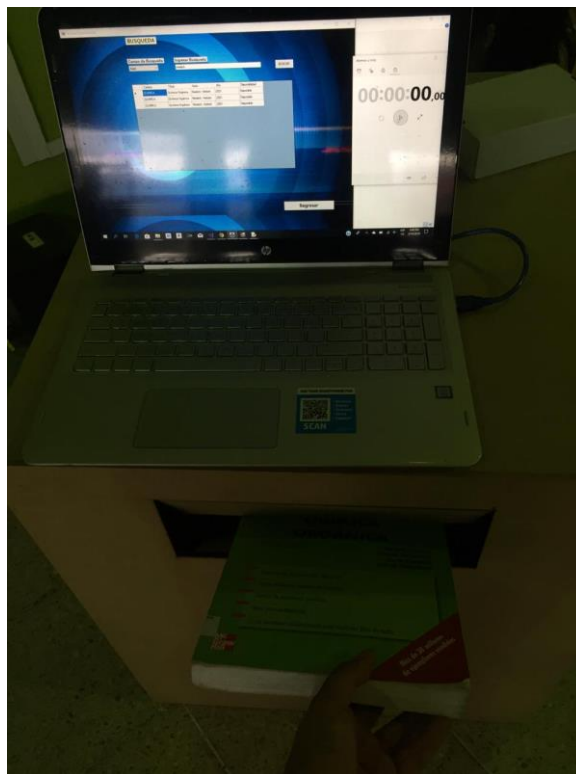


Figura 5-3: Prueba del sistema al entregar el libro

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2019

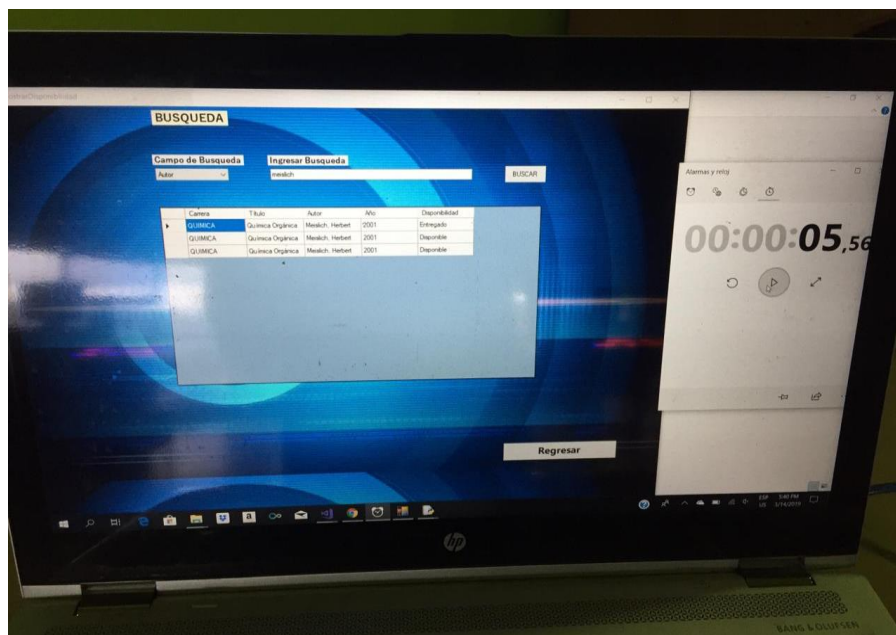


Figura 6-3: Actualización en tiempo real de la información del libro

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2019

En las figuras 5-3 y 6-3 se visualiza el funcionamiento del contenedor de los libros en donde al depositar el libro se actualiza su estado ha entregado y lo podemos comprobar en la aplicación donde la tabla se actualiza en tiempo real.



Figura 7-3: Estudiante utilizando el sistema

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2019

En la figura 7-3 se observa a un estudiante de la Politécnica probando el funcionamiento del sistema en la Zona 2.

2. DISTANCIA DE LECTURA DEL LECTOR RFID

En la tabla 1-3 se muestra los resultados obtenidos de las mediciones de la distancia a la que puede leer el lector según las especificaciones del proveedor seccionando el rango total a cada 5 cm. Además, se realizó esta prueba de lectura tanto con las tarjetas antes de ser colocadas en los libros, como en las que se encuentra un obstáculo de por medio.

Tabla 1-3: Distancia de lectura del lector

Distancia (cm)	Tarjeta con línea de	N de tarjetas simultaneas			Prom	Tarjeta sin línea de	N de tarjetas simultaneas			Prom
5	Lee	5	5	6	5	Lee	5	6	6	6
10	Lee	7	9	6	7	Lee	7	6	7	7
15	Lee	6	7	7	7	Lee	4	4	4	4
20	Lee	6	6	7	6	Lee	3	4	4	4
25	Lee	4	2	3	3	Lee	3	3	3	3
30	Lee	5	5	4	5	Lee	3	2	3	3
35	Lee	4	3	3	3	Lee	2	2	3	2
40	Lee	5	3	3	4	Lee	2	2	3	2
45	Lee	4	4	4	4	Lee	2	2	2	2
50	Lee	3	4	4	4	Lee	1	2	3	2
55	Lee	3	3	3	3	Lee	2	2	2	2
60	Lee	5	5	4	5	No lee	--	--	--	--
65	Lee	4	5	3	4	No lee	--	--	--	--
70	Lee	2	3	1	2	No lee	--	--	--	--
75	Lee	2	2	1	2	No lee	--	--	--	--
80	Lee	1	2	1	1	No lee	--	--	--	--
>80	No Lee	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2018

Se tomó valores probando varias veces la lectura de tarjetas a la misma distancia, de cada lectura se obtuvo el promedio de cuantas tarjetas puede leer un lector simultáneamente. Dando como resultado que los lectores pueden llegar a leer hasta 80 cm con línea de vista. El valor especificado por el proveedor fue de 60 cm, pero el número de tarjetas que se puede leer simultáneamente varía dependiendo de los obstáculos. A los 60 cm especificados por el lector se obtuvo que con línea de vista puede leer un promedio de 5 tarjetas, sin embargo, con un mínimo obstáculo a esta distancia ya no se detectan las tarjetas.

3. CAPACIDAD DE ACCESO A LA RED DESDE EL LECTOR

Para determinar la capacidad de acceso a la red se hizo utilización de la herramienta software WireShark y su complemento USBCap, así se puede ver en la figura 8-3 la cantidad de bytes que se receipta a través del puerto serial emitidos por el lector RFID hacia el computador. Donde se obtuvo que todo el código EPC que consta de 24 bytes, se encapsula en pares dentro de tramas de 28 bytes que llegan al host.

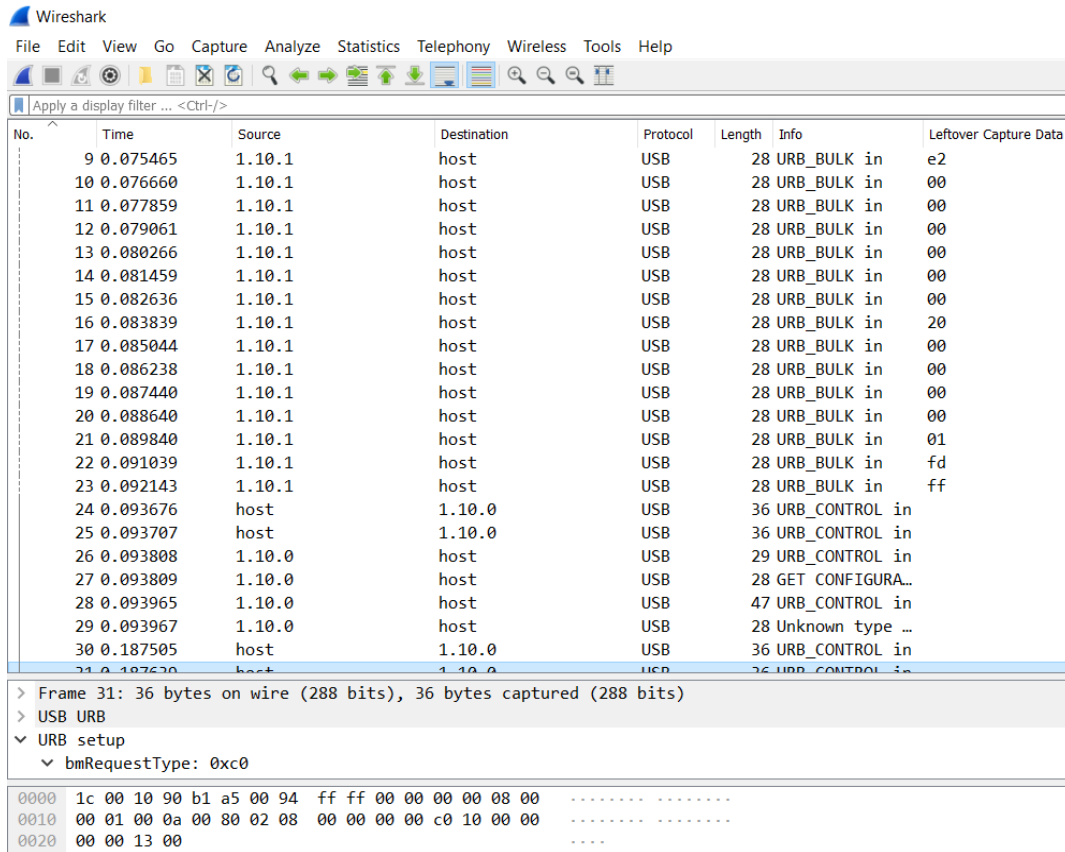


Figura 8-3: Captura de la recepción de la información desde el USB en Wireshark

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2019

Se pone en marcha el programa de Python que toma los valores receptados desde el lector para poder realizar las consultas a la base de datos y posteriormente ejecutar una acción como se puede apreciar en la figura 9-3.



Figura 9-3: Captura del código del programa en Python

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2019

En la siguiente figura 10-3 se muestra cuantos datos se envía desde el computador a la base de datos para realizar las consultas, este dato sirvió para el cálculo de la capacidad de acceso tomando en cuenta que no varía sin importar cuantas tarjetas lea el lector cada consulta da un valor de 283 bytes cuando se está ejecutando el programa que modifica la base de datos con el valor de “Disponible”.

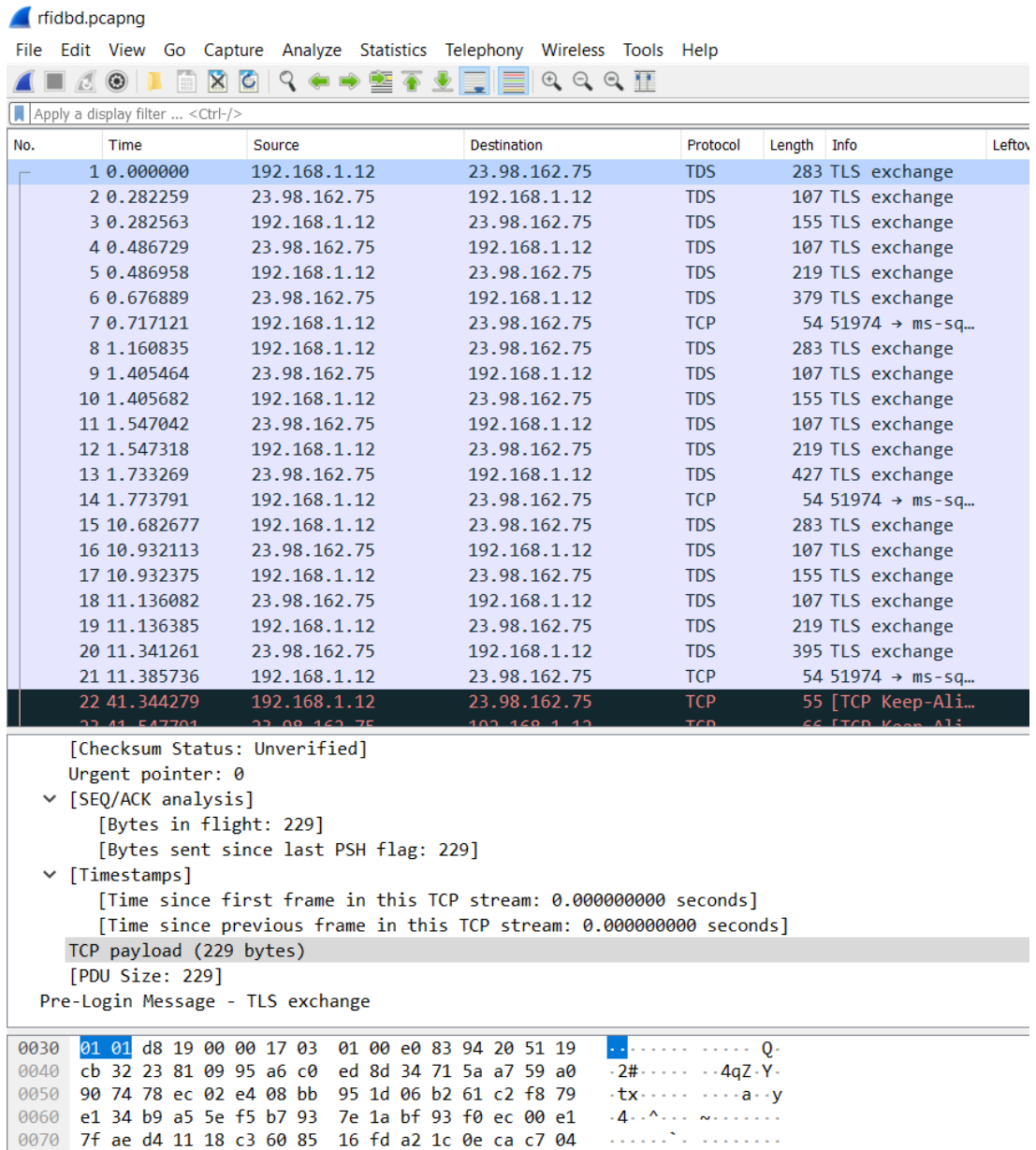


Figura 10-3: Captura del envío de información desde el lector a la BD en Wireshark

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2019

Sin embargo, cabe recalcar que este valor difiere 5 bytes cuando se modifica la acción a realizar, es decir va a depender del programa que se esté ejecutando ya que cuando se desea modificar la

base de datos con valores como “Zona1”, “Zona2”, “Zona3”, “Prestado”, “Entregado” da un total de 267 bytes como se observa en la figura 11-3.

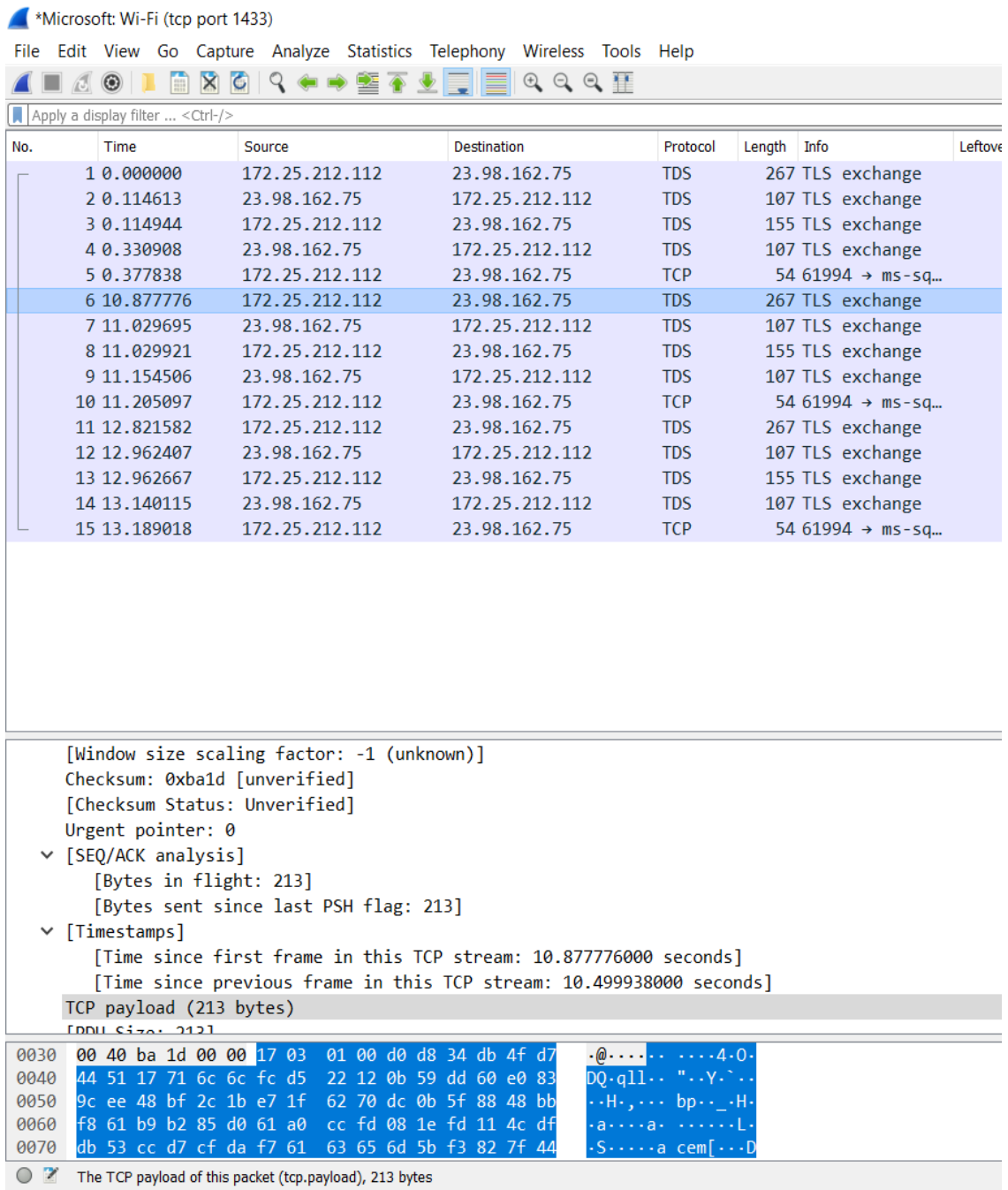


Figura 11-3: Captura del envío de información desde el lector a la BD en Wireshark para actualizar con otro estado la BD.

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2019

3.1 Medición de la capacidad de acceso desde el lector

$$CP = IE * T$$

$$CP = 283 * 25183$$

$$CP = 7126789 \text{ Bytes}$$

Dónde:

CP: Capacidad de Acceso a la Red

IE: Información enviada desde el lector a la base (En Bytes).

T: Número total de Libros.

4. CAPACIDAD DE ACCESO A LA RED DESDE LA APLICACIÓN

Al igual que se determinó la capacidad de acceso a la red desde el lector, se realiza un proceso similar, pero ejecutando las acciones desde la aplicación móvil. En la figura 12-3 se puede apreciar que al presionar el botón lista de libros de la aplicación se generan 155 bytes que son enviados a la base solicitando esta información.

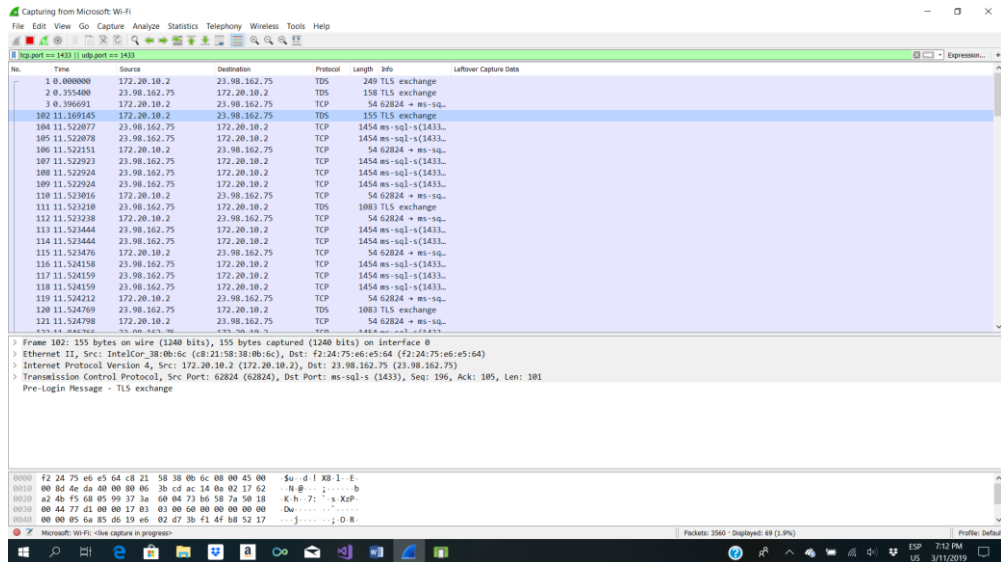


Figura 12-3: Captura del envío de información desde la app móvil consultando a la BD
Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2019

Si se selecciona el botón consultar disponibilidad, al disponer de tres tipos de búsqueda ya sea por autor, título o carrera entonces el valor de bytes enviados a la base de datos depende del número de caracteres que el usuario digite considerando que máximo que puede digitar es

configurado en la aplicación por ejemplo en la de escritorio se lo hace dentro del TextBox donde se ingresa el campo de búsqueda con una longitud de 500 caracteres para conseguir su búsqueda, en la aplicación móvil también se puede establecer directamente un número máximo de caracteres en la configuración del Entry donde se ingresa los datos de búsqueda que al igual que la anterior se dispuso 500, como se puede apreciar en las figuras 13-3.

```
<Entry
  x:Name="materia"
  Text="{Binding Source={x:Reference picker}, Path=SelectedItem}"
  Grid.Row="1"
  Grid.Column="1"
  FontSize="Small"
  Placeholder="Ingrese el nombre de la Carrera"
  MaxLength="500">
```

Figura 13-3: Configuración del número máximo de bytes en una consulta desde la aplicación móvil

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2019

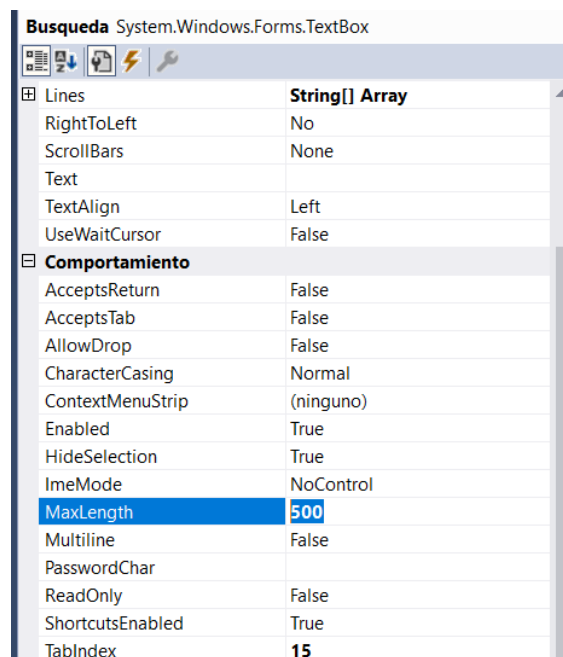


Figura 14-3: Configuración del número máximo de bytes en una consulta desde la aplicación de escritorio

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2019

En la figura 14-3 se muestra los bytes generados al hacer una búsqueda por el nombre del autor “Calvache” donde genera 219 bytes. Recalcando que este número dependerá de los caracteres ingresados por el usuario como se muestra en la figura 15-3.

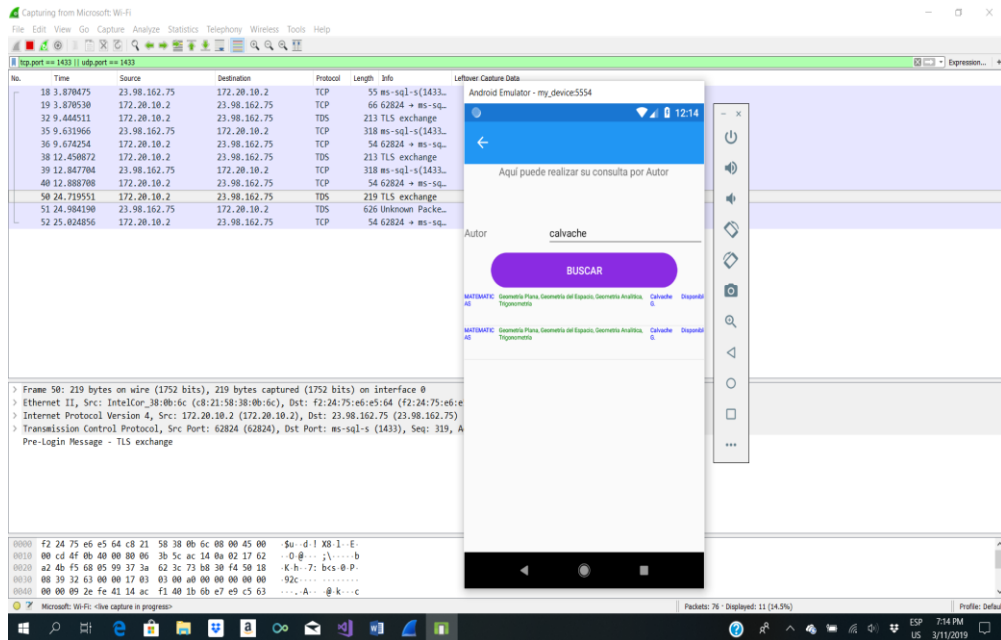


Figura 15-3: Prueba del funcionamiento mediante consultas a la BD

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2019

4.1 Medición de la capacidad de acceso a la red desde la APP

$$CP = IA * T$$

$$CP = 500 * 20000$$

$$CP = 10000000 \text{ Bytes}$$

Dónde:

CP: Capacidad de Acceso a la Red

IA: Información enviada desde la Aplicación móvil a la base (En Bytes).

T: Número total de Usuarios ejecutando la misma acción.

5. ANÁLISIS ECONÓMICO

Los costos del proyecto involucran parámetros que permiten establecer el costo final del proyecto tales como:

- Software
- Hardware
- Elementos adicionales que forman parte del diseño.

En cuanto al software se analizó sus costos tomando en cuenta parámetros como:

- Almacenamiento en la nube: Se optó por realizar este proceso utilizando la plataforma de Windows Azure en donde los costos dependen de la capacidad de almacenamiento. Para el caso del presente proyecto se contrató un plan básico de almacenamiento en la base de datos SQL en el cual se paga \$1,00 mensual ya que la cantidad de información que se dispone en la base no supera los límites del plan en este caso 2 GB. El tiempo estimado desde que se está llevando a cabo este proyecto es de 6 meses por lo que se tiene un total de \$6,00.
- Equipo utilizado para la programación: Se utiliza un computador de gama media que cumpla los requerimientos básicos para la realización de la programación. Su valor monetario es de \$999,00.

El valor final respecto al Software es:

$$CS = AN + EP$$

$$CS = \$6 + \$999$$

$$CS = \$1005$$

Dónde: CS es el costo total del Software

AN es el costo por los servicios de almacenamiento en la nube

EP son los equipos utilizados en la programación.

El costo del Hardware se detalla a continuación en la tabla 2-3. Los costos de los lectores y las tarjetas están formados por su valor de venta al público en la ciudad donde son distribuidos y se ha aumentado el valor de la importación. Además, se hace el presupuesto en donde en lugar de poner el valor de los computadores, se lo realizó utilizando el valor de tarjetas de desarrollo como es la Raspberry Pi. Se utiliza el valor de esta tarjeta ya que es la que en el mercado resulta más económica y tiene la capacidad de leer programas realizados en el lenguaje de programación Python. Sin embargo, únicamente se utiliza estos valores para el análisis económico del proyecto y pueda ser viable.

Tabla 2-3: Costos de los elementos del hardware

Equipos	Costo por Unidad (\$)	Cantidad	Subtotal
Lector RFID SpeedWork	195	5	975
Tarjetas RFID Alien	0.65	68	44.20
Raspberry Pi	80	5	400

Total	--	--	1419.20
-------	----	----	---------

Fuente: Aliexpress, 2019

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2019

Finalmente, en la siguiente tabla 3-3 se muestra los costos adicionales de los elementos que complementan el sistema.

Tabla 3-3: Costos de los elementos adicionales utilizados en el sistema

Equipos	Costo por Unidad (\$)	Cantidad	Subtotal
Contenedor	40	1	40
Arduino	30	1	30
Alarma	1.75	1	1.75
Total			71.75

Fuente: Aliexpress, 2019

Realizado por: Del Pozo, Johanna, 2019

Realizando la suma de los costos tanto del software (CS), hardware (CH) como de los elementos adicionales (CA) se tiene un total del costo (CT) del proyecto de:

$$CT = CS + CH + CA$$

$$CT = \$ 1005 + \$ 1419.20 + \$ 71.75$$

$$CT = \$ 2495.95$$

Entonces a este proyecto lo podemos considerar que es viable para su utilización.

CONCLUSIONES

- El desarrollo del sistema permitió cubrir con todos los procesos que involucra un control en la biblioteca a través de la implementación de diferentes módulos independientes que permiten realizar los procesos de préstamos, registro de libros, registro de usuarios y devoluciones de los libros integrando a un sistema completo que permita manejar la información en tiempo real de la ubicación o disponibilidad de los libros.
- Debido al espacio físico dentro de la biblioteca y a que los libros se encuentran dentro del mismo espacio no se podían utilizar lectores de largo alcance ya que existirían lecturas de los libros que se encuentran en las estanterías, cuya información el lector modificaría provocando que la información visualizada por el usuario sea errónea. Además, el lector con esta información realizaría consultas a la base de datos utilizando recursos como el ancho de banda de forma innecesaria. Es así que se estableció lugares específicos para ubicar los lectores, determinar las zonas donde se encuentran los libros y brindar información verídica de la disponibilidad de los mismos.
- Para poder almacenar la información acerca de los libros como nombre, autor, código de la tarjeta, disponibilidad, entre otros se requirió un servidor que permita alojar una base de datos para almacenar esta información en tiempo real y que pueda estar disponible para el usuario. Así como se requiere de una herramienta que permita interactuar al usuario final con el sistema implementado.
- Se estableció que la topología de red tipo estrella es la que mejor se adapta al sistema ya que si se tiene centralizada la comunicación permite cuidar el ancho de banda, además se limita el nivel de procesamiento de los puntos finales reduciendo costos en cuanto a los dispositivos. Se optó por esta topología para evitar la saturación del sistema con mensajes innecesarios que se generarían si los nodos estuvieran conectados directamente entre ellos.
- El diseño que cumple con los requerimientos planteados en la investigación consta de 6 módulos que son como el registro, préstamo, recolección de datos, salida, entrega respectivamente y consulta cuyas funciones son establecer un código único por libro añadiendo a la base de datos con la información importante de cada libro, cambiar la disponibilidad del libro de forma que su estado indique que ha sido autorizado el préstamo para poder retirar de la biblioteca, recolectar la información de las tarjetas que han sido detectadas en el área de cobertura del lector, activar la alarma en caso de intentar retirar el

libro sin autorización, actualizar el estado del libro de tal modo que indique que el libro ha sido devuelto, realizar consultas a través de una interfaz gráfica a la base de datos para visualizar la información contenida en ella.

- Se realizó el diseño de una aplicación para teléfonos celulares con sistema operativo Android utilizando el entorno de desarrollo Visual Studio. Debido a su compatibilidad con los diferentes lenguajes de programación como son C#, Xamarin, Python, etc. Debido a que no todos los usuarios deben tener acceso a toda la información que se maneja en la base de datos como los códigos únicos de los libros se han establecido tipos de usuarios dando privilegios a los administradores. Los accesos de los usuarios pueden ser a través de la aplicación móvil o de la aplicación de escritorio realizada como complemento del sistema para brindar mayor facilidad de acceso a los usuarios finales.
- La capacidad de acceso a la red desde el lector se estima en 7126789 bytes tomando en cuenta que el envío de la información de 25183 libros existentes en la biblioteca se lo hace al mismo tiempo, generando paquetes de 283 bytes por libro, dependiendo del lector que envíe la información. Considerando que el sistema utiliza un ancho de banda pequeño se podría instalar el sistema en las demás bibliotecas de la ESPOCH aprovechando la infraestructura disponible.
- Así mismo se midió la capacidad de acceso a la red desde las aplicaciones estableciendo que la capacidad total es de 10000000 bytes si los 20000 estudiantes que estudian aproximadamente en la ESPOCH realizan sus consultas a la base de datos. El número máximo de bytes que se genera por usuario es de 500 bytes los mismos que son configurados en cada una de las aplicaciones.
- El sistema implementado permite reducir los errores de información que se generan al realizar estos procesos de forma manual. Además, permite una mejor gestión en el uso de la información al tenerla todo el tiempo actualizada, así la biblioteca podrá generar datos acerca de la prestación de sus servicios como el libro más solicitado, el menos utilizado, entre otros.

RECOMENDACIONES

- Puesto que el sistema no requiere de un gran ancho de banda se recomienda tener en consideración adquirir lectores de mayor potencia para que el sistema pueda ser implementado en campus de la ESPOCH ya que al tener lectores de mayor alcance permitirán una mayor cobertura reduciendo costos en la adquisición de los mismos y se aprovecharía la infraestructura que se dispone en el campus.
- Se recomienda que para adaptar el sistema en la biblioteca los lectores deben acoplarse a la misma frecuencia para poder aprovechar los elementos que se disponen actualmente en la biblioteca.
- Al tener alojada la base de datos en un servidor en la nube se recomienda tomar en cuenta que el sistema siempre debe estar conectado a internet para evitar la denegación de acceso a la información que otorga el sistema.
- Debido al alcance de los lectores las tarjetas al colocadas en la parte exterior de los libros pueden estar expuesta a que los estudiantes extraigan la tarjeta dejando al libro sin su identificación única se recomienda que la ubicación ideal sería dentro del empastado del libro quedando desapercibidas por los usuarios que utilicen los libros.

BIBLIOGRAFÍA

ALIEXPRESS. *Características del producto.* [En línea], 2018.

<https://es.aliexpress.com/w/wholesale-uhf-rfid-reader.html>

ÁLVAREZ, Jose Miguel. *Modelo Comparativo de Plataformas Cloud y Evaluación de Microsoft Azure, Google App Engine y Amazon EC2*[En línea]. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia. 2018.

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/101221>

ANAYA ISAZA, Diego, y otros. *Sistema de Riego basado en la Internet de las cosas (IoT)* [En línea]. Universidad de Manizales, Manizales. 2017. <https://docplayer.es/68291310-Sistema-de-riego-basado-en-la-internet-de-las-cosas-iot.html>

ARGUELLES CRUZ, Amadeo José. *Internet de las cosas y su aplicacion en el monitoreo de la calidad del aire en espacion cerrados* [En línea]. Academia de Ingeniería México, México D.F.2017. <https://es.slideshare.net/AcademiaDeIngenieriaMx/internet-de-las-cosas-y-su-aplicacin-en-el-monitoreo-de-la-calidad-del-aire-en-espacios-cerrados>

BARNES, Rodrigo. *RFID, Un futuro lleno de posibilidades.* [En línea] 2017. <https://rodrigolbarnes.com/2017/02/14/rfid-futuro-lleno-posibilidades/>.

BELOTTI, Diego. *Internet de las cosas: análisis de oferta educativa y la demanda empresarial en España.* [En línea] 2017. [Citado el: 28 de Diciembre de 2018 .] http://informecotec.es/media/informe_IOT_Cotec2017.pdf.pdf.

BONILLA FABELA, Isaias, y otros. *IoT, El internet de las cosas y la innovación de sus aplicaciones* [En línea]. 2016. <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>

CABASCANGO CALDERÓN, Jenny Elizabeth. *Diseño e implementación de un sistema para autopréstamo de libros para la biblioteca de la FIEE* [En línea] (Tesis) (Pregrado). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. 2010. <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2649/1/CD-3332.pdf>

CARRO PAZ, Roberto y GONZÁLEZ GÓMEZ, Daniel. *Identificación Automática.* [En línea] http://nulan.mdp.edu.ar/1612/1/07_identificacion_automatica.pdf.

CASERO, María Estefanía. *Tecnología de identificación por radiofrecuencia. Lectura de pedidos rfid en un almacén* [En línea]. Universidad de la Rioja, s.l., 2013. https://biblioteca.unirioja.es/tfe_e/TFE000285.pdf

CASTAÑO, B, y otros. Sistema Inteligente de Detección y Orientación de usuarios en Bibliotecas [En línea]. 2013. <http://redc.revistas.csic.es/index.php/redc/article/view/785/913>

CHÁVEZ PROAÑO, Edwin David y GUAMIALAMÁ PAZMIÑO, Giovanni Santiago. *Implementación de un prototipo de control, monitoreo y autenticación vehicular, utilizando tecnología RFID* [En línea] (Tesis) (Pregrado). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. 2010. <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3709/1/2010AJIEE-37.pdf>

CISCO. *Internet de las cosas (IoT).* [En línea] https://www.cisco.com/c/es_ec/solutions/internet-of-things/overview.html.

CIUDAD HERRERA, José María y SAMA CASANOVAS, Eduard. *Estudio, diseño y simulación de un sistema de RFID basado en EPC* [En línea]. Universidad Politécnica de Cataluña. 2015. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3552/40883-2.pdf?sequence=2>

CORDERO PÉREZ, Carlos. Así se puede usar Internet de las cosas. [En línea] 2016. <https://www.elfinancierocr.com/tecnologia/asi-se-puede-usar-internet-de-las-cosas/RMO7CGIVUJBPRAI4ZA2GW3DA2E/story/>.

CORRALES, Ana, RIVAS, Rafael y SALICHS, M. Sistema de identificación de objetos mediante RFID para un robot personal. *ResearchGate*. 29 de Mayo de 2014.

CORREA ESPINAL , Alexander, ÁLVAREZ LÓPEZ, Carlos Esteban y GÓMEZ MONTOYA, Rodrigo Andrés. *Sistemas de Identificación por radiofrecuencia, código de barras y su relación con la gestión de la cadena de suministro.* 116, Cali : s.n., 2010, Estudios Gerenciales.

DEL VALLE HERNÁNDEZ, Luis. *Entorno de desarrollo de Arduino.* Programar Facil. [En línea] [Citado el: 21 de Febrero de 2019.] <https://programarfacil.com/podcast/28-entorno-de->

desarrollo-de-arduino/.

EFOR. *Tecnologías de Comunicación para IoT.* [En línea] 2016.
<https://www.efor.es/sites/default/files/tecnologias-de-comunicacion-para-iot.pdf>.

El lenguaje de programación Python.

ESTÁNDARES Y REGULARIZACIONES PARA RFID. Estándares y regularizaciones para RFID. . FQ Ingeniería Electrónica. *FQ Ingeniería Electrónica.* [En línea] 2014. [Citado el: 15 de Agosto de 2018.] <https://www.fqingenieria.com/es/conocimiento/estandares-y-regularizaciones-para-rfid-36>.

EVERLET, Alvaro y PASTOR, Javier. Carriots. [En línea] Universidad Rey Juan Carlos, 2013. [Citado el: 14 de Junio de 2017.] https://www.carriots.com/newFrontend/img-carriots/press_room/Construyendo_un_proyecto_de_IOT.pdf.

FERNÁNDEZ , Sadot Alexandres, MORCILLO GARCÍA, Carlos Rodríguez y MUÑOZ FRÍAS, José Daniel. RFID: La tecnología de identificación por radiofrecuencia. *Repositorio Comillas.* [En línea] 01 de 01 de 2006.
<https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11531/5321/IIT-05-035A.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

FERNÁNDEZ DE PIÑEDO , Ignacio. *Construcción de una escala de actitudes tipo Likert.* [En línea] 1982.
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/001a100/ntp_015.pdf.

FERRER CABALLERO, Carolina. Blogthinkbig.com. [En línea] 2017. [Citado el: 19 de 04 de 2018.] <https://blogthinkbig.com/8-400-millones-de-dispositivos-estaran-conectados-a-internet-a-finales-de-2017>.

GAMBOA VARGAS, Pablo José . *Estudio y Diseño de una red de área metropolitana inalámbrica (WMAN) con tecnología IEEE 802.16 para la zona comercial de la ciudad de Quito* [En línea] (Tesis) (Pregrado). Escuela Politécnica del Ejército, Quito, Ecuador. 2007.
<http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/2257>

GÓMEZ, Alberto, BORJA, Ena y PRIORE, Paolo. RFID en la gestión y mantenimiento de bibliotecas. 05 de Julio de 2007.

GONZÁLEZ, Fabiola, LÓPEZ, Vanessa y STEIN, Peter. Introducción a IoT usando protocolo MQTT. [En línea] 28 de 06 de 2017. [Citado el: 16 de 04 de 2018.] <http://www.iot-espana.com/tecnologia/ventajas-y-desventajas-del-internet-de-las-cosas-iot/>.

GUEVARA VÁSQUEZ, Luis Ignacio. *Estudio de la Tecnología de indentificación por radio frecuencia (RFID) y diseño de un modelo basado en el estándar EPC* [En línea] (Tesis) (Pregrado). Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador 2007. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/752>

GUIJOSA ARANDA, Marc. *Sistema de control de parking basado en RFID.* Barcelona : Universidad Autónoma de Barcelona, 2014.

GUZMAN, Martha Patricia Sierra. Metodos Generales. [En línea] Area Academic: Investigacion, Junio de 2012. [Citado el: 18 de 06 de 2017.] https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Presentaciones/prepa3/metodos_generales.pdf.

INCHE MITMA , Jorge, CHUNG PINZÁS , Alfonso y SALAS BACALLA, Julio. Diseño de un módulo de control piloto basado en RFID para retails. *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial* ,2011.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FO.R STANDARDIZATION, ISO/IEC 18000-63. [En línea] 2015. <https://www.iso.org/standard/59643.html>.

JÁTIVA GUTIÉRREZ, Cristian Luis. *Estudio de la tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID), sus aplicaciones y la convergencia con el internet de las cosas (IoT)* [En línea] (Tesis) (Pregrado). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. 2016. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/6598/1/T-UCSG-PRE-TEC-ITEL-158.pdf>

LARSAN , Aro Brian, Arockiam y Sheba, Kezia Malarchelvi. An Iot based secured smart library system with NFC based book tracking. 2014.

LONDOÑO ORTIZ, Roby Nelson. *Internet de las cosas* [En línea]. Universidad de Manizales, Manizales. 2016. <http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/2916/informe%20final%20monografia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

M., Cristian Maturana. RFID: El código de barras inteligente para Bibliotecas. [En línea] 2016. [Citado el: 19 de 06 de 2017.] <http://eprints.rclis.org/8438/1/CCF70ADC.pdf>.

MEDRANDA RODRÍGUEZ, Solórzano Andrés. RFID Technology at the Service of Logistics. [En línea] 2016. <http://revistas.sena.edu.co/index.php/RETO/article/view/609/672>.

MICROSOFT. IDE de Visual Studio. *Documentos de Visual Studio*. [En línea] Microsoft, 2016. [Citado el: 21 de Febrero de 2019.] <https://docs.microsoft.com/es-es/visualstudio/ide/visual-studio-ide?view=vs-2015>.

MOISÉS BARRIO, Andrés. Internet de las cosas. [En línea] 2018. [Citado el: 17 de Diciembre de 2018.] https://www.editorialreus.es/static/pdf/primeraspaginas_788429020380_internetdelascosas.pdf.

OBSERVATORIO REGIONAL DE LA SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN. (ORSI). Evolución Histórica de la Tecnología RFID. [ed.] Consejería de Fomento. *RFID Tecnología de identificación por Radiofrecuencia y sus principales aplicaciones*. s.l. : Junta de Castilla y León, 2007.

PAJARES, Antonio Aladí. *Estudio de la implantación de Internet de las Cosas, en las redes Logísticas de la Cadena de Suministro* [En línea] (Tesis) (Maestría). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia. 2016. https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/70877/TFM%20Antonio%20Alandi%20Pajares%20vFinal_14677296699121519159909338212499.pdf?sequence=3

PAZMIÑO GORDILLO, Juan José. *Análisis de la tecnología rfid para proponer un sistema de gestión e inventario para la biblioteca central de la ESPOCH* (Tesis) (Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2013.

PÉREZ MARQUÉS, María. Microsoft SQL Azure Administración y desarrollo en la nube. *Microsoft SQL Azure Administración y desarrollo en la nube*. Madrid : RC Libros, 2012.

PORTILLO GARCÍA , Javier, BERMEJO NIETO, Ana Belén y BERNARDOS BARBOLLA, Ana. *Tecnología de Identificación por Radiofrecuencia (RFID): Aplicaciones en el ámbito de la salud* [En línea]. Biblioteca Virtual de la Consejería de Madrid, Madrid, España 2008. https://www.madrimasd.org/uploads/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/VT/_VT1

3_RFID.pdf

PRIETO BLAZQUEZ, Josep. *Introduccion a los sistemas de comunicacion inalambricos* [En línea]. Universidad Oberta de Catalunya, Catalunya.

[https://www.exabyteinformatica.com/uoc/Informatica/Tecnologia_y_desarrollo_en_dispositivos_moviles/Tecnologia_y_desarrollo_en_dispositivos_moviles_\(Modulo_1\).pdf](https://www.exabyteinformatica.com/uoc/Informatica/Tecnologia_y_desarrollo_en_dispositivos_moviles/Tecnologia_y_desarrollo_en_dispositivos_moviles_(Modulo_1).pdf)

RAMIREZ SANCHEZ, Jesus y DIAZ MARTINEZ, Vicente. *Las redes inalambricas, mas ventajas que desventajas* [En línea]. Universidad Veracruzana. Veracruz, Ecuador.

<https://www.uv.mx/iiesca/files/2012/12/redes2008-2.pdf>

RICO, E. *Ingenieria y diseño de Internet of things.* [En línea] Ermesh.

<http://www.ermesh.com/modelos-de-comunicacion-para-internet-de-las-cosas/>.

RODRIGUEZ ESPINOZA, Jessica Katherine. *Diseño de una arquitectura generica de IoT aplicada a casos de emergencias para dispositivos medicos inalambricos implantados* [En línea].

Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador 2016.
<http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/37206>

RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ, Alberto. *Análisis y descripción de identificación por radio frecuencia: tecnología, aplicaciones, seguridad y privacidad* [En línea] (Tesis) (Pregrado).

Instituto Politécnico. México D.F : Instituto Politécnico Nacional, 2009.
<https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/5441>

RODRIGUEZ SOTELO, José Luis, y otros. Sistema de monitoreo y control remoto usando IOT para un regulador de presión. *Scientia et technica.* 2017.

ROSADO MUÑOZ, Alfredo. Sistemas Industriales Distribuidos: Una filosofía de automatización. [En línea] [Citado el: 17 de Febrero de 2019.]

https://www.uv.es/rosado/courses/sid/Capitulo1_rev1.pdf.

ROSE, Karen, ELDRIDGE, Scott y CHAPIN, Lyman. La Internet de las cosas- una breve reseña. [En línea] Internet Society, 2015. [Citado el: 14 de 04 de 2018.]

<https://www.internetsociety.org/wp-content/uploads/2017/09/report-InternetOfThings-20160817-es-1.pdf>.

ROUSE, Margaret. Internet de las cosas(IoT). [En línea] 2017. <https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/Internet-de-las-cosas-IoT>.

RUIZ, Ramon. El Metodo Cientifico y sus Etapas. [En línea] 2007. [Citado el: 17 de 06 de 2017.] <http://www.index-f.com/lascasas/documentos/lc0256.pdf>.

SALAS, Huamani y R, Juana. Tecnicas para el procesamiento de la informacion. [En línea] SlideShare, 2011. [Citado el: 20 de Junio de 2017.] <https://es.slideshare.net/JuanaSalas/tnicas-para-el-procesamiento-de-la-informacn>.

SALAZAR RAMOS, Danilo Eduardo. *Análisis de la Tecnología Bluetooth en la formación de redes WPAN empleando dispositivos móviles* [En línea] (tesis) (pregrado). <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/2995>

SAMANIEGO MARTEL, Alvaro Johao. "Internet de las cosas". [En línea] 2018. <https://es.scribd.com/document/380929411/Internet-de-Las-Cosas>.

SÁNCHEZ FERNÁNDEZ , Carlos Javier y SANDONÍS CONSUEGRA, Victor. Reconocimiento Óptico de Carateres. [En línea] <http://www.it.uc3m.es/jvillena/irc/practicas/08-09/09.pdf>.

SAP (SYSTEM APLICATION PYMES). ¿Qué es internet de las cosas (iot)?. [En línea] https://www.sap.com/latinamerica/trends/internet-of-things.html?url_id=ctabutton-lao-icon-iot.

SEMENOV, Alexey. *Las tecnologias de la informacion y la comunicacion en la enseñanza* [En línea]. Trilge, 1888. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000139028_spa

SHENZHEN JIETONG TECHNOLOGY CO., LTD. Lector de tarjetas usb de escritorio jt-6210. [En línea] 2017. [Citado el: 25 de Febrero de 2019.] <https://es.jtspeedwork.com/>.

SUÁREZ HERNÁNDEZ, David, HERREA LUNA, Edith Cristina y FELIPE RIVERÓN, Edgardo Manuel. *La firma como un método biométrico de identificación.* Ciudad de México : Instituto politécnico nacional. Repositorio Digital IPN. [En línea] http://repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/8502/1/Azul231_original.pdf.

TAPIA, Dante, y otros. *Identificación por Radiofrecuencia: Fundamentos y Aplicaciones* [En línea]. Jornadas Científicas sobre RFID. 23 de 11 de 2007.

https://www.researchgate.net/publication/228931313_Identificacion_por_Radiofrecuencia_Fundamentos_y_Aplicaciones

TRANSGESA. LA REVOLUCIÓN PENDIENTE DEL RFID YA ESTÁ AQUÍ. [En línea] 2018. [Citado el: 23 de Junio de 2018.] <https://www.transgesa.com/blog/revolucion-del-rfid-esta-aqui/>.

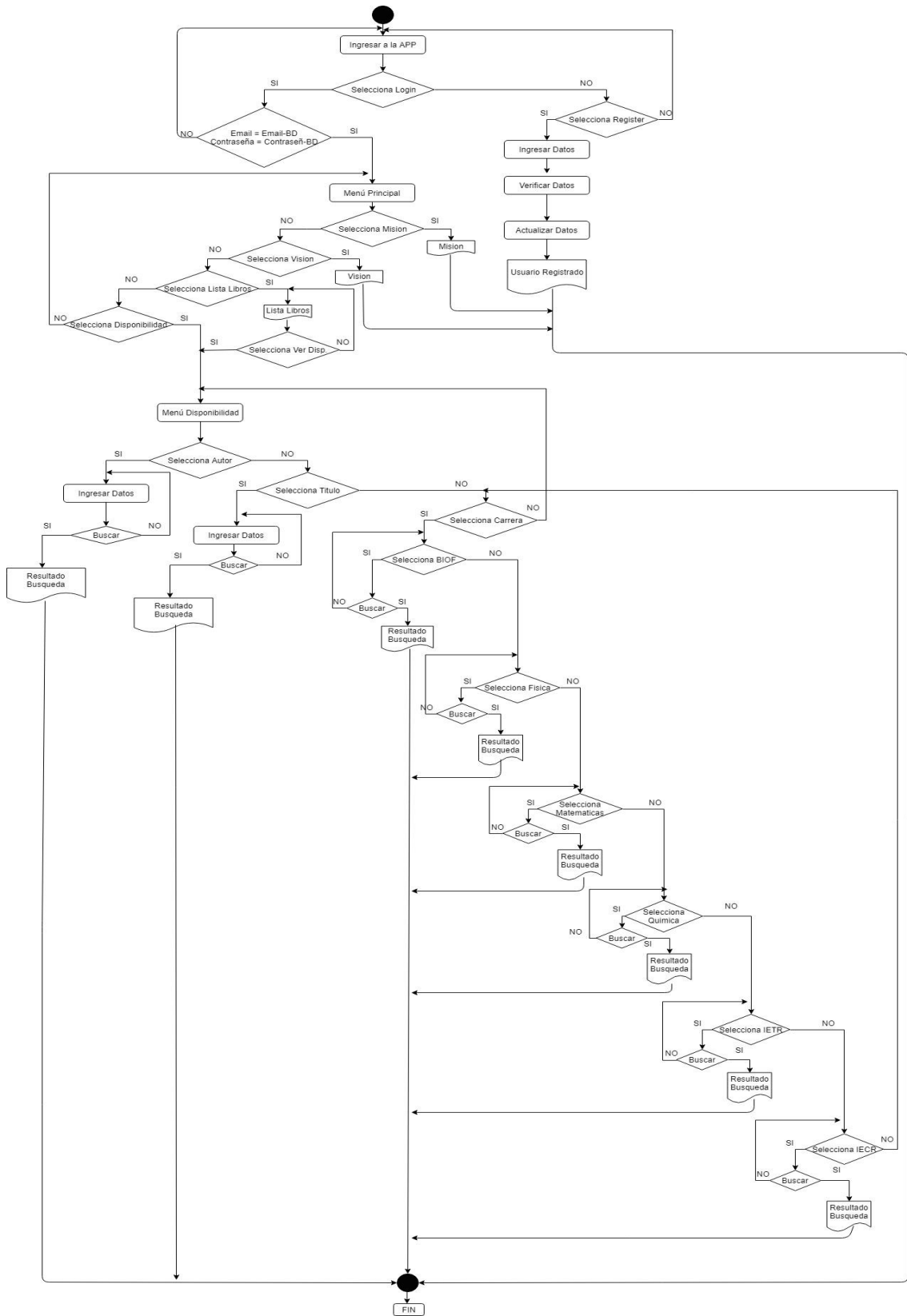
URBANO VALLEJO, Oscar Andrés. *Diseño y validación de un framework para Iot basado en tecnología RFID*[En línea] (Tesis) (Pregrado). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.2018. <http://bdigital.unal.edu.co/65440/2/OscarA.UrbanoVallejo.2018.pdf>

URBINA RUIZ, Roberto de Jesús. *Tutorial sobre circuitos RFID* [En línea] (Tesis) (Pregrado). Universidad de las Américas Puebla, Puebla, México. 2011. http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lep/urbina_r_rd/

VALLE ISLAS, Luis Fernando. *Coexistencia de Redes WLAN y WPAN* [En línea] (Tesis) (Pregrado). Universidad de las Américas Puebla, Puebla, México. 2005. http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/valle_i_lf/

ANEXOS

ANEXO A. DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DE LA APLICACIÓN MÓVIL



ANEXO B. CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN APLICACIÓN MÓVIL

```
//Formulario Login
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Text;
using System.Windows.Forms;
using System.Data.SqlClient;

namespace Administrador
{
    public partial class Login : Form
    {
        public Login()
        {
            InitializeComponent();
        }

        private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            string Conexion = @"data
source=lbe.database.windows.net;initial
catalog=LibrosBE;user
id=joha;password=jdp1995*;Connect
Timeout=60";
            string Corre = Email.Text;
            string Contrasen =
Contrasena.Text;
            string valor;
            DataTable tabla = new
DataTable();
            var lista = new ListView();

            string comando = "select *
from Usuarios where Correo = '" + Corre +
"'";
            SqlConnection sqlcon = new
SqlConnection(Conexion);
            SqlCommand sqlcom = new
SqlCommand(comando, sqlcon);
            SqlDataAdapter adapter = new
SqlDataAdapter(sqlcom);
            adapter.Fill(tabla);

            if (tabla.Rows.Count > 0)
            {
                DataRow row =
tabla.Rows[0];
                valor =
Convert.ToString(row["Constraseña"]);
                string valor1 =
Convert.ToString(row["TipoUser"]);
                if (valor1 ==
"Administrador")
                {
                    menu.i = "0";
                }
                else
                {
                    menu.i = "1";
                }
                if (valor == Contrasen)
                {
                    menu frm = new
menu();

                    frm.Show();
                    this.Close();
                }
                else
                {
                    MessageBox.Show("Contraseña Incorrecta");
                }
            }
            else
            {
                MessageBox.Show("Usuario
no Registrado");
            }
        }

        private void Login_Load(object sender, EventArgs e)
        {
            this.Location =
Screen.PrimaryScreen.WorkingArea.Location
;
            this.Size =
Screen.PrimaryScreen.WorkingArea.Size;
        }
    }
}

//Formulario Principal
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Text;
using System.Windows.Forms;

namespace Administrador
{
    public partial class menu : Form
    {
        public static string i;
        public menu()
        {
            InitializeComponent();
            if (i=="1")
            {

```

```

agregarLibrosToolStripMenuItem.Visible=false;

registrarUsuarioToolStripMenuItem.Visible = false;

usuariosRegistradosToolStripMenuItem.Visible = false;
    }
    private void menu_Load(object sender, EventArgs e)
    {
        this.Location =
Screen.PrimaryScreen.WorkingArea.Location
;
        this.Size =
Screen.PrimaryScreen.WorkingArea.Size;
    }

    private void
registrarUsuarioToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        Form.ActiveForm.Visible =
false;
        Registro frm = new
Registro();
        frm.Show();
    }

    private void
listaLibrosToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        Form.ActiveForm.Visible =
false;
        MostrarLibros frm = new
MostrarLibros();
        frm.Show();
    }

    private void
misionToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        Form.ActiveForm.Visible =
false;
        Mision frm = new Mision();
        frm.Show();
    }

    private void
visionToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        Form.ActiveForm.Visible =
false;
        Vision frm = new Vision();
        frm.Show();
    }

    private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        Form.ActiveForm.Visible =
false;
        Login frm = new Login();
        frm.Show();
        i = "";
        this.Close();
    }

    private void
disponibilidadToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        Form.ActiveForm.Visible =
false;
        MostrarDisponibilidad frm =
new MostrarDisponibilidad();
        frm.Show();
    }

    private void
agregarLibrosToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        Form.ActiveForm.Visible =
false;
        AgregarLibro frm = new
AgregarLibro();
        frm.Show();
    }

    private void
usuariosRegistradosToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        Form.ActiveForm.Visible =
false;
        UsuariosRegistrados frm = new
UsuariosRegistrados();
        frm.Show();
    }
}

//Formulario Consulta
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;

```

```

using System.Text;
using System.Windows.Forms;
using System.Data.SqlClient;

namespace Administrador
{
    public partial class
MostrarDisponibilidad: Form
    {
        public MostrarDisponibilidad()
        {
            InitializeComponent();
        }
        private void timer1_Tick(object
sender, EventArgs e)
        {
            string Conexion = @"data
source=lbe.database.windows.net;initial
catalog=LibrosBE;user
id=joha;password=jdp1995*;Connect
Timeout=60";
            string Camp = Campo.Text;

            string busq = Busqueda.Text;
            DataTable tabla = new
DataTable();
            var lista = new ListView();

            string comando = "select
Carrera,Título,Autor,Año,Disponibilidad
from Libros Where " + Camp + " LIKE '%"
+ busq + "%'";
            SqlConnection sqlcon = new
SqlConnection(Conexion);
            SqlCommand sqlcom = new
SqlCommand(comando, sqlcon);
            SqlDataAdapter adapter = new
SqlDataAdapter(sqlcom);
            adapter.Fill(tabla);

            {
                if (tabla.Rows.Count > 0)
                {

dataGridView1.DataSource = tabla;

                }
            }
            else
            {
                MessageBox.Show("No
Existe la busqueda en el campo
ingresado");
            }
        }
    }
}

```

```

}

private void button1_Click(object
sender, EventArgs e)
{
    if (button1.Text ==
"Regresar")
    {
        timer1.Enabled = false;
    }
    else
    {
        timer1.Enabled = true;
    }
    Form.ActiveForm.Visible =
false;
    menu frm = new menu();
    frm.Show();

    this.Close();
}

private void button2_Click(object
sender, EventArgs e)
{
    timer1.Tick += new
EventHandler(timer1_Tick);
    timer1.Enabled = true;
}

private void
MostrarDisponibilidad_Load(object sender,
EventArgs e)
{
    this.Location =
Screen.PrimaryScreen.WorkingArea.Location
;
    this.Size =
Screen.PrimaryScreen.WorkingArea.Size;
}

private void label1_Click(object
sender, EventArgs e)
{
}
}
}

```

ANEXO C. CÓDIGO DE LA APLICACIÓN MÓVIL

```

//Inicio aplicación
namespace Biblioteca
{
    using Xamarin.Forms;

    public partial class
App : Application
    {
        NavigationPage Navigator
        {
            get;
            internal set;
        }
        public App()
        {
            InitializeComponent();

            // MainPage =
            new NavigationPage(new
            LoginPage());
            MainPage =
            new NavigationPage(new
            MateriaPage());
        }

        protected
        override void OnStart()
        {
            // Handle
            when your app starts
        }

        protected
        override void OnSleep()
        {
            // Handle
            when your app sleeps
        }

        protected
        override void OnResume()
        {
            // Handle
            when your app resumes
        }
    }
}

//LoginPage
using System;
using System.Linq;
using Xamarin.Forms;
using Xamarin.Forms.Xaml;
using System.Data;
using System.Data.SqlClient;

using
System.Text.RegularExpressions;

namespace Biblioteca
{
    [XamlCompilation(XamlComp
ilationOptions.Compile)]
    public partial class
LoginPage : ContentPage
    {
        public
LoginPage()
        {
            InitializeComponent();
            Login.Clicked
+= Login_Clicked;

            Register.Clicked +=
            Register_Clicked;
        }

        private void
Register_Clicked(object
sender, EventArgs e)
        {
            ((NavigationPage)this.Par
ent).PushAsync(new
            RegisterPage());
        }

        #region Control
de correo valido
        public static
class RegexUtilities
        {
            public static
bool IsValidEmail(string
email)
            {
                //var
                expression = "\\w+([-
+.']\\w+)*@\\w+([-
.]\\w+)*\\.\\w+([-
.]\\w+)*";

                var
                expression = "\\w+([-
+.']\\w+)*@epoch.edu.ec*
                ";

                if
                (Regex.IsMatch(email,
                expression))
                {
                    if
                    (Regex.Replace(email,
                    expresion,
                    String.Empty).Length ==
                    0) {return true;
                    } else
                    {
                        return false;
                    }
                }
                else
                {
                    return false;
                }
            }
        }
    }

    #endregion
    private void
Login_Clicked(object
sender, EventArgs e)
    {
        string Corre
= Email.Text;
        string
Contrasen =
Contrasena.Text;
        string valor;
        DataTable
tabla = new DataTable();
        var lista =
new ListView();

        string
comando = "select
Constraseña from Usuarios
where Correo = '" + Corre
+ "'";

        SqlConnection sqlcon =
new
SqlConnection(RegisterPag
e.Conexion);

        SqlCommand sqlcom = new
SqlCommand(comando,
sqlcon);

        SqlDataAdapter adapter =
new
SqlDataAdapter(sqlcom);
        adapter.Fill(tabla);
    }
}

```

```

//Para pedir que ingrese
un correo y contraseña
obligatorios
        if
(string.IsNullOrEmpty(this
s.Email.Text))
        {

DisplayAlert(

"Error",

"You
must enter an email",

"Accept");
        return;
        }

        if
(string.IsNullOrEmpty(this
s.Contraseña.Text))
        {

DisplayAlert(

"Error",

"You
must enter a Password",

"Accept");
        return;
        }

        if
(!RegexUtilities.IsValidE
mail(this.Email.Text))
        {

DisplayAlert(

"Error",

"Compruebe que sea un
correo valido",

"Accept");
        return;
        }

//*****Compara si el
usuario existe
*****
        if
(tabla.Rows.Count > 0)
        {

```

```

        DataRow
row = tabla.Rows[0];
        valor =
Convert.ToString(row["Con
traseña"]);
        if (valor
== Contrasen)

((NavigationPage)this.Par
ent).PushAsync(new
BooksPage());
        else

DisplayAlert("Alerta",
"Contraseña Incorrecta",
"Aceptar");
        }
        else

DisplayAlert("Alerta",
"Usuario no Registrado",
"Aceptar");

//Navigation.PopAsync;
        }
    }

//Consulta por materia

using System;
using System.Linq;
using Xamarin.Forms;
using Xamarin.Forms.Xaml;
using System.Data;
using
System.Data.SqlClient;
using
System.Text.RegularExpressions;

namespace Biblioteca
{

[XamlCompilation(XamlComp
ilationOptions.Compile)]
    public partial class
LoginPage : ContentPage
    {

```

```

        public
LoginPage()
        {

InitializeComponent();
Login.Clicked
+= Login_Clicked;

Register.Clicked +=
Register_Clicked;
        }

        private void
Register_Clicked(object
sender, EventArgs e)
        {

((NavigationPage)this.Par
ent).PushAsync(new
RegisterPage());
        }

        #region Control
de correo valido
        public static
class RegexUtilities
        {
            public static
bool IsValidEmail(string
email)
            {
                //var
expression = @"\w+([-
+.']\w+)*@\w+([-
+.']\w+)*\.\w+([-
+.']\w+)*";
                var
expression = @"\w+([-
+.']\w+)*@epoch.edu.ec*
";
                if
(Regex.IsMatch(email,
expresion))
                {
                    if
(Regex.Replace(email,
expresion,
String.Empty).Length ==
0)
                    {

return true;
                    }
                }
                else
                {

return false;
                }
            }
        }
    }

```

```

    }
    else
    {
return false;
    }
}
}
}
#endregion
private void
Login_Clicked(object
sender, EventArgs e)
{
    string Corre
= Email.Text;
    string
Contrasen =
Contrasena.Text;
    string valor;
    DataTable
tabla = new DataTable();
    var lista =
new ListView();

    string
comando = "select
Constraseña from Usuarios
where Correo = '" + Corre
+ "'";

    SqlConnection sqlcon =
new
SqlConnection(RegisterPag
e.Conexion);

    SqlCommand sqlcom = new
SqlCommand(comando,
sqlcon);

    SqlDataAdapter adapter =
new
SqlDataAdapter(sqlcom);

    adapter.Fill(tabla);

    //Para pedir
que ingrese un correo y
contrasena obligatorios
    if
(string.IsNullOrEmpty(thi
s.Email.Text))
    {
DisplayAlert(
ent).PushAsync(new
BooksPage());
    else
DisplayAlert("Alerta",
"Contraseña Incorrecta",
"Aceptar");
    }
else
DisplayAlert("Alerta",
"Usuario no Registrado",
"Aceptar");
    }
}

    "Error",
    "You
must enter an email",
    "Accept");
    return;
}
    if
(string.IsNullOrEmpty(thi
s.Contrasena.Text))
    {
DisplayAlert(
"Error",
    "You
must enter a Password",
    "Accept");
    return;
}
    if
(!RegexUtilities.IsValidE
mail(this.Email.Text))
    {
DisplayAlert(
"Error",
    "Compruebe que sea un
correo valido",
    "Accept");
    return;
}

    //*****Compara si el
usuario existe
*****
    if
(tabla.Rows.Count > 0)
    {
        DataRow
row = tabla.Rows[0];
        valor =
Convert.ToString(row["Con
straseña"]);
        if (valor
== Contrasen)
        ((NavigationPage)this.Par

```