



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

TRABAJO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA DIGITAL Y
TELECOMUNICACIONES**

**TEMA: DESARROLLO DE UN SISTEMA PARA EL CONTROL DE
INVENTARIO Y SEGURIDAD DE TEXTOS APLICANDO
TECNOLOGÍA RFID EN BIBLIOTECAS**

AUTOR: ANGEL RAFAEL ROMERO ROMERO

TUTOR: Ing. FIDEL DAVID PARRA BALZA (Ph.D)

QUITO - ECUADOR

AÑO: 2019

DECLARACIÓN

Yo, Angel Rafael Romero Romero, con cedula de identidad 172602802- 8, estudiante de la carrera de Ing. Electrónica y Telecomunicaciones, declaro bajo juramento que el presente documento realizado aquí, es de mi única autoría y asumo que la originalidad del trabajo no utilizó fuentes sin haberlas citado debidamente.

Ángel Rafael Romero Romero

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del componente práctico certifico:

Que el trabajo de titulación **“DESARROLLO DE UN SISTEMA PARA EL CONTROL DE INVENTARIO Y SEGURIDAD DE TEXTOS APLICANDO TECNOLOGÍA RFID EN BIBLIOTECAS”**, presentado por el **Sr. Angel Rafael Romero Romero**, estudiante de la carrera de Electrónica Digital y Telecomunicaciones, reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del Tribunal de Grado, que se designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Quito D.M. Febrero del 2019

TUTOR

.....
Mg. Fidel David Parra Balza

AGRADECIMIENTO

Primero a Dios, por ser el motor e impulso para seguir adelante y encontrar en El la motivación necesaria para esforzarme y ser valiente, por regalarme la vida y bendiciones hasta el día de hoy.

A mis padres por ser el apoyo y soporte durante toda mi formación profesional y como ser humano, por su dedicación, su amor, sus oraciones y todo el cuidado que me han brindado.

Finalmente al resto de mi familia y amigos por sus consejos, brindarme su confianza, apoyo, amor y por saber guiarme y brindarme las herramientas necesarias para alcanzar mis metas.

Angel Rafael Romero Romero

DEDICATORIA

A Dios, a mi madre, a mi familia, los cuales con sus palabras, consejos y guías supieron ayudarme a mantenerme firme en el deseo de alcanzar mis sueños, por creer en mí y demostrar que con esfuerzo y valentía todo es posible alcanzar en esta vida.

Ahora puedo ver cumplida una de las metas que un día me propuse lograr, con fe y sacrificio lo he alcanzado, demostrando que al que cree nada es imposible.

Gracias por recorrer conmigo parte de este camino y brindarme los recursos para lograr llegar a culminar mi deseo.

Angel Rafael Romero Romero

TABLA DE CONTENIDO

CARÁTULA	i
DECLARACIÓN	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DEDICATORIA	v
TABLA DE CONTENIDO	vi
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABLAS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1	
1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	5
1.1. Tecnología RFID	5
1.2. Componentes que forman un sistema RFID	5
Etiquetas o <i>tags</i> RFID	5
Etiquetas pasivas	6
Etiquetas activas	6
Etiquetas semi-pasivas	7
Características de las tarjetas RFID	7
1.2.1. Tipos de memoria en etiqueta RFID	7
Memoria (RO)	7
Memoria (RW)	8
Memoria (WORM)	8
1.3. Lectores o <i>readers</i> de RFID	8
Lectores RFID Fijos	8
Lectores RFID manuales o portátiles	10
Lectores RFID de mesa	10
1.4. Software de enlace	11

1.5. Frecuencias de operación para RFID.....	12
Bajas Frecuencias o <i>Low Frequency</i> (LF)	12
Alta Frecuencia o <i>High Frequency</i> (HF)	13
Ultra Alta Frecuencia o <i>Ultra High Frequency</i> (UHF)	13
Frecuencia de Microondas o <i>Active Frequency</i>	13
1.6. Arduino Uno	14
1.7. Módulo Wi-Fi ESP-12F	14
1.8. Características principales de sistemas RFID.....	15
1.9. Aplicaciones de tecnología RFID.....	16
1.10. Comparación entre sistemas EAS, Código de barras y RFID	15

CAPÍTULO 2

2. MARCO METODOLOGICO	16
2.1. Metodología de investigación.....	16
2.2. Metodología de trabajo	17
Fase I: Identificar y definir el problema	17
Fase II: Definir los requerimientos del sistema	17
Fase III: Seleccionar la tecnología adecuada	18
Fase IV: Elaborar la documentación del proyecto	18
Fase V: Diseñar el prototipo	18
Fase VI: Validar mediante un prototipo.....	19

CAPÍTULO 3

3. PROPUESTA	20
3.1. Descripción del sistema	16
3.2. Actividades y elementos para ejecutar proyecto	22
3.3. Esquema de la propuesta	23
3.4. Componentes del sistema	24
Antenas o lectores RFID para UHF	24
Lector / escritor UHF de <i>tags</i> RFID para escritorio	27
Etiquetas o <i>tags</i> RFID	28
Arduino Uno ATmega 328P	30

Módulo Wi-Fi ESP 12F	31
Computador.....	32
Software de Programación.....	32
Torre de señal visual y sonora	33
3.5. Diseño de la propuesta.....	34
Diseño de placas electrónica.....	34
Diseño esquemático del circuito electrónico	35
Diseño digital de placas	38
Diagramas de flujo del sistema	38
Diagrama para “PRÉSTAMO” de libros	39
Diagrama para “DEVOLVER” un libro	40
3.6. Factibilidad de la propuesta.....	41
Estudio Técnico	41
Cálculo de Presupuesto de enlace (<i>Link Budget</i>).....	41
Explicación del cálculo	42
Cálculo del presupuesto de enlace directo (<i>Forward link</i>)	42
Cálculo del presupuesto de enlace inverso (<i>Reverse link</i>).....	46
Estudio económico.....	48
3.7. Ventajas del sistema RFID en bibliotecas	49
3.8. Conclusión.....	49

CAPÍTULO 4

4. IMPLEMENTACIÓN	51
4.1. Pruebas de procesos de hardware del proyecto	51
Selección de libros	51
Lectura y escritura de códigos en <i>tags</i> RFID	54
Etiquetado de libros	57
Configuración de antenas lectoras	58
Pruebas de conexión de antenas con Arduino Uno.....	63
4.2. Integración de hardware del sistema	66
Impresión y armado de placa	66
Integración de componentes con las placas	68
4.3. Programación de hardware operativo	69

Programación de la placa “A”	69
Programación de Placa “B”	69
4.4. Programación de la aplicación web para control de inventario.....	70
Preparación del servidor	69
Creación de base de datos	69
Desarrollo web con integración a base de datos	71
Programación de interfaz visual de la página	71
4.5. Pruebas de funcionamiento y resultados del sistema	74
CONCLUSIONES.....	77
RECOMENDACIONES	79
BIBLIOGRAFÍA	80
ANEXOS	85
1. Manual de usuario del sistema.....	86
2. Lista de materiales y componentes	94
3. Código de programación para Arduino Uno y Modulo Wi-Fi ESP 12F	96
4. Arduino Uno R3	108
5. Módulo Wi-Fi ESP 12F	110
6. Chip Monza R6 de etiqueta RFID	116
7. Manual de configuración de antena.....	123
8. Esquema de circuitos electrónicos.....	130

LISTA DE FIGURAS

Figura. 1.1. Etiqueta pasiva RFID y componentes	6
Figura. 1.2. Etiquetas activas RFID.....	6
Figura. 1.3. Etiqueta semi-pasiva RFID	7
Figura. 1.4. Lectores RFID Fijos.....	9
Figura. 1.5. Patrón de radiación de antena	9
Figura. 1.6. Lectores RFID portátiles	10
Figura. 1.7. Lector RFID de mesa USB	10
Figura. 1.8. Software de control para sistema RFID	11
Figura. 1.9. Componentes principales de un sistema RFID	11
Figura. 1.10. Placa de Arduino Uno	14
Figura. 1.11. Módulo Wi-Fi ESP 12F	15
Figura. 3.1. Esquema de funcionamiento del sistema RFID	24
Figura. 3.2. Antena Lectora RFID para UHF	25
Figura. 3.3. Polarización circular de la antena lectora.....	25
Figura. 3.4. Patrón de radiación circular 3D.....	26
Figura. 3.5. Lector y escritor RFID UHF portátil.....	26
Figura. 3.6. <i>Tags</i> RFID UHF pasivas	28
Figura. 3.7. Diagrama de pines Arduino Uno ATmega 328P	31
Figura. 3.8. Diagrama de pines del módulo ESP 12F	31
Figura. 3.9. Torre de señal visual y sonora	33
Figura. 3.10. Esquema de circuito para alimentación de la placa a 12V y 3A.....	35
Figura. 3.11. Esquema de circuito para regular voltaje	36
Figura. 3.12. Esquema de circuito para módulo Wi-Fi ESP 12F	36
Figura. 3.13. Esquema de circuito del Arduino y lámpara luminosa de estados.....	37
Figura. 3.14. Esquema de conexiones para lámpara luminosa auditiva	38
Figura. 3.15. Diseño digital de la placa	38
Figura. 3.16. Diagrama para préstamo de libros	39
Figura. 3.17. Diagrama para devolver libros	40
Figura. 3.18. Comunicación <i>half dúplex</i> en RFID.....	42
Figura. 3.19. Gráfica de potencias de recepción de la etiqueta	45
Figura. 3.20. Gráfica de potencias de recepción <i>tag</i> y lector	47

Figura. 4.1. Software de programación para <i>tags</i> RFID.....	54
Figura. 4.2. Conexión de dispositivo lector/escritor de <i>tags</i>	55
Figura. 4.3. Configuración a modo de escritura del dispositivo.....	55
Figura. 4.4. Escritura de códigos en <i>tags</i>	56
Figura. 4.5. Partes de un libro.....	57
Figura. 4.6. Colocación de <i>tag</i> en posición “A”	58
Figura. 4.7. Colocación de <i>tag</i> en posición “B”	58
Figura. 4.8. Conexión de antena lectora al PC	59
Figura. 4.9. Interfaz para configuración de antena	59
Figura. 4.10. Configuración general de la antena.....	60
Figura. 4.11. Configuración de modo de trabajo	61
Figura. 4.12. Configuración de modo de comunicación.....	61
Figura. 4.13. Configuración de parámetros del lector	62
Figura. 4.14. Diagrama de conexión Arduino con antenas	63
Figura. 4.15. Librería de desarrollo para Wiegand 26 en Arduino IDE	64
Figura. 4.16. Monitor serie con lectura de códigos Wiegand 26 del <i>tag</i>	65
Figura. 4.17. Pruebas de funcionamiento de lectura de <i>tags</i>	66
Figura. 4.18. Placa impresa de circuitos electrónicos “A”	67
Figura. 4.19. Placa impresa de circuitos electrónicos “B”	67
Figura. 4.20. Placa “A” terminada (frontal y reverso).....	68
Figura. 4.21. Placa “B” terminada (frontal y reverso	68
Figura. 4.22. Página web de la base de datos del proyecto.	70
Figura. 4.23. Software para desarrollo de página web	71
Figura. 4.24. Interfaz visual de la página web.....	72
Figura. 4.25. Sistema de seguridad con indicador luminoso de la salida	73
Figura. 4.26. Estación para gestión administrativa de libros.....	73
Figura. 4.27. Indicador de estado “autorizado”	74
Figura. 4.28. Indicador de estado para “sustraído o no autorizado”	75
Figura. 4.29. Indicador de estado para “retrasado”	76

LISTA DE TABLAS

Tabla. 1.1. Detalles de los tipos de etiquetas RFID.....	7
Tabla. 1.2. Bandas de operación, distancias y estándar.....	12
Tabla. 1.3. Comparación entre sistemas EAS y RFID	17
Tabla. 1.4. Comparación entre sistema RFID y códigos de barra	17
Tabla. 3.1 Parámetros técnicos del lector RFID en UHF	26
Tabla. 3.2. Interfaces de conexión del lector RFID	27
Tabla. 3.3. Especificaciones técnicas del lector/escritor portátil RFID	28
Tabla. 3.4. Especificaciones técnicas de las etiquetas RFID	29
Tabla. 3.5. Organización de la memoria Monza R6	29
Tabla. 3.6. Especificaciones técnicas Arduino Mega 2560.....	30
Tabla. 3.7. Especificaciones Módulo Wi-Fi ESP 12F.....	32
Tabla. 3.8. Especificaciones técnicas lámpara led.....	34
Tabla. 3.9. Potencias de presupuesto de enlace directo.....	44
Tabla. 3.10. Potencias de presupuesto de enlace inverso	46
Tabla. 3.11. Costos de equipos a emplear en el sistema RFID.....	48
Tabla. 4.1. Libros ejemplares utilizados para el sistema RFID	52
Tabla. 4.2. Códigos Wiegand del <i>tag</i> del libro correspondiente	65

RESUMEN

La investigación consiste en el desarrollo de un sistema que utiliza tecnología de identificación por radio frecuencia, por sus siglas en inglés “*Radio Frequency Identification*” (RFID), con el objetivo de brindar una solución adecuada ante las vulnerabilidades de control, identificación y gestión para realizar préstamos o devoluciones de textos de manera eficiente, evitando también posibles pérdidas o hurto de libros.

Por esa razón se desarrolló un sistema moderno el cual utiliza etiquetas RFID para la identificación y seguimiento de textos para mejorar procesos de préstamo, devolución y seguridad de material bibliotecario, el cual está compuesto por dispositivos de lectura portátiles y fijos como antenas RFID en frecuencia UHF, el sistema se complementa con un software para monitorear el registro y control de inventario de libros mediante un computador de escritorio

Este proyecto corresponde al trabajo de fin de carrera para la obtención del título de Ingeniero en Electrónica Digital y Telecomunicaciones de la Universidad Tecnológica Israel.

Palabras Clave:

RFID, biblioteca, control, identificación, seguridad.

ABSTRACT

The research consists of the development of a system that uses Radio Frequency Identification (RFID) technology, with the aim of providing an adequate solution to the vulnerabilities of control, identification and management for make loans or returns of texts efficiently, also avoiding possible losses or theft of books.

For this reason, a modern system was developed which uses RFID tags for the identification and tracking of texts to improve loan, return and security processes of library material, which is composed of portable and fixed reading devices such as RFID antennas in UHF frequency. , the system is complemented with software to monitor the registry and control of book inventory through a desktop computer

This project corresponds to the final thesis for obtaining the title of Engineer in Digital Electronics and Telecommunications at the Israel Technological University.

Key words:

RFID, library, control, identification, security,

INTRODUCCIÓN

A continuación se presenta un estudio relacionado a los avances realizados en la aplicación de tecnologías RFID, así como una revisión de estudios previos para conocer cómo se encuentra el estado del arte en cuanto al uso de este tipo de sistemas y conocer las soluciones y aportes realizados para la situación del problema de estudio.

Antecedentes de la situación objeto de estudio

La tecnología conocida como RFID por sus siglas en inglés (*Radio Frequency Identification*), viene desarrollándose desde hace varios años atrás, aunque su descubrimiento no se le atribuye específicamente a ninguna persona, sino que se creó a partir de varias aportaciones como resultado de varios experimentos (Trace ID, 2007).

En el año 2000 la tecnología RFID, empieza a remplazar al código de barras y gracias al desarrollo tecnológico se presentaron mejoras en relación a su capacidad de emisión y recepción, mayor alcance con menores dimensiones de antenas, mayor capacidad de memoria, fabricación de etiquetas RFID pero por su costo no se lo ha podido aplicar en grandes cantidades. Esta tecnología ha sido utilizada en varios ámbitos de carácter empresarial, comercial, doméstico, de seguridad, de movilidad, logística, entre otros. Su aplicación a futuro irá creciendo y será útil para muchas aplicaciones.

Así mismo según un estudio realizado en la de la Universidad Politécnica de Madrid, afirma que “La evolución de la tecnología de identificación por radiofrecuencia, la cual permite gestionar elevada información casi en tiempo real, ha hecho resaltar las debilidades y límites de las tecnologías de identificación existentes hasta entonces, convirtiéndose por ello en la tecnología de auto identificación del futuro” (Gotor, 2009, p.13)

El estudio permite entender que esta tecnología se proyecta a un desarrollo continuo por los múltiples beneficios que brindará a la sociedad en varios campos de la educación, medicina, transporte e industria, conforme pasen los años y el costo de estos elementos se reduzca se podrían remplazar los códigos de barras que son de limitada capacidad y funcionalidad.

En la actualidad, un estudio de Universidad Autónoma de Barcelona, el Dr. Herrojo (2018) expresa que el motivo principal en el costo de las etiquetas RFID está determinado por la incorporación de un ASIC (Circuito Integrado de Aplicación Específica), por esa razón se ha desarrollado una nueva tecnología llamada *Chipless*-RFID, como una posible solución para etiquetas RFID sin ASIC, en la que se utilice únicamente determinados patrones metálicos encima de un sustrato en el cual se contenga un código identificativo específico, lo cual permitirá menores costos, siendo un aporte para futuros proyectos que deseen emplear esta tecnología.

En una investigación realizada por la Universidad de Arkansas, se determinó que la precisión del inventario es a menudo muy deficiente, siendo de aproximadamente un 65% errónea, mientras que con el uso de RFID para inventarios disminuyó en alrededor del 13% (ITRI, University of Arkansas, 2008).

Dando como conclusión que la tecnología RFID mejora la precisión de inventarios demostrando que es un método mucho más efectivo que brindará una mejora en rendimiento, ahorro de dinero y aumento de productividad en procesos varios.

Como se ha podido determinar, el uso de la tecnología RFID en el mundo ha venido creciendo y desarrollándose progresivamente, siendo esta una herramienta de automatización necesaria para la actual época tecnológica, la cual requiere de procesos más ágiles, efectivos y exactos.

Mediante el uso de tecnología RFID se pretende corregir errores humanos al momento de realizar actividades de identificación, clasificación, logística de objetos, automatización de procesos, administración de datos y en mejorar la eficiencia, tiempos para realizar inventarios, de esta forma se mejora la calidad de servicio y se reducen costos de trabajo.

Planteamiento del problema

Una biblioteca es un espacio físico que cuenta con cierta cantidad de libros para consulta y préstamo a los usuarios que en su mayoría son estudiantes e investigadores, en una biblioteca es necesario tener una buena organización y orden de los libros, lo cual genera la necesidad de llevar un inventario para conocer la cantidad de ejemplares existentes y el tipo de material informativo que se posee, de igual forma debe tener un método de registro para préstamo y devolución de textos.

Por la gran cantidad de material informativo en una biblioteca como libros, revistas, tesis, ente otros, es complicado lograr tener un inventario exacto de ejemplares y cantidades existentes, generalmente los inventarios son realizados de forma manual, produciendo demoras para registrar y localizar los textos solicitados por los usuarios.

Otra vulnerabilidad y/o problemas a los que se exponen ciertas bibliotecas como en el caso de la Universidad Israel, es el hurto y sustracción de textos por personas mal intencionadas, debido a que no poseen ningún sistema de seguridad, alerta o protección de textos, lo cual genera pérdidas tanto económicas como de material bibliográfico. (Soria, Barros, y Sánchez, 2006, p. 85)

En algunas bibliotecas como por ejemplo la Universidad De Las Américas (Colón) o la Politécnica Nacional se utilizan métodos para el control de textos para mejor organización y registro de inventario, mediante técnicas tradicionales como etiquetado, codificación, códigos de barras o sistemas EAS, considerados como métodos útiles pero poco efectivos, ya que son de limitada capacidad informativa y su forma de lectura es individual y cercana al dispositivo lector.

No obstante las etiquetas RFID, pueden ser identificadas varias a la vez y a mayor distancia. Otra de las desventajas de los códigos de barras o etiquetas son que por su uso sufren desgaste, deterioro o incluso pueden ser arrancadas, mientras que un *tag* RFID no requiere estar en un sitio visible pues no tienen necesidad de lectura directa lo que permite colocarlas en sitios estratégicos del texto para mayor seguridad.

El presente proyecto es un aporte al campo de las telecomunicaciones enfocado para mejorar las actividades de gestión para control de inventario, registro, préstamo y

devolución de libros en una biblioteca reemplazando métodos manuales y poco seguros, por tecnologías modernas eficientes beneficiando a usuarios y bibliotecarios.

Justificación

El desarrollo de este proyecto pretende hacer uso de una de las tecnologías con gran proyección de crecimiento a futuro para la identificación de artículos por radiofrecuencia (RFID), impulsando a la utilización de mecanismos modernos y automatizados que mejoran la identificación, el control, la precisión, y la seguridad de artículos según las necesidades de su aplicación.

En el caso de estudio se pretende brindar una mejora en la gestión de libros dentro de una biblioteca para el préstamo, devolución y seguridad que evitará la pérdida o hurtos de ejemplares aplicando la tecnología RFID.

El método utilizado actualmente para llevar el control de textos en algunas bibliotecas universitarias del país, como el caso de la biblioteca de la Universidad Tecnológica Israel donde la gestión e inventario es completamente manual, utilizando hojas para registro de nombres, libros solicitados, fechas, firma, entre otros. Esto sin mencionar el riesgo que presenta el hurto de textos por personas mal intencionadas sin valores que perjudican a la institución generando pérdidas económicas y de material educativo.

En ese sentido la investigación se justifica ya que desde el punto de vista social permitirá realizar estas actividades de gestión de textos de manera rápida, eficiente y segura brindando beneficios tanto para los usuarios como administradores de las bibliotecas. En el campo tecnológico de igual forma permitirá desarrollar un sistema moderno y automatizado mejorando los servicios bibliotecarios, abriendo camino a que la tecnología RFID trascienda y se la pueda aplicar a futuro en diversos proyectos. En el ámbito económico presentara beneficios pues el proyecto utiliza Arduino como procesador de señal del sistema, lo que genera una reducción de gastos en la adquisición de lectores que son muy costosos

Objetivo General

Desarrollar un sistema para el control de inventario y seguridad de textos aplicando tecnología RFID en bibliotecas.

Específico

- Definir el funcionamiento de la tecnología RFID relacionado a sus ventajas, aplicaciones y características.
- Diseñar un sistema continuo de alarma y notificación de salida de textos sin registro o autorización de la biblioteca para mayor seguridad.
- Crear una base de datos para registrar el control de libros en circulación.
- Colocar registros codificados con información de cada texto utilizando tarjetas RFID pasivas.

- Implementar el sistema de lectura RFID de etiquetas colocadas en los textos para registro y autorización de préstamos en bibliotecas.
- Realizar pruebas de validación y funcionamiento del sistema.

Alcance

La finalidad de proyecto es desarrollar un sistema eficiente que mejorará las actividades de gestión documental dentro de una biblioteca, realizando procesos más rápidos y precisos para el préstamo, registro y devolución de libros, haciendo uso de etiquetas RFID que mejoraran la identificación de libros y evitará el robo o pérdida de libros ya que cuenta con sistema de alerta visual y sonora para mayor seguridad, brindando una herramienta eficiente ante las vulnerabilidades y los procesos tradicionales.

El proyecto que se pretende desarrollar es un prototipo el cual posee todos los elementos de hardware que conforma un sistema RFID, el cual incluye etiquetas de radio frecuencia en los textos, lectores tanto para emisión/recepción de datos y un codificador que en este caso se lo realizará con un microcontrolador de Arduino, el sistema de igual forma contará con un software que permitirá interactuar de manera inalámbrica con los componentes, para el correcto funcionamiento de gestión bibliotecaria en actividades de control de inventario, registro de usuarios, préstamo y devolución de libros, el sistema se complementa con un módulo de seguridad de alarma e indicadores de estado.

Descripción de los capítulos

El presente proyecto fue estructurado en cuatro capítulos los cuales se describen a continuación:

- Capítulo I: fundamentación teórica, aquí se mostrará toda la información relacionada a la tecnología RFID; funcionamiento, componentes, características, aplicaciones y todo lo relacionado para la comprensión del funcionamiento del sistema de identificación por radiofrecuencia.
- Capítulo II: marco metodológico, en el cual se determinará la modalidad en la cual va a realizar la investigación y el desarrollo del proyecto.
- Capítulo III: propuesta, una vez analizado el campo de aplicación y las vulnerabilidades existentes en las bibliotecas se desarrollará de la idea integral de la solución al problema, componentes de software así como de hardware, diseños, selección de equipos que permitirán realizar las funciones de gestión bibliotecaria, también se incluyen la cantidad de equipos, los costos y especificaciones técnicas de cada componente.
- Capítulo IV: Implementación, en este capítulo se desarrollará toda la parte de instalación de equipos (hardware) como son las conexiones, diagramas, etiquetado de libros, antenas, sistema de alarma, desarrollo así como la programación del software de control, el cual, deberá cumplir con los requerimientos para la gestión de préstamo o devolución de libros. Asimismo en este capítulo se pondrá en operación el sistema y se realizaran pruebas de funcionamiento.

CAPÍTULO 1

1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1. Tecnología RFID

RFID por sus siglas en inglés, “*Radio Frequency Identification*”, o identificación por radio frecuencia, se refiere a una tecnología que utiliza ondas de radios para identificar y detectar objetos, mediante el uso de etiquetas que permiten la lectura y escritura de información, se componen por un microchip y una antena.

En otras palabras es una tecnología que permite la comunicación entre dos o más objetos sin necesidad de cables con distancias que varían entre los 10 cm hasta los 10m, según la banda de frecuencia empleada, utilizando únicamente la emisión y recepción de señales, la cual actualmente posee diversas aplicaciones gracias a su precisión, rapidez de lectura así como por la capacidad de almacenar y adquirir información adicional. Estos sistemas de tecnología RFID han venido sustituyendo a los métodos de identificación tradicionales como son los códigos de barras, códigos bidimensionales e incluso EAS (*Electronic Article Surveillance*), los cuales son sistemas de características limitadas. En cambio los sistemas RFID poseen en sus etiquetas un código único de identificación.

1.2. Componentes que forman un sistema RFID

El concepto básico de todo sistema RFID consisten en tres componentes (Miquel, 2008, p.418), estos elementos se describen a continuación:

- **Etiquetas o tags RFID:** elementos que se adhieren a un objeto, son capaces de almacenar y transmitir información, compuestos por un microchip y una antena en el cual posee un código único de identificación. Las etiquetas RFID poseen una gran variedad de tamaños y formas diseñadas según los entornos donde vayan a ser utilizados, las etiquetas RF más comunes pueden ser de 3 tipos:

- **Etiquetas pasivas:** son aquellas que requieren de una fuente de alimentación externa para funcionar y la adquieren mediante la potencia de transición emitida por las antenas de lectura, su activación se realiza únicamente dentro del campo de cobertura de la antena lectora. Por su pequeño tamaño y corto alcance son las etiquetas más comunes y económicas, generalmente tienen alcance de lectura de entre 10 cm (ISO 14443) hasta unos cuantos metros (EPC e ISO 18000-6), dependiendo de la ganancia y frecuencia de la antena lectora. Sus antenas están compuestas casi en su totalidad de plata o cobre, como muestra la figura 1.1.

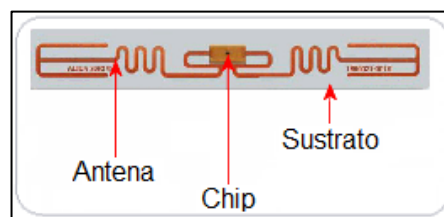


Figura.1.1. Etiqueta pasiva RFID y componentes

Fuente: (Desarrollos Digitales, 2014)

- **Etiquetas activas:** poseen alimentación autónoma mediante una batería pequeña, lo que permite tener una comunicación con la antena lectora a mayores distancias permitiendo el proceso de una mayor cantidad de datos. La figura 1.2. muestra que las tarjetas activas son más grandes y robustas, por son más costosas que las pasivas. Tienen una capacidad superior para transmisión de información pues son de mayor alcance, con capacidad de lectura de cientos de metros, poseen una memoria que puede almacenar hasta 128 Kbyte. La duración de la batería de este tipo de etiqueta dura de 2 a 10 años y el costo es 10 a 20 veces mayor que una etiqueta pasiva.



Figura. 1.2 Etiquetas activas RFID

Fuente: (ID TECH, 2018)

- **Etiquetas semi-pasivas:** son semejantes a las etiquetas activas, pues posee una batería para alimentación, pero no la utiliza para transmitir señales de radio, sino la utiliza para alimentar principalmente el microchip, son conocidas también como etiquetas de batería asistida. (Figura 1.3.)



Figura. 1.3. Etiqueta semi-pasiva RFID

Fuente: (CAENRFID, 2018)

Características de las tarjetas RFID

En la tabla 1.1 se describen las características de cada etiqueta RFID:

Tabla. 1.1. Detalles de los tipos de etiquetas RFID.

	Etiquetas activas	Etiquetas pasivas	Etiquetas semi-pasivas
Rango de distancia	Hasta 100 m	Hasta 15 m	60 a 80 m
Almacenamiento de datos	Extensible y variable	512 bytes a 4 KB	Extensible y variable
Velocidad de transferencia de datos	Hasta 128 KB/s	Hasta 1 KB/s	Hasta 16 KB/s
Duración	Hasta 10 años	Ilimitada	Más de 6 años

Fuente: (APRENDE RFID, 2018)

1.2.1. Tipos de memoria en etiqueta RFID

Según sus usos se diferencian de la siguiente manera:

- **Memoria (RO):** Son etiquetas solamente de lectura, se las programa una sola vez con cantidad limitada de información, son de colocación estáticas, pueden contener por ejemplo códigos alfanuméricos.

- **Memoria (RW):** son etiquetas de lectura y escritura la memoria tiene capacidad de almacenamiento para mayor cantidad de información la cual puede ser re-escrita o borrada las veces que sean necesarias.
- **Memoria (WORM):** son etiquetas de una sola escritura y de múltiple lectura, son similares a las de memoria RO, pueden ser programadas con información estática pero puede leerse varias veces.

1.3. Lectores o *readers* de RFID.

Son dispositivos conocidos como interrogadores, son los encargados de proporcionar la conexión entre la información las etiquetas y el software adecuado con el objetivo de transmitir y recibir señales, la lectura se realiza a través de una señal de radiofrecuencia emitida por las antenas la cual a su vez captura los datos enviados por las etiquetas RFID, que se encuentran dentro del campo de cobertura, para posteriormente decodificarlos e interpretarlos para realizar las funciones programadas ya sean tareas simples para inventarios continuos, filtrado o búsqueda de etiquetas específicas, codificación o escritura de etiquetas seleccionadas, seguridad, control, entre otros, sin necesidad de una línea de visión entre el lector y la tarjeta permitiendo colocar los *tags* de manera libre.

Existen diferentes tipos de lectores RFID, sea en su uso, forma y tamaño. Hay lectores de posición estacionaria colocados en almacenes o fábricas, también se los puede integrar en dispositivos móviles para funciones de escaneo manual portátil. Se presentan a continuación 3 tipos de lector RFID:

- **Lectores RFID Fijos:** La colocación de este tipo de lectores es de forma fija, en un solo lugar, ya sea techos paredes o estructuras, con una área y dirección de cobertura específica, instalados generalmente en telepeajes, en bandas transportadoras industriales, en puertas para control de seguridad, para dar seguimiento a objetos dentro de un perímetro, este tipo de lectores brindan una lectura precisa y rápida.

Los lectores RFID convierten la corriente eléctrica en ondas electromagnéticas las cuales son irradiadas por el aire hasta ser captadas por las antenas de las etiquetas las cuales convierten chips RFID los cuales convierten esta señal electromagnética en corriente eléctrica para ser identificadas y emitir nuevamente una señal de retorno que

será captada por el la antena lectora, para ser decodificada y arrojar información de su ubicación como de su referencia en tiempo real.

Los lectores RFID más comunes presentan dos tipos de polarización: lineal y circular, los de campos lineales irradian señales a largo alcance en dirección fija e identifican las etiquetas solamente cuando están alineados de la misma posición. Los lectores de polarización circular en cambio emiten un campo en rotación constante pero son de menor rango de alcance, lo que permite identificar *tags* sin importar la posición de lectura. Para el presente proyecto se utilizará una antena RFID de campo de polarización circular. La figura 1.4., muestra diferentes tipos de antenas fijas.



Figura. 1.4. Lectores RFID Fijos

Fuente (Advanced Solutions Systems Ltda, 2012)

La ganancia y el ángulo de cobertura: Existen en el mercado antenas con ganancia entre 2,5 a 10 dBi, la ganancia permite emitir a mayor potencia para obtener un mayor radio de lectura (Figura 1.5.). El ángulo de cobertura de la antena dependerá del área que se requiere alcanzar, a mayor área de cobertura que presente la antena presentara una menor distancia en la detección de etiquetas RFID.

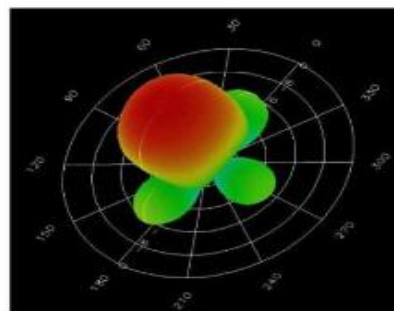


Figura. 1.5. Patrón de radiación de antena

Fuente: (RFID Controls, 2013 a)

- **Lectores RFID manuales o portátiles:** este tipo de lectores permiten realizar lecturas para identificar y verificar objetos de manera más puntual o para la lectura de objetos en áreas de difícil acceso donde no es posible colocar lectores fijos (Figura 1.6.), por lo general son utilizados para realizar inventarios o búsqueda de etiquetas RFID extraviadas, estos dispositivos portátiles suelen ir conectados a una PC o laptop, de forma inalámbrica o utilizando cables.



Figura. 1.6. Lectores RFID portátiles

Fuente: (ALTATEC, 2018)

- **Lectores RFID de mesa:** Es un dispositivo de lectura activa de etiquetas RFID, generalmente destinados a supermercados e instalados en las cajas registrar de manera ágil el paso de los clientes u objetos, como su nombre lo indica son para colocarlos sobre mesas o escritorios y se conectan al computador mediante cables USB (Figura 1.7.).



Figura. 1.7. Lector RFID de mesa USB

Fuente: (MONSEG, 2018)

1.4. Software de enlace:

Este será el programa o plataforma que encargados de realizar las lecturas de las antenas en un computador para ejecutar tareas determinadas, el cual permitirá interactuar o comunicar a un operador los datos recopilados por el hardware del sistema RFID de manera comprensible y de fácil lectura, como muestra la Figura 1.8.

El software será capaz de integrar todos los componentes del sistema y permitirá controlar en tiempo real la circulación de artículos dentro del área establecida, juega un papel importante en la operación y administración del sistema RFID.

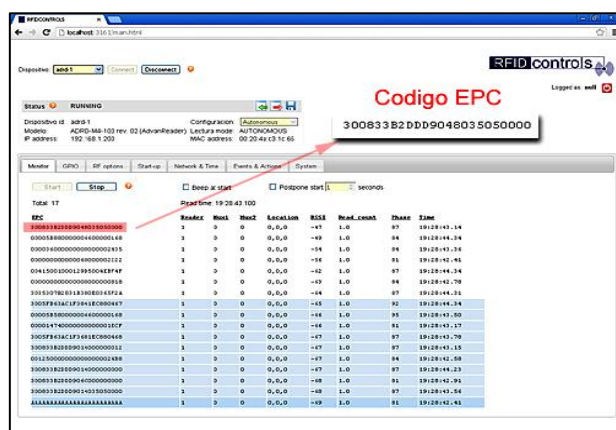


Figura. 1.8. Software de control para sistema RFID

Fuente: (RFID Controls, 2013 b)

En la figura 1.9 se puede ver de forma general cada uno de los componentes que conforma un sistema RFID.

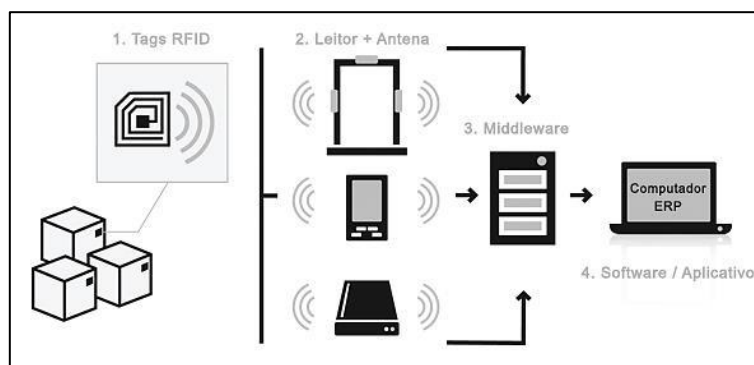


Figura. 1.9. Componentes principales de un sistema RFID

Fuente: (AFIXGRAF, 2015)

1.5. Frecuencias de operación para RFID

De la misma forma en la que se sintoniza una estación de radio, las etiquetas y lectores de RFID deben estar sintonizados en la misma frecuencia, que permita realizar las comunicaciones. Los sistemas RFID pueden usar una variedad de frecuencias para su transmisión, seleccionar la frecuencia adecuada para un sistema RFID específico a menudo depende de su aplicación y de las distancias entre el sistema de lectura y los objetos a los que se adhieren las etiquetas, existen varios tipos de antenas y etiquetas. A continuación la Tabla 1.2 muestra las diferentes bandas de operación y su campo de acción bajo los estándares técnicos para la identificación por radiofrecuencia.

Tabla. 1.2. Bandas de operación, distancias y estándar

Bandas de frecuencia	Frecuencias	Distancia de lectura	Estándar
Baja frecuencia (LF)	125 a 134 Khz	< 45 cm	ISO 14223 y ISO/IEC 18000-2.
Alta frecuencia (HF)	13,56 Mhz	1 a 3 m	ISO 15693
Ultra Alta Frecuencia (UHF)	860 a 960 Mhz	3 a 10 m	ISO 18000-6 y18000-7
Microondas	2,45 a 6 GHz	> 10 m	ISO 18000-4

Fuente: (ONSI, 2012)

Por lo general, los sistemas RFID de baja frecuencia (LF) se distinguen por rangos de lectura cortos, velocidades lentas de lectura y menor costo. Los sistemas de RFID de frecuencia más alta se usan cuando se requieren rangos de lectura más largos y velocidades de lectura más rápidas. El microondas requiere el uso de etiquetas RFID activas.

Esa tecnología RFID está basada en interfaz de gestión de elementos de aire (ISO 18000), además de estos existen otros estándares como los de EPC global y para bandas de HF los estándares ISO/IEC 14443 y ISO/IEC 15693.

- **Bajas Frecuencias o *Low Frequency* (LF):**

Esta banda cubre frecuencias de 9 a 125 kHz, para un sistema RFID en LF funciona normalmente de 120 a 140 KHz, la distancia de lectura para estas frecuencias son de

cortos rangos, menores a 20 cm, presenta una velocidad de lectura más lenta en comparación a frecuencias más altas, puede funcionar sin problema cerca de metales y presenta alta resistencia a interferencias externas, las aplicaciones más comunes para estas frecuencias son para etiquetado de animales, control de acceso, identificación de vehículos, barriles de cerveza y seguimiento de contenedores en la gestión de residuos.

- **Alta Frecuencia o *High Frequency* (HF):**

Esta banda cubre frecuencias de 3 a 30 MHz, para un sistema RFID en HF utiliza frecuencias de 13,56 Mhz, poseen rangos de lectura que van desde los 20 cm y 1m, a diferencia de las bajas frecuencias estas son afectadas de forma moderada cuando están cerca de metales, las aplicaciones para este tipo de frecuencias se aplican para realizar pagos y aplicaciones de transferencia de datos, boletos de ingreso para espectáculos, tarjetas pre-pago de transporte público, documentos de identificación personal, trazabilidad de productos, para ingreso a edificios y traslado de equipajes en aeropuertos.

- **Ultra Alta Frecuencia o *Ultra High Frequency* (UHF):**

Esta banda cubre frecuencias de 300Mhz a 3Ghz, para aplicaciones de sistemas RFID se utilizan frecuencias de 868 a 928 Mhz, poseen un rango de lectura pasivo de hasta 3mm, En UHF existe mayor sensibilidad en cuanto a las interferencias, razón por la cual los fabricantes de RFID para UHF han diseñado componentes de alto rendimiento (antenas, lectores y etiquetas), para evitar pérdidas en su comunicación, son mucho más fácil adquirir por su bajo costo y fabricación, lo cual ha permitido un crecimiento mayor para sistemas RFID. Las aplicaciones de sistemas RFID en UHF se las puede utilizar para gestión de inventarios, almacenes o artículos varios, en usos farmacéuticos contra falsificación de productos, configuración de dispositivos inalámbricos y bibliotecas.

- **Frecuencia de Microondas y Banda Ultra Ancha (UWB):**

Trabajan en frecuencias entre los 2.45-5.8 GHz y 3.1-10.6 GHz, respectivamente y son las más utilizadas para etiquetas activas, la lectura de datos se puede realizar a distancias largas y presenta una velocidad para transmisión muy alta. La aplicación para frecuencias de microondas con RFID se utiliza para realizar pagos de peaje, rastreo, seguimiento de vehículos, localización de objetos, líneas de producción y control ferroviario.

1.6. Arduino Uno ATmega328P

Esta es una placa conformada por un microcontrolador que consta de pines de entrada y salida (Figura 1.10.), que pueden ser digitales o también analógicos. Esta placa se la programa en un software propio de los equipos Arduino aplicando lenguaje Processing/Wiring, se conecta a un computador mediante puerto serial con conversión a USB para desarrollar objetos interactivos autónomos, trabaja en lenguajes como Processing, Flash, MaxMSP, entre otros. Para la programación de este dispositivo se usa la aplicación “IDE” la cual se descarga de página web, este programa utiliza lenguaje basado en C++ y utiliza librerías para su simplificación.



Figura. 1.10. Placa de Arduino Uno

Fuente: (Arduino, 2019)

1.7. Módulo Wi-Fi ESP-12F

Este módulo posee un chip integrado de tipo ESP8266 diseñado para las necesidades de conexión inalámbricas más empleados en la actualidad, el cual brinda una solución autónoma y completa en redes Wi-Fi, este dispositivo será utilizado como puente de comunicación entre el microcontrolador Arduino y la dirección web donde se encontrará desarrollada la interfaz gráfica a utilizar en el proyecto para gestión bibliotecaria.

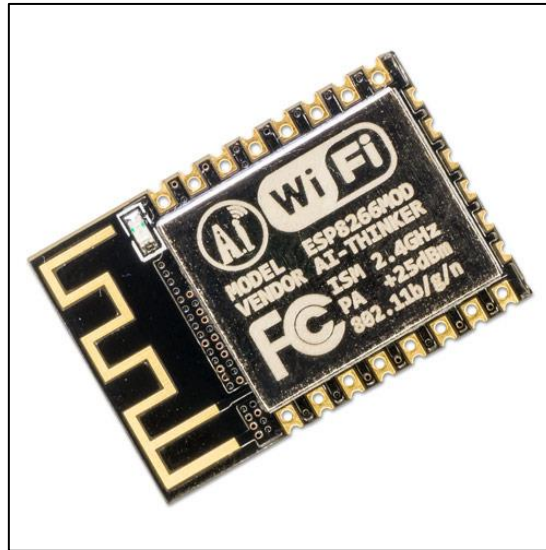


Figura. 1.11. Módulo Wi-Fi ESP 12F

Fuente: (Eelectronilab, 2019)

1.8. Características principales de sistemas RFID

Dentro de las características principales que brinda un sistema utilizando tecnología RFID se describen las siguientes (Innova Supply Chain, 2014):

- Son sistemas seguros y confiables
- De fácil uso y las etiquetas son de instalación simple.
- Son sistemas de lectura rápida y precisa
- Lectura sencilla de etiquetas con ahorro de tiempo y esfuerzo
- No necesitan líneas de visión entre el lector y la etiqueta en relación al sistema de código de barras.
- Posee un amplio rango de lectura, el lector puede estar a una distancia de entre 6 hasta 12 metros de la etiqueta dependiendo el tipo de sistema.
- Las etiquetas RFID no se pueden replicar fácilmente.
- Las etiquetas RFID son resistentes a entornos hostiles.
- Las etiquetas RFID pueden almacenar datos en sus memorias
- Las etiquetas RFID pueden re escribirse varias veces.
- Mejoran la eficiencia y reducción de costes operativos y laborales.
- Brindan mayor exactitud para identificación de objetos o artículos.
- Control para disminuir pérdidas por robo, hurtos y errores administrativos.

1.9. Aplicaciones de tecnología RFID

Según la Universidad Internacional de Valencia (VIU, 2018) y la Escuela de Organización Industrial, (EOI, 2013) las aplicaciones que se le puede dar a esta tecnología son las siguientes:

- Controles de acceso para instituciones, escuelas y hospitales.
- Seguimiento de artículos.
- Identificación y seguimiento de personas o animales.
- Seguimiento y control de activos
- Gestión de productos en almacenes o tiendas
- Ubicación automática de vehículos (AVL - *Automatic Vehicle Location*).
- Pagos sin contacto, para realizar compras con teléfonos móviles, tarjetas inteligentes de débito o crédito o uso de otros dispositivos.
- Organización y gestión de documentos reemplazando los códigos de barra.
- Seguimiento y control de inventarios o procesos industriales.
- Para procesos de logística y almacenamiento de bienes.
- Movimiento de mercancías y cadena de suministros.
- Automatización de procesos en industrias, hogar, deportes y militar.
- Sistemas contra el robo

1.10. Comparación entre sistemas EAS, Código de barras y RFID

Un sistemas de vigilancia electrónica de artículos, conocido como EAS por sus siglas en inglés (*Electronic Article Surveillance*) es uno de los sistemas actualmente más utilizados especialmente como un sistema de seguridad contra robos, mientras que los códigos de barras solamente sirven para identificación de objetos, definiendo estos sistemas como eficientes además de económicos pero de capacidad y aplicación limitada. Por otro lado la tecnología RFID está en constante crecimiento, lo cual permite su aplicación en diferentes campos.

En las Tablas 1.3 y 1.4 se muestran cuadros comparativos que describen los aspectos más relevantes con referencia a cada sistema mencionado:

Tabla. 1.3. Comparación entre sistemas EAS y RFID

Características	EAS	RFID
Frecuencias	8.2 Mhz	868 a 928 Mhz
Componentes	<ul style="list-style-type: none"> - Lectores - Desactivador - Etiquetas RF 	<ul style="list-style-type: none"> - Lectores - Programador - <i>Tags</i> RFID - Software
Distancias	1,2 a 1,5 m	Hasta 80m
Lectura	Una a la vez	Múltiple
Funciones	Alarma sonora y/o luminosa	Procesos configurados por software.
Código de barras	Si	No
Programación o extracción de datos	No	Si

Fuente: El autor

Tabla. 1.4. Comparación entre sistema RFID y códigos de barra

Características	RFID	Código de Barras
Capacidad	Mayor cantidad de información	Limitada
Identificación	Único para cada producto.	Estandarizada en series
Lectura	<ul style="list-style-type: none"> - A través de diversos materiales - No requiere de línea de visión para lectura - Múltiples 	<ul style="list-style-type: none"> - Solo en superficies - Requiere línea de visión para lectura - Una a la vez
Precisión	Automática	Requiere intervención humana
Durabilidad	Presenta desgaste, y puede dañarse fácilmente.	Soporta todo tipo de ambiente

Fuente: El autor

CAPÍTULO 2

2. MARCO METODOLÓGICO

Para realizar cualquier tipo de investigación se requiere establecer una metodología, instrumentos, técnicas, procedimientos y estrategias consideradas para la realización del presente proyecto. Según Balestrini (2006, p.125) quien define “el marco metodológico como la instancia referida a los métodos, las diversas reglas, registros, técnicas y protocolos con los cuales una teoría y su método calculan las magnitudes de lo real”. Según Finol y Camacho (2008, p.60), el marco metodológico está referida al “cómo se realizará la investigación, muestra el tipo y diseño de la investigación, población, muestra, técnicas e instrumentos para la recolección de datos, validez y confiabilidad y las técnicas para el análisis de datos”.

2.2. Metodología de investigación

El método de investigación para la realización del estudio en el presente proyecto será de tipo aplicada, Según Vargas (2009), con la investigación aplicada “los conocimientos son devueltos a las áreas de demanda..., para ser intervenida, mejorada o transformada.”, la cual se caracteriza por buscar la aplicación o utilización de conocimientos adquiridos, y además brinda nuevos conocimientos, generando aportes a la disciplina en investigación.

La investigación aplicada tiene como objetivo encontrar una solución para un problema inmediato al que se enfrenta una sociedad o una organización. Para Bajpai (2011) La investigación aplicada se considera una investigación no sistemática y, por lo general, es lanzada por una empresa, agencia o un individuo para abordar un problema específico.

En conclusión, se define como una investigación aplicada pues permitirá poner en práctica una solución para mejorar procesos de gestión en bibliotecas y lograr el cumplimiento de los objetivos planteados en el proyecto.

2.2 Metodología de trabajo

El diseño metodológico para el presente proyecto se lo realizara utilizando una combinación de autores como Savant, C.J. (2005), Jerry Fitzgerald. (2011 p) y Rubén Cárdenas. (2009), la cual se estructurará en seis (6) fases que se describen a continuación:

- **Fase I: Identificar y definir el problema**

Según Savant, C.J. (2005, p.4) el paso inicial en el proceso de diseño es definir el problema, es posible que se disponga de un diseño totalmente especificado o sea una vaga idea de la mente del usuario haciendo que se defina el proyecto y luego pasa a una serie de diseños más pequeños.

El número de estos depende de la complejidad del proceso, se debe buscar la solución más adecuada del mismo problema, esta solución debe expresarse de manera efectiva, como un ejercicio que pueden realizar los investigadores para el alcance al objetivo planteado.

En este caso se analizó las vulnerabilidades existentes en una biblioteca mediante la realización de visitas en universidades como la Universidad De Las Américas (UDLA) sede ubicada en la Colón, Escuela Politécnica Nacional (EPN) y la Universidad Israel, para conocer cómo se lleva la gestión de libros como en el control y seguridad de los mismos, lo cual permitió desarrollar una solución más eficiente al problema en estudio.

- **Fase II: Definir los requerimientos del sistema**

Jerry Fitzgerald, (2011, p. 213) asegura que para definir los requerimientos del sistema propuesto con la finalidad de formar una imagen global del sistema, es preciso definirlos dentro de la estructura de las metas y objetivos de la investigación, al igual que cada fase y tratar de que estos requerimientos sean cuantitativos y detallados.

En este caso se trata de desarrollar un sistema de control de inventario y seguridad de textos mediante el uso de tecnología RFID la cual utilizará antenas lectoras y etiquetas para identificar los libros, con ayuda de un software de control se podrá gestionar los servicios

de registro de usuarios, prestación y devolución de textos, los cuales mediante un computador monitoreará el inventario en tiempo real de cada libro, finalmente se complementará con un sistema de alerta visual y auditiva en la salida, dando cumplimiento con los objetivos propuestos para control de inventario y seguridad en bibliotecas.

- **Fase III: Seleccionar la tecnología adecuada**

De acuerdo a Rubén Cárdenas (2009) la decisión para seleccionar la tecnología más adecuada, se basa en el conocimiento técnico logrado para cada situación. En tal sentido existen varias alternativas posibles, las cuales implican dirigirse sobre el sistema existente o sólo introducir la nueva tecnología.

Para la elaboración del presente proyecto se utilizara tecnología basada en protocolos y estándares UHF RFID, estos son: ISO18000-6C (EPCGEN2), ISO18000-6B los cuales definen la interfaz aérea para los dispositivos de identificación por radiofrecuencia (RFID) en frecuencias de 860 MHz a 960 MHz tanto en las antenas, lector de escritorio y *tags* para los textos, se utilizara también la placa basada en Arduino Atmega 2560 y software propio para cada componente los cuales estarán vinculados a una PC de donde se monitoreará los libros

- **Fase IV: Elaborar la documentación del proyecto**

Según Savant, C.J. (2005, p.17) La información debe escribirse con toda precisión de modo que no se pierda y que no dé lugar a malas interpretaciones, para ello se emplean ciertos términos y símbolos a especificar el diseño del sistema electrónico. En este caso se procede a realizar una revisión exhaustiva de la documentación existente, para documentar con exactitud el proyecto de implementación de un sistema RFID para bibliotecas, ya que en electrónica existen ciertos símbolos estándar que muchos entienden, así como otros símbolos que han llegado a significar algo más para cierto grupo de usuarios.

- **Fase V: Diseñar el prototipo**

En relación al diseño del prototipo, Savant, C.J. (2005 p,20) establece que es muy importante la etapa de diseño para una verificación doble del proceso del trabajo previo, la

mayoría de los ingenieros que diseñan circuitos eléctricos tienen una lista de verificación que recorren por completo en sus mentes cuando diseñan los circuitos, desafortunadamente estas listas suelen desarrollarse como consecuencia de incurrir en errores de diseño, representan el intento de evitar que se repita otra vez el error.

En este sentido, se procede a diseñar sistema de control de inventario y seguridad con tecnología RFID en función a los requerimientos, de fácil utilización, eficiente y compuesto de elementos que cubran las necesidades de los usuarios y de los responsables de una biblioteca.

- **Fase VI: Validar mediante un prototipo**

Según Savant, C.J. (2005, p.22) Los ingenieros e investigadores requieren medios más económicos y rápidos para construir circuitos, los métodos de construcción no suelen garantizarse debido al costo y a la complejidad, los circuitos que se producen en masa usan tableros de circuitos, resulta difícil corregir errores en tales tableros o hacer cambios, cuando estos se requieren, se cortan pistas y se desprenden del tablero o se añaden alambres de empalme, para evitar este problema se desarrollaron varias vías que conllevan a la modificación y variación en los circuitos.

Durante el desarrollo de esta fase los investigadores validarán el diseño propuesto por medio de un prototipo para el sistema RFID, con el cual se someterá a prueba, independientemente del método que se use para construir el prototipo es importante simular y probar el circuito mientras se avanza de esta manera se irán corrigiendo las posibles fallas del diseño propuesto hasta obtener que sistema de inventario de control y seguridad RFID para bibliotecas opera de forma adecuada.

CAPÍTULO 3

3. PROPUESTA

3.1. Descripción del sistema

El desarrollar un sistema para controlar inventario y brindar seguridad para bibliotecas aplicando tecnología RFID, consistirá en crear un proyecto moderno y eficiente que ayudará a mejorar los servicios de gestión bibliotecaria, presentará aplicaciones, características y funciones únicas, las cuales permitirán dar un cambio significativo en la forma que realizan los servicios y procesos de inventario, control y seguridad de textos.

Este sistema facilitará las tareas de rutina que generalmente se realizan en una biblioteca con personal humano, el cual, es responsable de atender a los usuarios así como también controlar y proteger los textos. Con esta aplicación se mejoraría la atención pues reduciría las largas filas consiguiendo brindar una rápida circulación de libros, documentos, revistas, tesis, entre otros. Con la ayuda de un software se podrá realizar el registro de salida, entrega y controlar el inventario de textos disponibles en tiempo real. Al utilizar un sistema de lectura de *tags* RFID colocados en los libros, permitirá la identificación de estos por medio del uso de lectores RFID, para brindar seguridad a los textos evitando el hurto o pérdida.

Una vez seleccionado el texto requerido por el usuario este deberá ser llevado al encargado de la biblioteca para registrar el libro e ingresar de manera digital los datos del beneficiario y registrar en la base de datos su salida para actualizar el inventario, el encargado realizara la autorización para la salida de la biblioteca sin problemas ni activación de alarmas. En caso de no realizar el registro de salida de material bibliográfico, se generará una alarma auditiva y visual indicando la salida no autorizada del texto.

Este sistema RFID mejorará el inventario, control, registro y administración de libros en funciones de préstamo o devolución de textos, así mismo reducirá las pérdidas o robos que pudieran generarse por la falta de procesos adecuados en la gestión bibliotecaria. A su vez permitirá que la tecnología RFID trascienda de forma que empiece a ser más conocida y promueva su uso en múltiples proyectos a futuro.

El desarrollo de este sistema bibliotecario con el uso de identificación por radiofrecuencia brindará las siguientes funciones:

- Permite identificar libros de manera única y precisa.
- El sistema genera un control de inventario en tiempo real.
- Registra la prestación /devolución de libros más rápido y preciso.
- Brinda protección y seguridad para prevenir robos y pérdidas.

3.2. Actividades y elementos para ejecutar proyecto

El diseño del sistema que se propone desarrollar consiste en un prototipo, el cual, incorporará etiquetas adhesivas en los libros con tecnología RFID para la identificación por radiofrecuencia, la cantidad de libros a emplearse en este proyecto serán únicamente diez (10) pues únicamente se verificará su funcionamiento y características simulando una biblioteca, lo que no indica que este sea el número máximo de libros que se pueden administrar ya que la capacidad de almacenar libros en la base de datos del proyecto es de más de 2 millones, para de esta manera poder prestar, registrar e inventariar los libros. En cada uno de los *tags* colocados que grabará la información respectiva de los libros, la cual, se encontrará registrada en una base de datos del computador.

El proceso de control de inventario se lo realizará mediante un software, por medio del cual se realizará el registro de prestación o devolución de textos por medio de antena lectora de etiquetas que puede ser ubicada en el escritorio, por ultimo para el control de seguridad de textos se utilizará una antena RFID a la salida, la cual realizará la lectura continua de los *tags* para identificar cada libro y activar una alerta sonora y visual de acuerdo al estatus del libro, es decir en color verde para autorizado o en rojo para no autorizado.

En el escritorio habrá un lector de etiquetas para escanear cada texto, una vez registrado y autorizado se podrá sacar el libro sin problemas, una luz a la salida confirmará que se cumplió con el protocolo correspondiente, caso contrario activará la luz roja y la alarma correspondiente.

Las antenas de lectura RFID estarán integradas al módulo de Arduino Uno, mediante el uso de placas electrónicas controlará el funcionamiento de la torre de luz con alarma y los módulos Wi-Fi ESP 12F para la comunicación inalámbrica de todo el sistema.

3.3. Esquema de la propuesta

Un sistema RFID refiere al método de lectura de información, teniendo como base el uso de antenas lectoras, etiquetas RF y un software de control en el cual se registra toda la información relacionada a cada libro, para la lectura de *tags* se utiliza señales de radiofrecuencia en banda UHF para identificar y controlar un artículo

Para el correcto funcionamiento del sistema bibliotecario se deberán realizar los siguientes pasos:

- Colocar a todos los libros utilizados un *tag* RFID pasivo, en sitios donde no sean manipulados ni arrancados.
- Ubicar las antenas de lectura en sitios adecuados para que su campo de cobertura electromagnética capte los *tags* e identifique los libros.
- Las etiquetas RF utilizan la energía emitida de las antenas para realizar la transmisión de datos almacenados en su memoria (Figura 3.1).
- La antena o lector RFID de escritorio recibe la información del *tag*, la decodifica con Arduino Uno para enviar la información a la base de datos del computador, donde se relaciona los datos con el libro correspondiente, para de esta manera proceder a registrar el usuario y gestionar el préstamo o devolución de libros.
- En caso de no realizar el protocolo adecuado de registro de libro para sacarlo de la biblioteca se generará una alerta sonora y visual.
- Otra función del sistema será la de definir un tiempo de entrega del documento, si este no ha sido entregado dentro de los plazos establecidos, activará una luz naranja, indicando al operador que deberá aplicar alguna sanción o multa.

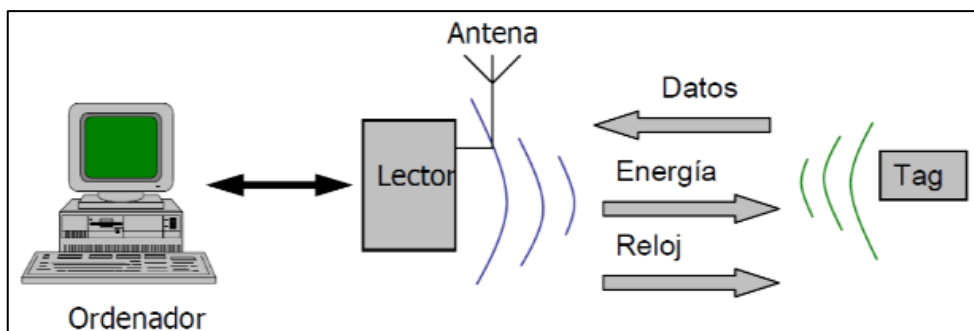


Figura. 3.1. Esquema de funcionamiento del sistema RFID

Fuente: (Peralta, 2009)

Las interfaces con los que cuenta este sistema para la comunicación y transferencia de datos son:

- **Interfaz Lector-Sistema de Información:** La conexión se realiza mediante un enlace de comunicación local estándar y cableado USB al computador en la cual se puede monitorear la gestión bibliotecaria
- **Interfaz Lector-Etiqueta (libro):** Se lo realiza mediante un enlace radio con característica de frecuencia UHF y los protocolos de comunicación.

3.4. Componentes del sistema

Los componentes físicos y lógicos que forman parte del sistema RFID que permitirán su operación de manera efectiva se definen a continuación tomando en cuenta las correspondientes especificaciones técnicas requeridas.

- **Antenas o lectores RFID para UHF**

Las antenas a emplearse en presente proyecto serán encargadas de la lectura o interrogación de las etiquetas mediante la emisión de energía y envía los datos al sistema de información las cuales prestan un rango de lectura de 5 a 7 m. (Figura 3.2).

Los lectores RFID de rango medio para UHF son de alto rendimiento están basados en un algoritmo de procesamiento de señales digitales, admite operaciones rápidas de lectura/escritura de etiquetas con una alta tasa de identificación.



Figura. 3.2. Antena Lectora RFID para UHF

Fuente: (Ebay, 2018 a)

Estos lectores admiten la comunicación con el dispositivo Arduino, puede comunicarse sistemas de plataforma Linux / win CE y todas las plataformas Windows (win.7de32/64 bits, win8 y win10 OS) las cuales van integradas al computador mediante código fuente. Este tipo de comunicación se lo realiza bajo normativa basada principalmente en RS232 o RS485 utilizando 5 V, esta es muy confiable y estable para conexiones más larga de cable

La orientación de la transmisión del campo electromagnético en los lectores es de polarización circular incorporada de 8dBi (Figura 3.3), lo cual indica que está diseñada para irradiar energía RF en direcciones diferentes simultáneamente ofreciendo mayor tolerancia en diferentes orientaciones de las etiquetas y una mejor capacidad para evitar obstáculos.

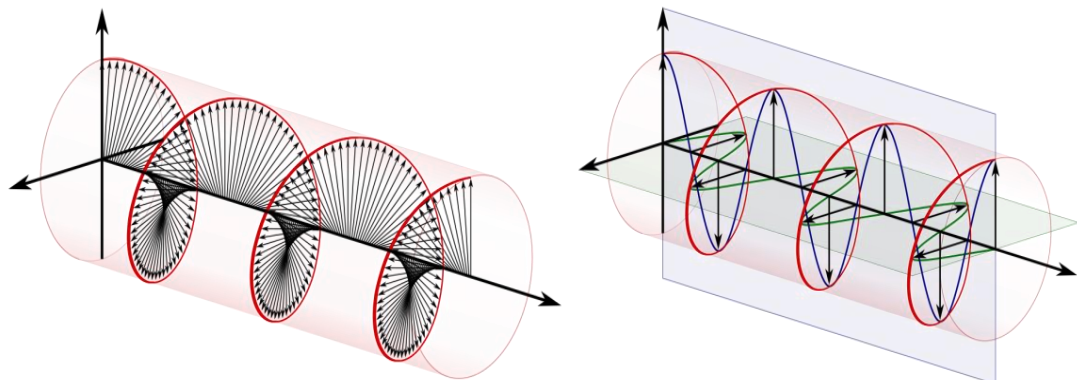


Figura. 3.3. Polarización circular de la antena lectora

Fuente: (FQ Ingeniería Electrónica, 2016)

El patrón de radiación en este tipo de antena según la ficha técnica, se caracteriza por poseer un ancho de haz de $60^\circ/60^\circ$ (Figura 3.4), este patrón de radiación la hace ideal para las aplicaciones de control de inventario de libros en tiempo real y para seguridad que permite la lectura a través de puertas y pasillos en caso de ser necesario.

Patrón de radiación:

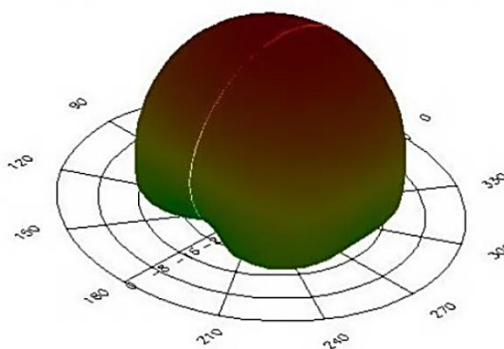


Figura. 3.4. Patrón de radiación circular 3D

Fuente: (Tag Ingenieros, 2018)

En la Tabla 3.1, se muestran los parámetros y especificaciones técnicas de la antena lectora RFID, descritas por su proveedor:

Tabla. 3.1 Parámetros técnicos del lector RFID en UHF

Temperatura de almacenamiento	-25 D5 +80 grados
Interface	RS232, RS485, Wiegand26
Indicador	Buzzer
Fuente de alimentación	+DC 9V
Rango de frecuencia	902-928 MHz
Protocolos	ISO18000-6B, ISO18000-6C
Modo de trabajo	Saltos FHSS y frecuencia fija.
Potencia de RF	0~30dBm, ajustable
Antena	Antena de polarización circular de 8dBi
Rango de lectura	5 a 7 metros, dependiendo el <i>tag</i> y el entorno.
Velocidad de transmisión	9600 baudios

Fuente: (China.cn, 2019)

En la tabla 3.2 se muestra las interfaces de conexión de la antena lectora según descripción del equipo:

Tabla. 3.2. Interfaces de conexión del lector RFID

Color	Descripción
Rojo	+12V
Negro	GND
Café	485A+
Naranja	485B-
Amarillo	WG Data 0
Gris	WG Data 1
Morado	232 RXD
Blanco	232 TXD
Negro	GND

Fuente: El autor

- **Lector / escritor UHF de tags RFID para escritorio**

Es un dispositivo programador RFID para UHF, compacto y portátil, este dispositivo fue seleccionado pues es el encargado de identificar como de escribir datos en etiquetas a corta distancia para administrar la codificación rápida de etiquetas, en este caso útil para condiciones de espacios interiores como son las bibliotecas (Figura 3.5).

El escritor opera en un rango de frecuencia de 902MHz a 928MHz diseñado para leer la etiqueta de identificación según el protocolo ISO18000-6C e ISO18000-6B, posee un rango de lectura de hasta 50 cm y para escritura de hasta 20 cm.



Figura. 3.5. Lector y escritor RFID UHF portátil

Fuente: (Ebay, 2018 b)

La Tabla 3.3, muestra las especificaciones técnicas del dispositivo de lectura y escritura se describen a continuación:

Tabla. 3.3. Especificaciones técnicas del lector/escritor portátil RFID

Frecuencia de trabajo	860-960 MHz
Modo de trabajo	Saltando FHSS o fijo
Protocolo	ISO18000-6C / EPC Gen2, ISO18000-6B
Potencia de transmisión	0 a 12 dBm ajustable
Modo de antena	Antena pequeña de Tx /Rx de polarización circular incorporada
Rango de lectura	50 cm max.
Rango de escritura	20 cm max.
Interfaz de datos	USB para fuente de alimentación y lectura y escritura
Indicador de lectura	LED y zumbador
Fuente de alimentación	+ 5V DC
Tamaño	142 mm x 85 mm x 20 mm
Peso	0.3KG

Fuente: (Shenzhen Ruifan Electronics Co., Ltd., 2019)

- **Etiquetas o tags RFID**

Para la ejecución del presente proyecto se utilizarán etiquetas adhesivas pasivas las cuales estarán colocadas en cada uno de los textos a emplearse como ejemplos de material bibliotecario, se eligió estos *tags* pues presentan la característica de ser flexibles, delgados, posee un circuito RFID integrado, una antena impresa sobre una capa aislante, la cual trabaja bajo la frecuencia (UHF) requerida del sistema, siendo compatible con el resto de elementos (Figura 3.6).

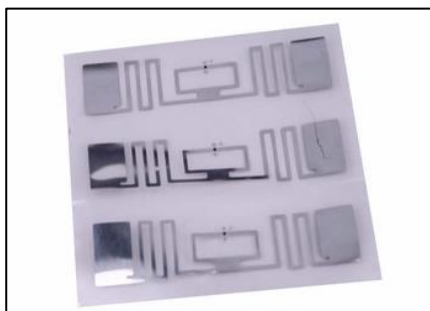


Figura. 3.6. Tags RFID UHF pasivas

Fuente: (Alibaba.com, 2019)

Las etiquetas se alimentarán de la energía emitida por ondas electromagnéticas generada por las antenas lectoras, las cuales serán captadas por la antena impresa de material conductor que trabaja en frecuencias de 840~960Mhz (UHF), de esta forma se energizará el circuito integrado para que emita una señal de retorno con la información correspondiente a cada libro.

En la Tabla 3.4 se muestran a continuación las especificaciones técnicas de las etiquetas RFID:

Tabla. 3.4. Especificaciones técnicas de las etiquetas RFID

Tamaño:	73x17mm
Protocolo:	EPC C1GEN2 / ISO18000-6C
Frecuencia:	840 ~ 960Mhz
Chip integrado:	Monza R6
Memoria EPC	Hasta 96 bits
Memoria TID	Número de serie de 48 bits único
Velocidad de escritura de memoria:	1.6 ms para 32 bits.
Distancia de lectura:	1 a 7 metros según el lector

Fuente: (ZSF, 2019)

Según la ficha técnica (anexo 6), el chip de identificación RFID UHF Monza R6 está integrado en los *tags* a emplearse, en este se encuentran las memorias EPC (Código Electrónico de Producto) de hasta 96 bits y la memoria TID el cuales es un único número de identificación el cual no se puede modificar. Monza R6 no tiene contraseñas programables por el usuario, la distribución de la memoria se describe en la Tabla 3.5:

Tabla. 3.5. Organización de la memoria Monza R6

Sección de memoria	Descripción
Usuario	Ninguno
TID (no modificable)	- Número de serie: 48 bits - Encabezado TID extendido: 16 bits - Número de modelo: 32 bits
EPC	Hasta 96 bits
Reservado	- AutoTune Desactivar y leer - Matar contraseña - Ninguno - Contraseña de acceso - Ninguna

Fuente: El autor, anexo 6

- **Arduino UNO R3 /ATmega 328P**

Este micro controlador será utilizado para realizar las conexiones con las antenas lectoras RFID en este dispositivo se programara bajo el software libre de Arduino para realizar las lecturas de los *tags*, se utilizara este dispositivo por ser de código abierto y por su bajo costo en relación a un modulador más complejo. Para comunicarse con la PC de manera inalámbrica se utilizara el micro ESP 8266 versión ESP 12F que estará conectado al Arduino.

En la Tabla 3.6 se describen las especificaciones técnicas (anexo 4) más relevantes del microcontrolador Arduino Uno R3:

Tabla. 3.6. Especificaciones técnicas Arduino Uno R3

Microcontrolador:	ATmega328P
Voltaje Operativo:	5V
Voltaje de Entrada:	7-12V
Voltaje de Entrada(límites):	6-20V
Pines digitales de Entrada/Salida:	14 (de los cuales 6 proporcionan una salida PWM)
Pines análogos de entrada:	6
Corriente DC por cada Pin Entrada/Salida:	20 mA
Corriente DC entregada en el Pin 3.3V:	60 mA
Memoria Flash:	32KB ATmega328P de los que 0,5 KB son utilizados por el gestor de arranque
SRAM:	2KB ATmega328P
EEPROM:	1KB ATmega328P
Clock Speed:	16 MHz
Dimensiones:	68,6 mm long. y 53,4 mm ancho.

Fuente: (Arduino, 2019)

Los pines de conexión para este dispositivo se muestran en la Figura 3.7:

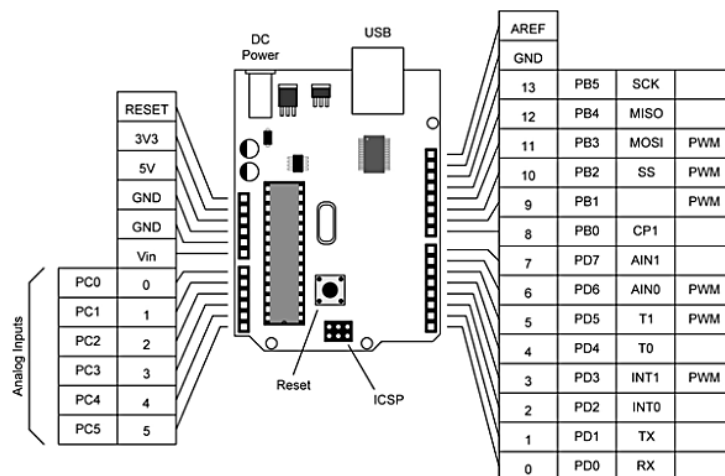


Figura. 3.7. Diagrama de pines Arduino Uno ATmega 328P

Fuente: (Infootec.net, 2018)

- **Módulo Wi-Fi ESP 12F**

Este módulo ha sido desarrollado por Ai-Thinker Technology cuenta con el procesador central ESP8266 integrado con un procesador Tensilica de 32 bits, interfaces periféricas digitales estándar, interruptores de antena, balun RF, amplificador de potencia, amplificador de recepción de bajo ruido, filtros y módulos de administración de energía. Los pines de conexión se muestran a continuación (Figura3.8):

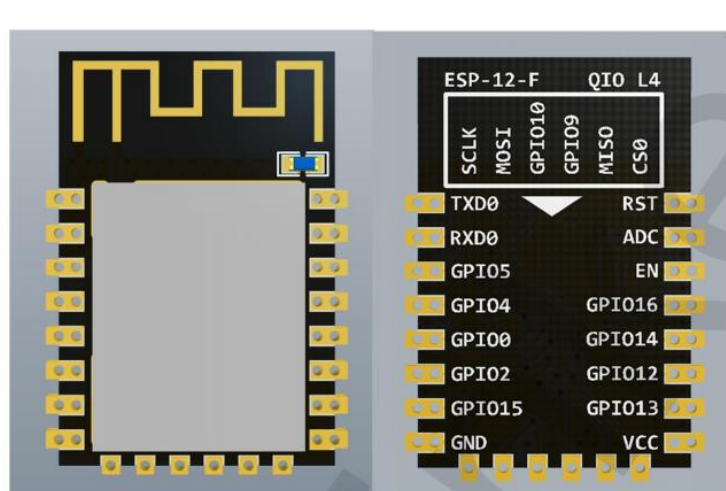


Figura. 3.8. Diagrama de pines del módulo ESP 12F

Fuente: (Eelectronilab, 2019)

La Tabla 3.7 muestra ciertas especificaciones técnicas (anexo 5) del módulo ESP 12F:

Tabla. 3.7. Especificaciones Módulo Wi-Fi ESP 12F

Modelo de módulo	ESP-12F
Procesador	ESP8266
Tamaño	24 * 16 * 3 (\pm 0.2) mm
Certificación	FCC, CE, IC, REACH, RoHS
SPI Flash	32Mbit por defecto
Interfaz	UART / GPIO / ADC / PWM
Puerto IO	9
Rango de frecuencia	2412 ~ 2484MHz
Antena	Antena PCB
Potencia de transmisión	802.11b: 16 ± 2 dBm (@ 11Mbps) 802.11g: 14 ± 2 dBm (@ 54Mbps) 802.11n: 13 ± 2 dBm (@ HT20, MCS7)
Sensibilidad de recepción	CCK, 1 Mbps: -90dBm CCK, 11 Mbps: -85dBm 6 Mbps (1/2 BPSK): -88dBm 54 Mbps (3/4 64-QAM): -70dBm HT20, MCS7 (65 Mbps, 72.2 Mbps): -67dBm
Seguridad	WEP / WPA-PSK / WPA2-PSK
Fuente de alimentación	3.0V ~ 3.6V, típico 3.3V Corriente > 500mA

Fuente: (Eelectronilab, 2019)

- **Computador**

Para el monitoreo y control del sistema se deberá contar con una PC la cual deberá presentar características mínimas para el correcto funcionamiento del sistema RFID, las características mínimas que deberá poseer el computador son: un procesador Pentium IV, sistema operativo Windows XP o superior y memoria RAM de 1 GB o superior.

- **Software de Programación**

Para la integración de los equipos del sistema se utilizará un software de control, mediante el cual se monitoreará el inventario de libros, registro, préstamo y devolución de libros en una biblioteca, se requerirán programas de desarrollo como el software libre de Arduino IDE con el apoyo de librerías, Así mismo para el desarrollo web y de interfaz gráfica se utilizara el software Sublime Text versión 3.1.1 para 64 bits, programa que

utiliza lenguajes HTML, CSS, Java Script, PHP y MYSQL.

Tanto las antenas como el lector de escritorio poseen un software demo facilitado por los proveedores para la ejecución de funcionamiento y uso de los equipos.

- **Torre de señal visual y sonora**

Este dispositivo servirá como un indicador para verificación de estado, que se utilizará para dar la señal de alerta en caso de un robo o salida de textos sin autorización activando la alarma y alarma que alerte a los responsables de la biblioteca y activará una luz verde en caso de haber realizado el registro correspondiente para llevarse el libro sin problema. Otra de sus funciones es dar una alarma de aviso para generación de multas en caso de haber excedido el tiempo de entrega del libro (Figura 3.9).



Figura. 3.9. Torre de señal visual y sonora

Fuente: (Ebay, 2018 d)

Esta es una lámpara LED de alta calidad., alto brillo, larga vida útil y de fácil instalación, fabricado con material de policarbonato PPC, la cubierta exterior es firme y resistente, cuenta con un dispositivo de alerta sonora de alta potencia, que irá ubicada en conjunto con la antena lectora de la salida para indicar los estados en los que se encuentra el libro, en la Tabla 3.8 se describen las especificaciones de la torre de luz:

Tabla. 3.8. Especificaciones técnicas Lámpara led

Voltaje:	DC 12 V
Color:	Rojo, Amarillo, Verde
Potencia:	9 W
Alarma	Buzzer

Fuente: (OIC, 2019)

3.5. Diseño de la propuesta

El diseño del proyecto sirve para mostrar los procesos sistemáticos y componentes necesarios previos a su elaboración, con el cual se propone una solución que de cumplimiento a los requerimientos planteados en los objetivos del proyecto.

- **Diseño de placas electrónica**

El diseño para la elaboración de las placas permitirá la conexión integral de cada uno de los componentes del proyecto con la placa de Arduino Uno y realizará las siguientes funciones:

- Conexión de pines de comunicación de la antena lectora
- Realizará la regulación y distribución de voltajes para la placa Arduino (5v), antena lectora (12v), lámpara luminosa (12v en placa “A”) y para el módulo Wi-Fi ESP 12F (3,3v).
- Para la placa “A” de conexión con antena de la salida y la lámpara indicadora de estado se utilizaran 4 relays de 12 v, un diodo de protección y un transistor de activación del relay, cada una para encender la luz roja, luz verde, luz naranja y la alarma de seguridad.

Para realizar el diseño esquemático de las placas previo a la impresión del circuito electrónico se utilizó el software libre KiCad v5.0.2., los procesos realizados de describen a continuación:

- **Diseño esquemático del circuito electrónico**

El diseño realizado mostrará los componentes y circuitos de conexión electrónico que permitirá integrar los componentes e imprimir las placas, para este proyecto serán 2 circuitos, uno para cada antena lectora, con la diferencia que una de las antenas contará con la conexión a la torre de luz para colocarla a la salida, mientras que la otra será de escritorio, por esa razón una de las placas no tendrá se suprimirá la función de la torre de luz (anexo 8).

El diseño esquemático del circuito para alimentación de la placa a 12V y 3A se muestra en la Figura 3.10:

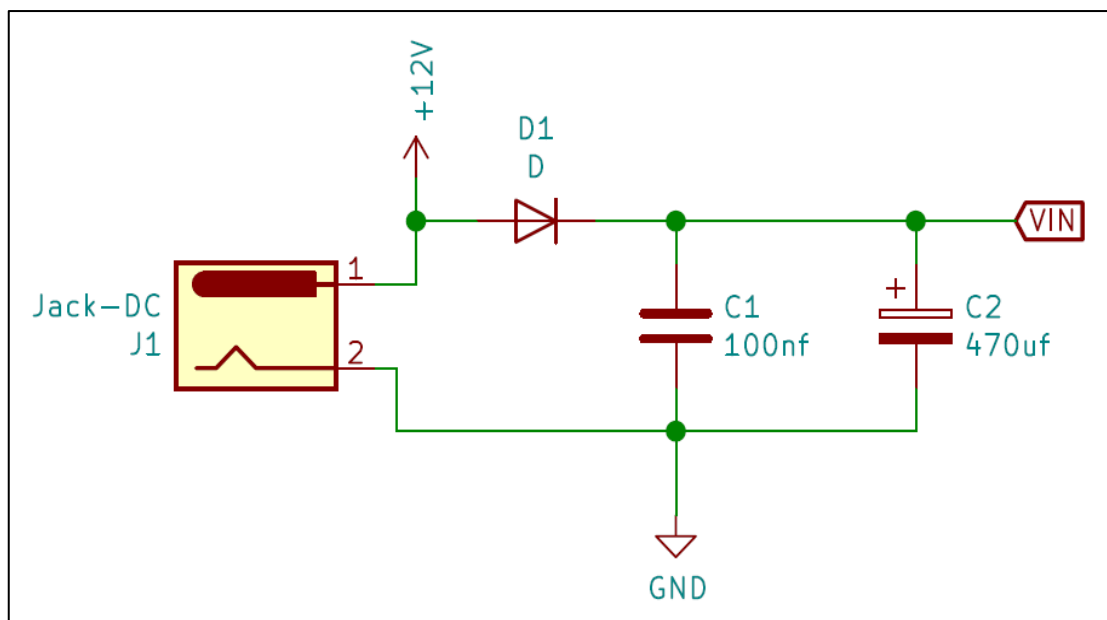


Figura. 3.10. Esquema de circuito para alimentación de la placa a 12V y 3A.

En el circuito de la figura 4.18 se muestra el circuito y componentes que suministrarán energía a la placa, cuenta con un pin de carga Jack de fuente para placa y pasa a través de un diodo de protección para lograr el voltaje de alimentación VIN para alimentación del Arduino y los 12V para el resto de componentes.

El circuito de la Figura 3.11 muestra el regulador de voltaje a 3v tomando los 5v del Arduino y permite la conexión del módulo Wi-Fi ESP 12F.

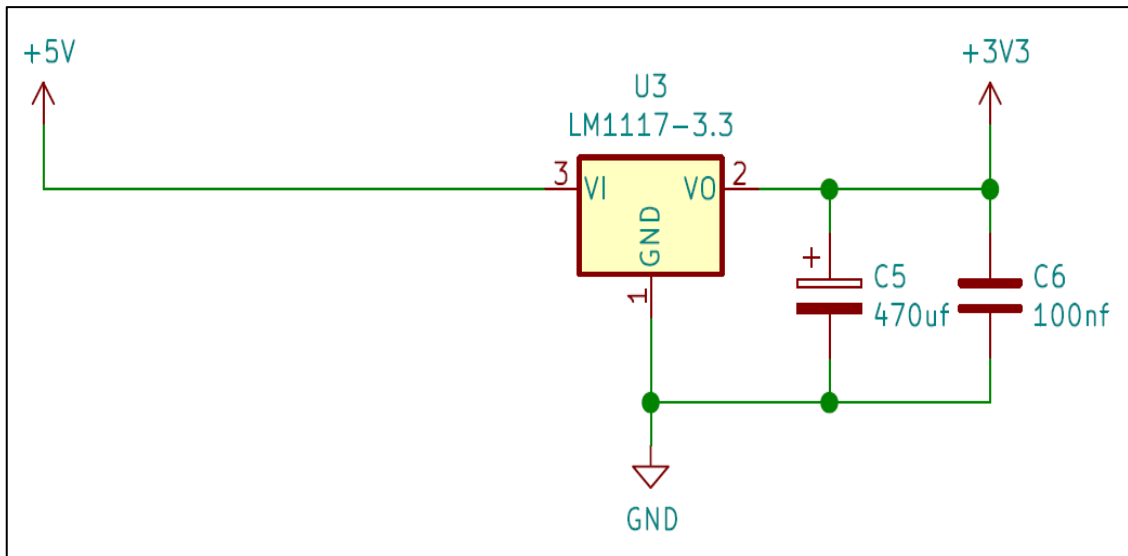


Figura. 3.11. Esquema de circuito para regular voltaje

En la Figura 3.12 se muestra el diagrama de conexiones del módulo Wi-Fi ESP 12F el cual se alimenta del regulador de voltaje circuito de la figura 4.19.

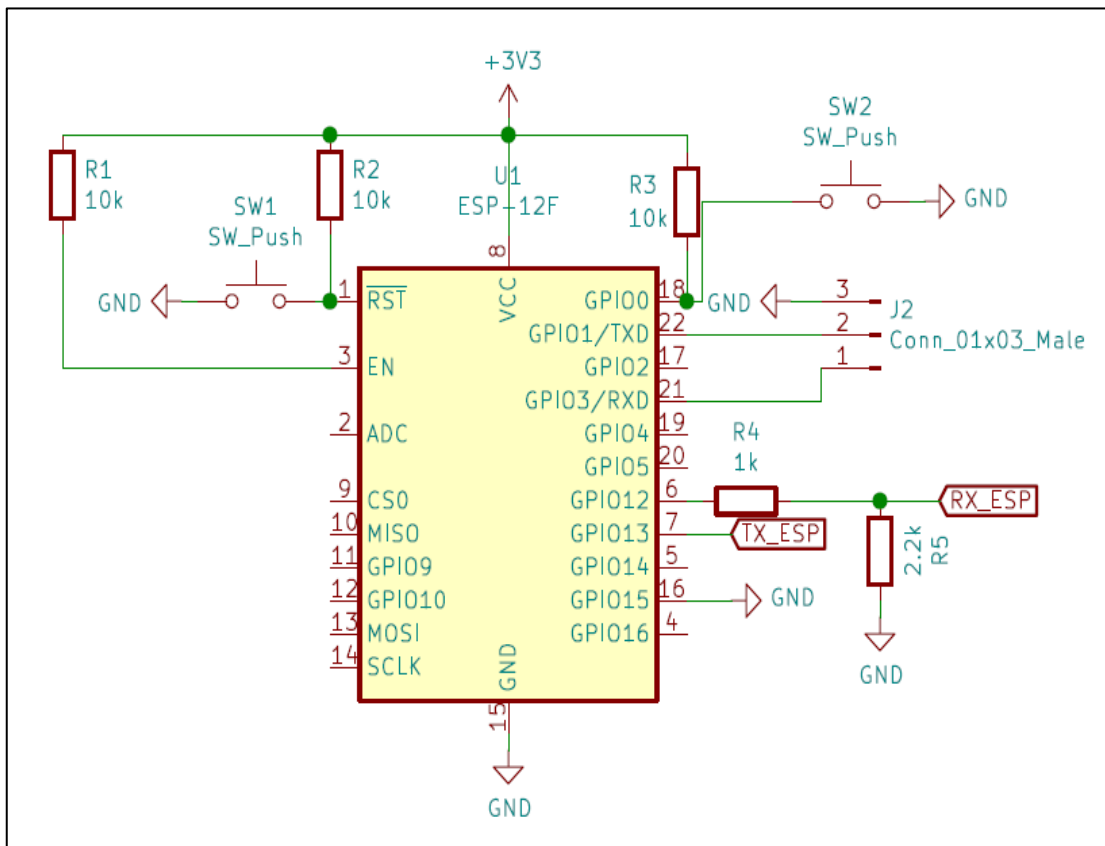


Figura. 3.12. Esquema de circuito para módulo Wi-Fi ESP 12F

En la Figura 3.13 se muestra el diagrama de conexión entre de la placa Arduino y la lámpara de leds con alarma, la cual incluye los 4 relays de 12v, con un transistor de activación y diodo de protección para los transistores los cuales permitirán el paso del GND para activar cada luz de acuerdo a las funciones programadas.

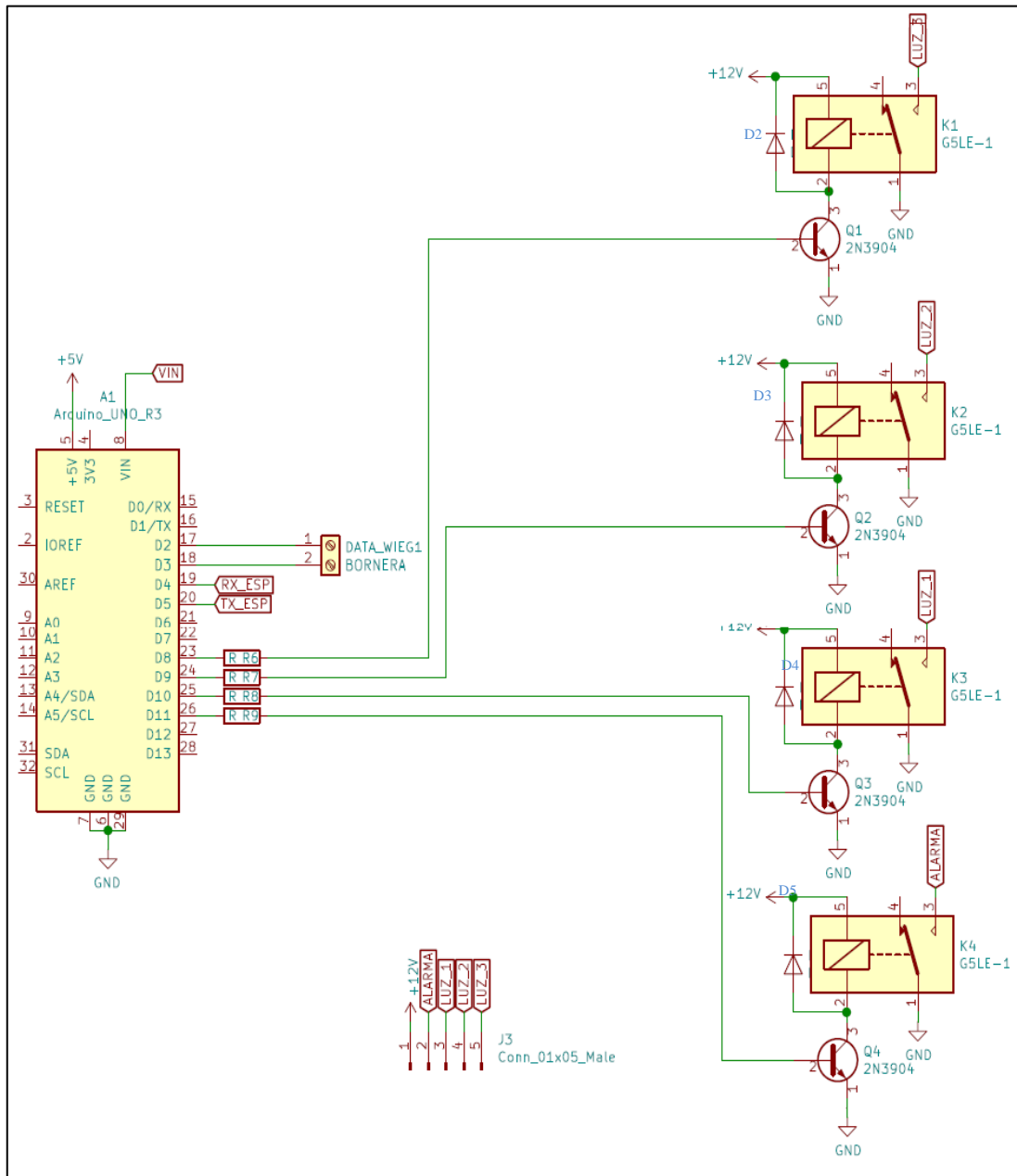


Figura. 3.13. Esquema de circuito del Arduino y lámpara luminosa de estados.

El diagrama de conexión de la lámpara luminosa y sonora, para alerta de estados que se encontrará ubicada a la salida se muestra en la Figura 3.14:

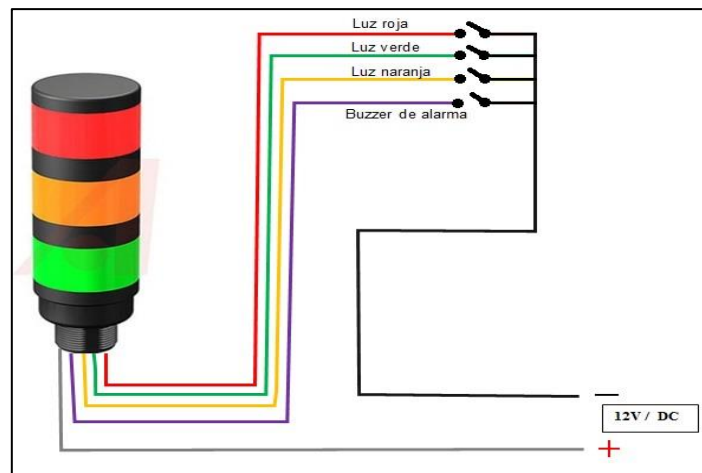


Figura. 3.14. Esquema de conexiones para lámpara luminosa auditiva

- **Diseño digital de placas**

La simulación del diseño de la placa terminada se muestra en la Figura 3.15:

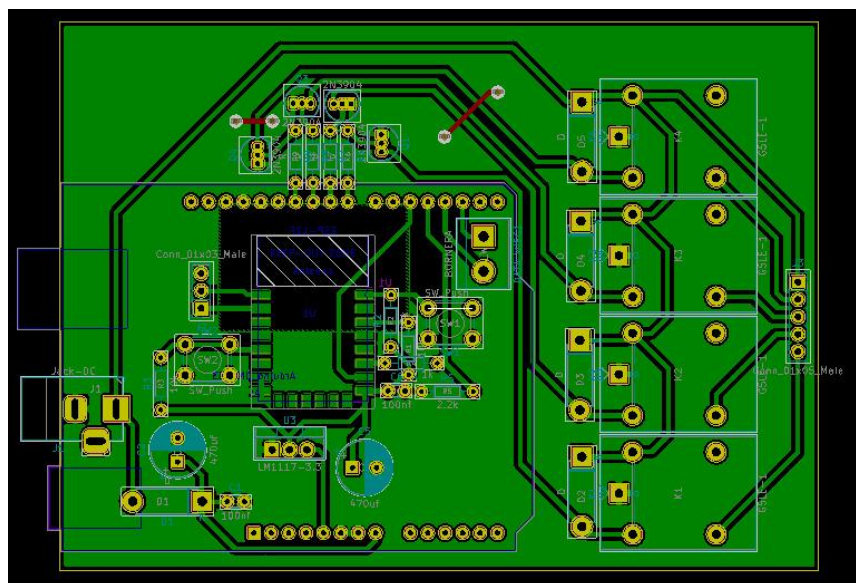


Figura. 3.15. Diseño digital de la placa

- **Diagramas de flujo del sistema**

Con la ayuda de los diagramas de flujo se podrá tener una idea mas clara en cuanto al funcionamiento y procesos que realizará el sistema cuando haya sido puesto en marcha, en los diagramas realizados se muestra el proceso de “préstamo” y “devolución de libros”

El diagrama de flujos que deberá realizar el usuario como el operario del sistema para la “Prestar un libro” se muestra en la Figura 3.16:

- Diagrama para “PRÉSTAMO” de libros

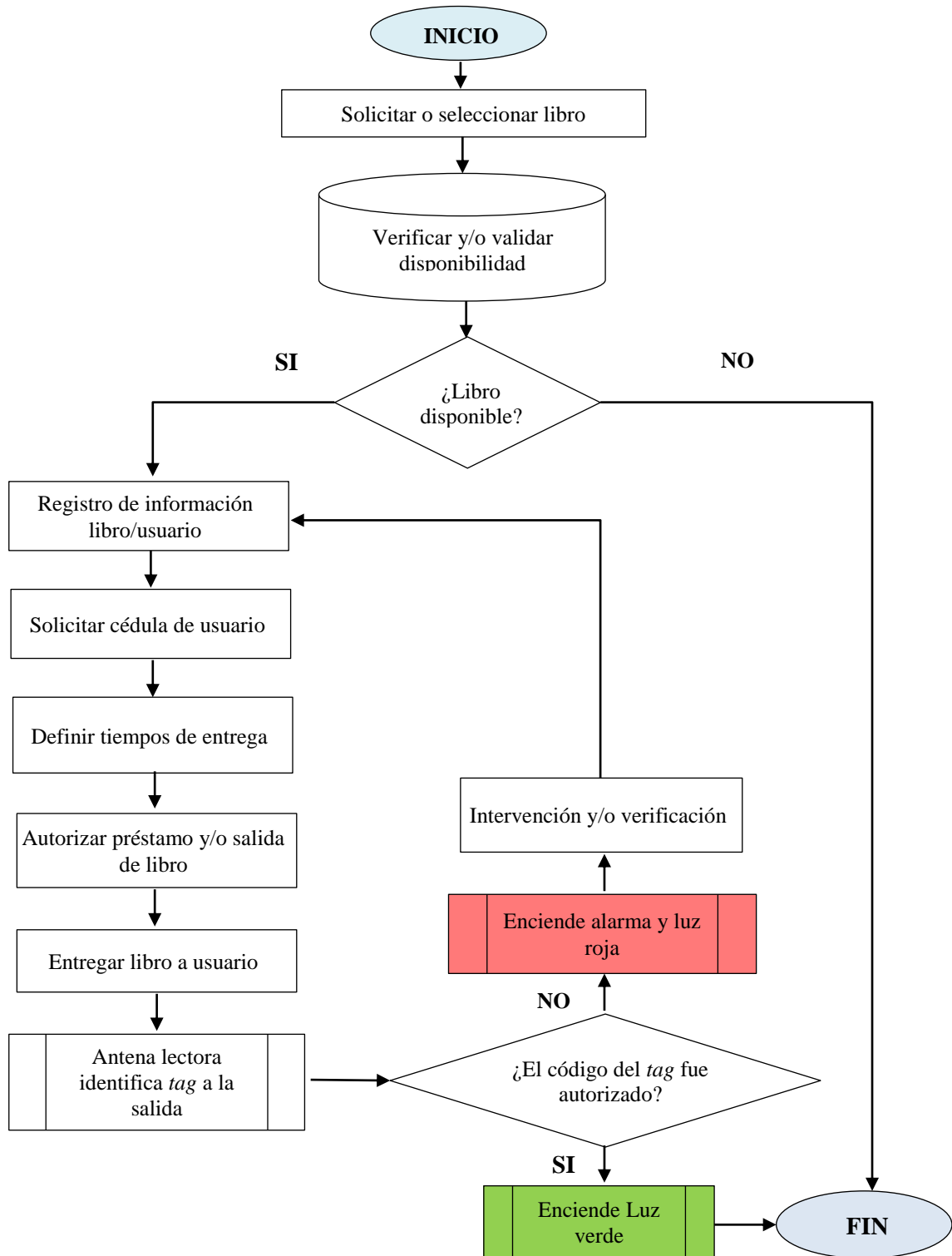


Figura. 3.16. Diagrama para préstamo de libros

Cuando un usuario vaya a una biblioteca a devolver un libro el sistema de control de la entrada dará lectura del *tag* para identificarlo y verificar si esta dentro de los límites definidos de entrega, en caso de no estarlo activara una luz naranja, para proceder a sancionar o multar dependiendo de las políticas de la biblioteca (Figura 3.17.)

- Diagrama para “DEVOLVER” un libro



Figura. 3.17. Diagrama para devolver libros

3.6. Factibilidad de la propuesta

Este estudio servirá como instrumento de orientación al momento de tomar decisiones, ya que permitirá evaluar la posibilidad de éxito o fracaso del proyecto analizando la existencia de recursos de tipo técnico, económico y operacional, para de esta forma determinar si se procede o no con la implementación del sistema.

- **Estudio Técnico**

Para la ejecución de este proyecto se cuenta con los instrumentos necesarios tanto de hardware como de software para la realización del proyecto, así como el soporte y asistencia de los proveedores.

El software que se utilizara para el control de inventario es indispensable para poder realizar el monitoreo y registro de material bibliográfico.

En otros países la aplicación de este tipo de tecnología RFID ha brindado una gran cantidad de datos, información así como herramientas necesarias relacionadas al uso y aplicación para este tipo de sistemas.

La tecnología RFID brinda una serie de beneficios mostrándose como la mejor alternativa en relación a métodos de sistemas de identificación y seguridad tradicional, tales como el popular código de barra o sistemas de vigilancia EAS.

- **Cálculo de Presupuesto de enlace (*Link Budget*)**

El cálculo de presupuesto de enlace muestra la metodología que permite calcular el rango de interrogación de enlace directo e inverso entre los lectores y los *tags* RFID, mediante este cálculo de presupuesto se pueden determinar:

- Las ganancias y pérdidas desde el transmisor hasta el receptor y viceversa, lo cual es fundamental para el correcto funcionamiento sistema.
- Al estimar estos valores de pérdidas/ganancias de un radioenlace, se determinara si el diseño es adecuado y si la elección de los equipos es correcta.

- **Explicación del cálculo**

En un enlace de RFID UHF la transmisión de datos de las etiquetas al lector se realiza reflejando la energía de la onda de retorno al lector. Por lo tanto, un enlace RFID es *half duplex*: lector a etiqueta y luego etiquetar al lector (Figura 3.18), esto quiere decir que los enlaces RFID se encuentran desequilibrados.

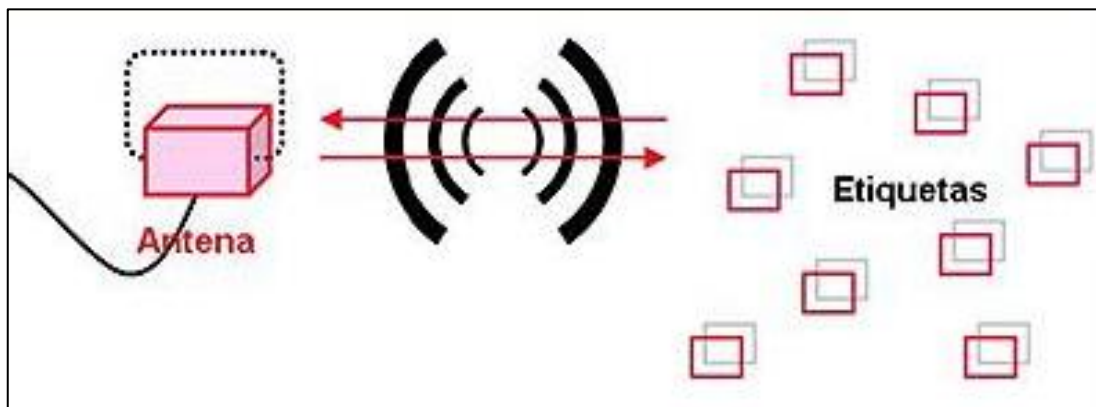


Figura. 3.18. Comunicación half dúplex en RFID

Fuente: (NOVAC, 2016)

Lo cual indica que el cálculo del enlace inverso (reverse link) va directamente relacionado en proporción con el cálculo del enlace directo (forward link), ya que la potencia de transmisión de la etiqueta depende de la potencia de transmisión de la antena lectora (Yoon, 2008).

Las características para un enlace RFID se pueden calcular fácilmente utilizando el concepto de presupuesto de enlace (Link Budget), siendo una herramienta útil al momento de diseñar un sistema de comunicación inalámbrica y determinar la cobertura de la antena.

- **Cálculo del presupuesto de enlace directo (*Forward link*)**

Para calcular el enlace directo y determinar la potencia recibida por la etiqueta RFID (P_{RX}) se aplica la siguiente ecuación de Friis para la propagación de onda electromagnética en el espacio libre:

$$P_{Rx}(dB) = P_{TX} + G_{TX} + G_{Rx} + 20 \log_{10} \left(\frac{\lambda}{4\pi D_r} \right) \quad (\text{Ecuación 1})$$

Dónde:

P_{Rx} = La potencia recibida por la etiqueta RFID

P_{TX} = Potencia del Transmisor del lector

G_{TX} = Ganancia de la antena de la etiqueta

G_{RX} = Ganancia de la antena lectora

λ = Longitud de onda en el espacio libre

D_r = La distancia operativa entre una etiqueta RFID y el lector

Calculo:

P_{TX} = 25dBm (valor ajustado mediante software de antena)

G_{TX} = 2dBi, (valor promedio en modelos comerciales de etiquetas)

G_{RX} = 8dbi (según especificación técnica de antena)

D_r = Variable según a las necesidades o áreas de cobertura a requerir.

Importante: De acuerdo a las condiciones definidas en las reglas de la Parte 15 de la FCC, sección 15.247 (RFID 4u, 2016), dado que Ecuador se ubica en la Zona 2 de la ITU (*International Telecommunication Union*) utiliza la banda de 902–928 MHz para RFID (ARCOTEL, 2018), se determinó que la potencia efectiva radiada EIRP (*Effective Isotropic Radiated Power*) debe ser de máximo 4W o 36 dBm para antena direccional.

$$\mathbf{EIRP} = G_{RX} \text{ (dBi)} + P_{TX} \text{ (dBm)} - L_c \text{ (dB)} \quad (\text{Ecuación 2})$$

$$\mathbf{EIRP} = 8 \text{ (dBi)} + 25 \text{ (dBm)} - 0 \text{ (dB)}$$

$$\mathbf{EIRP} = \underline{33 \text{ dBm}} \checkmark$$

De acuerdo a los valores definidos se determina que el valor de EIRP si cumple con los estándares requeridos.

Continuando se tiene que:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Dónde:

c= velocidad de la luz en el vacío = 300.000 Km/s

f= frecuencia media de la antena = 915 MHz

Entonces:

$$\lambda = \frac{300.000 \text{ Km/s}}{915 \text{ MHz}}$$

$$\lambda = 0,327 \text{ m}$$

Los valores restantes de la distancia (D_r) son variables en relación a la proximidad en la que se encuentre con respecto a la antena lectora, para su estudio se realizaron mediciones de 0,1 m hasta los 3 metros que se muestran en la Tabla 3.9:

Tabla. 3.9. Potencias de presupuesto de enlace directo

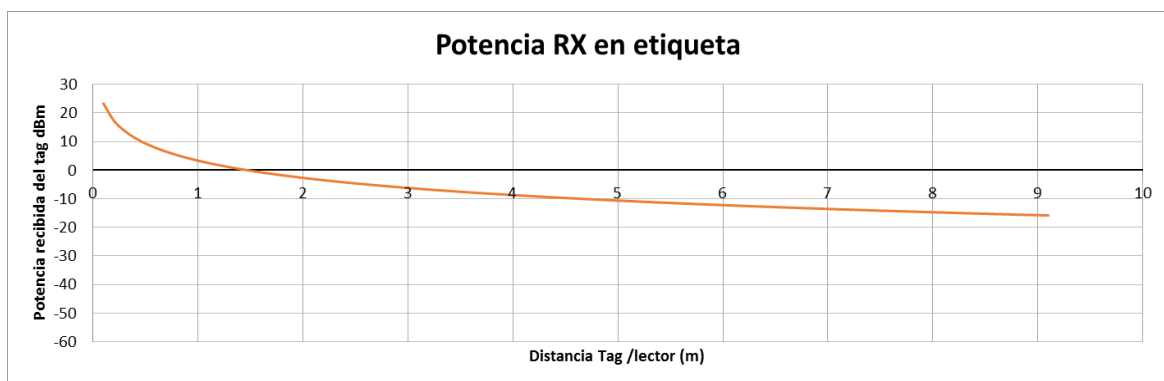
Distancias (Dr) metros	P_{RX} Tag (dBm)
0,1	23,32980593
0,2	17,30920602
0,3	13,78738084
0,4	11,28860611
0,5	9,350405846
0,6	7,766780925
0,7	6,427845132
0,8	5,268006193
0,9	4,244955744
1	3,329805933
1,1	2,501952229
1,2	1,746181012
1,3	1,050938886
1,4	0,407245219
1,5	-0,19201925
1,6	-0,75259372
1,7	-1,27917249
1,8	-1,77564417
1,9	-2,24526609

Tabla. 3.9. Potencias de presupuesto de enlace directo

2	-2,69079398
2,1	-3,11457996
2,2	-3,51864768
2,3	-3,90475079
2,4	-4,2744189
2,5	-4,62899424
2,6	-4,96966103
2,7	-5,29746935
2,8	-5,61335469
2,9	-5,91815403
3	-6,21261916
3,1	-6,49742794
3,2	-6,77319363
3,3	-7,04047286
3,4	-7,29977241
3,5	-7,55155495
3,6	-7,79624408
3,7	-8,03422855
3,8	-8,265866
3,9	-8,49148621

Fuente: El autor

A continuación en Figura 3.19 se muestra la gráfica generada para conocer las potencias en relación a las distancias de la etiqueta RFID:

**Figura. 3.19. Gráfica de potencias de recepción de la etiqueta**

Lo que permite entender que la potencia recibida por el *tag* es directamente proporcional con la distancia a la que se ubique de la antena lectora. Según Karthaus (2003), por su experiencia, se conoce que el nivel de potencia umbral requerido para encender una etiqueta varía de 10 uW (-20 dBm) a 50 uW (-13 dBm).

- **Cálculo del presupuesto de enlace inverso (*Reverse link*)**

Para determinar el cálculo de presupuesto inverso en relación a la potencia de recepción en la antena lectora al retorno de la señal enviada por el *tag* se considera las potencias obtenidas en el enlace directo y se aplica la siguiente formula:

$$P_{Rx}(dB) = P_{tag} + G_{TX} + G_{Rx} - 20 \log\left(\frac{4\pi}{\lambda}\right) - 20 \log(d) \quad (\text{Ecuación 4})$$

Dónde:

P_{tag} = Potencias de recepción en la etiqueta obtenida en inversión directa.

G_{TX} = Ganancia de la antena de la etiqueta

G_{RX} = Ganancia de la antena lectora

λ = Longitud de onda en el espacio libre

d = La distancia operativa entre una etiqueta RFID y el lector

Los valores obtenidos aplicando la formula se muestran a continuación:

Tabla. 3.10. Potencias de presupuesto de enlace inverso

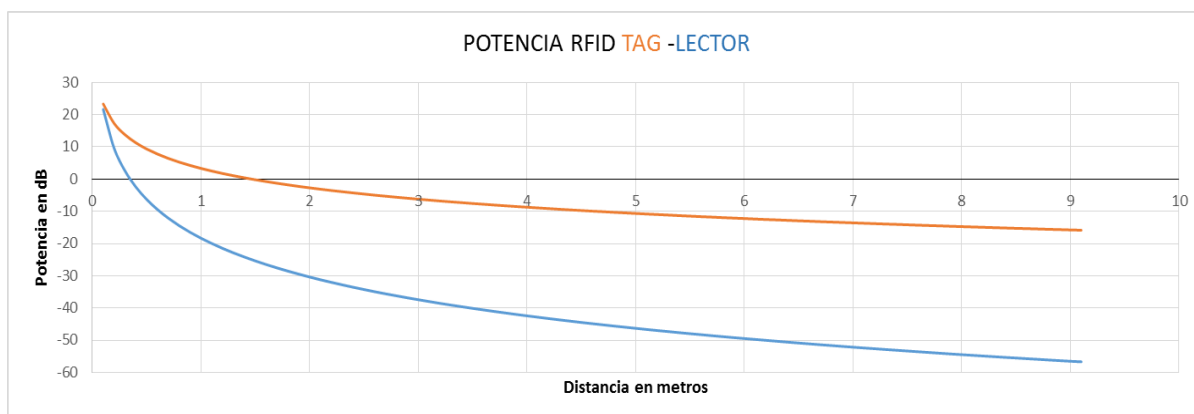
Distancia(r) en metros	PRX TAG (dBm)	PRX READER (dBm)
0,1	23,32980593	21,65961187
0,2	17,30920602	9,618412039
0,3	13,78738084	2,574761676
0,4	11,28860611	-2,422787788
0,5	9,350405846	-6,299188308
0,6	7,766780925	-9,46643815
0,7	6,427845132	-12,14430974
0,8	5,268006193	-14,46398761
0,9	4,244955744	-16,51008851
1	3,329805933	-18,34038813
1,1	2,501952229	-19,99609554
1,2	1,746181012	-21,50763798
1,3	1,050938886	-22,89812223
1,4	0,407245219	-24,18550956
1,5	-0,19201925	-25,3840385
1,6	-0,75259372	-26,50518744
1,7	-1,27917249	-27,55834499
1,8	-1,77564417	-28,55128834

Tabla. 3.10. Potencias de presupuesto de enlace inverso

1,9	-2,24526609	-29,49053217
2	-2,69079398	-30,38158796
2,1	-3,11457996	-31,22915992
2,2	-3,51864768	-32,03729537
2,3	-3,90475079	-32,80950158
2,4	-4,2744189	-33,5488378
2,5	-4,62899424	-34,25798848
2,6	-4,96966103	-34,93932205
2,7	-5,29746935	-35,5949387
2,8	-5,61335469	-36,22670939
2,9	-5,91815403	-36,83630805
3	-6,21261916	-37,42523832
3,1	-6,49742794	-37,99485589
3,2	-6,77319363	-38,54638727
3,3	-7,04047286	-39,08094573
3,4	-7,29977241	-39,59954482
3,5	-7,55155495	-40,10310991
3,6	-7,79624408	-40,59248817
3,7	-8,03422855	-41,0684571
3,8	-8,265866	-41,531732
3,9	-8,49148621	-41,98297242

Fuente: El autor

En la Figura 3.20 se muestra la grafica generada para conocer las potencias de recepción en la antena en el enlace inverso en relación a las potencias de enlace de presupuesto inverso:

**Figura. 3.20.** Gráfica de potencias de recepción tag y lector

En la Figura 3.20 se muestra el presupuesto de enlace del lector estacionario en relación con la distancia del lector de etiquetas. Como se puede apreciar los valores de potencia inversa son muchos menores que los valores en el enlace directo.

- **Estudio económico**

En la Tabla 3.11 se establecerán cantidad de equipos empleados y los costos correspondientes a cada uno de los elementos que forman parte del sistema tanto en hardware como en software y se los describe a continuación:

Tabla. 3.11. Costos de equipos a emplear en el sistema RFID

Cantidad	Equipo	Costo Unitario \$	Valor Total \$
HARDWARE IMPORTADO			
2	Antenas lectoras UHF RFID	200,00	400,00
1	Lector/escritor de <i>tags</i> RFID	120,00	120,00
10	<i>Tags</i> RFID	1,00	10,00
1	Torre de luz led	21,00	21,00
1	Costos de envío (EEUU-Ecuador), aranceles e impuestos	298,00	298,00
TOTAL			\$ 849,00
HARDWARE NACIONAL			
2	Micro ESP 8266 wi-fi	8,00	16,00
2	Arduino Uno R3	12,00	24,00
TOTAL			\$ 40,00
SOFTWARE			
1	Arduino IDE v.1.8.8	0,00	0,00
1	RFID Reader Demo v. 3.3.0.2	0,00	0,00
	UHF Discrecte R/W v. 1.12	0,00	0,00
1	Sublime Text v3.1.1	0,00	0,00
TOTAL			\$ 0,00
MANO DE OBRA			
1	Desarrollo de programación (software)	150,00	150,00
1	Implementación de sistema (Hardware)	120,00	120,00
TOTAL			\$ 270,00
VALOR TOTAL PROYECTO			\$ 1.159,00

Fuente: El autor

El tiempo empleado para la ejecución del proyecto es de aproximadamente dos meses desde la llegada de equipos importados, la instalación, programación del software, pruebas de funcionamiento y puesta en marcha del sistema.

3.7. Ventajas del sistema RFID en bibliotecas

El uso de un sistema RFID reduce la cantidad de tiempo requerido para realizar las operaciones de circulación. El ahorro de tiempo más significativo se debe al hecho de que la información de las etiquetas RFID se puede leer mucho más rápido que los códigos de barras pues se pueden leer varios al mismo tiempo, otra de las ventajas se la describe a continuación:

- Gestión de inventario simplificado
- Durabilidad de la vida de la etiqueta (10 años aprox.).
- Circulación de textos más rápida
- Reducción de lesiones laborales.
- Fácil verificación de stock
- Reducción de robos.
- Alto nivel de seguridad.
- Identificación fácil de anular.
- Retorno de libro temporizado
- Mejor seguimiento de artículos de alto valor.
- Reducir los errores humanos.
- Aplicación de tecnología de bajo costo.
- Clasificación automática de libros.
- Exactitud y eficiencia de la visibilidad del inventario.
- Las etiquetas RFID son muy fáciles de instalar.
- La tecnología RFID es mejor que los códigos de barras, ya que no se puede replicar fácilmente y, por lo tanto, aumenta la seguridad del producto.
- Las etiquetas RFID pueden almacenar datos.
- El indicador de estados facilitará el control de estados de libros.

3.8. Conclusión

Una vez realizado el estudio técnico y económico para el “desarrollo de un sistema para el control de inventario y seguridad de textos aplicando tecnología RFID en bibliotecas” se puede concluir que la ejecución del proyecto es viable por el hecho de los componentes

para hardware y software no representan problema en su adquisición y desarrollo, por ser de uso comercial. Existe una gran variedad de productos de diferente capacidad y costo según el campo de aplicación requerido

Cada uno de los componentes posee información indispensable en librerías de aplicación, soporte de proveedores y gran cantidad de material documental con relación a especificaciones técnicas y características de funcionamiento.

Para la adquisición de ciertos componentes de hardware resulta mucho mejor importarlos, pues en costos resulta mucho más conveniente que los presentados en nuestro país, el único problema sería la demora en el envío de los componentes, la cual puede llegar a ser de hasta dos meses a partir de la compra.

CAPÍTULO 4

4. IMPLEMENTACIÓN

En este capítulo se describirán los procesos de construcción del proyecto tanto del Hardware y Software que conforman el desarrollo del sistema para control de inventario y seguridad de textos aplicando tecnología RFID para bibliotecas.

Se realizará la implementación y la puesta en funcionamiento el sistema desarrollado aplicando criterios técnicos y teóricos para su ejecución, se mostrará la manera en la que el proyecto beneficiaria en la bibliotecas para mejora de sus procesos. También se realizaran las pruebas de funcionamiento pertinentes se sistema desarrollado y se analizaran los resultados obtenidos.

4.1. Pruebas de procesos electrónicos de hardware del proyecto

A continuación se describen cada una de las actividades realizadas para la implementación del hardware en el desarrollo del proyecto según el orden en el cual se elaboraron:

- **Selección de libros**

Como se había mencionado en la propuesta la cantidad de libros seleccionada es solamente para recrear el funcionamiento del sistema así que se seleccionaron únicamente diez (10) libros al azar, de diferentes contexturas y tamaños para la aplicación de etiquetas RFID, cada libro fue revisado y escaneado para realizar una tabla de las características e información que posee cada libro la cual servirá también para la creación de una base de datos, los libros se describen a continuación:

Tabla. 4.1. Libros ejemplares utilizados para el sistema RFID


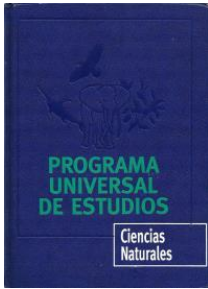
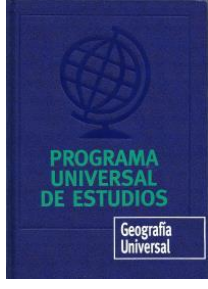

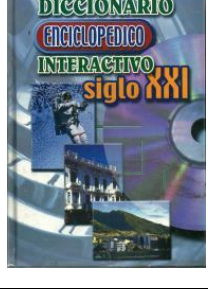
Portada	Nombre del libro	Autor	Cat.	Año	Editorial	# Págs.	Costo
	Matemáticas y Economía	Cultural S.A. (Programa universal de estudios)	Ciencias	2001	Edición MMV	328	\$ 25,00
	Ciencias Naturales	Cultural S.A. (Programa universal de estudios)	Ciencias	2001	Edición MMV	296	\$ 25,00
	Geografía Universal	Cultural S.A. (Programa universal de estudios)	Geografía	2001	Edición MMV	296	\$ 25,00
	Física y Química	Cultural S.A. (Programa universal de estudios)	Ciencias	2001	Edición MMV	296	\$ 25,00
	Diccionario Enciclopédico Interactivo siglo XXI	Cultural S.A. (Programa universal de estudios)	Enciclopedia	2001	Inmagrag	740	\$ 65,00

Tabla. 4.1. Libros ejemplares utilizados para el sistema RFID

	Enciclopedia Autodidáctica Océano Volumen 2	Grupo Editorial Océano	Enciclopedia	1987	Ediciones Océano	1128	\$ 65,00
	Contribuciones para el conocimiento geológico de la región volcánica del Ecuador.,	Martínez Holguín, Augusto. Tomo III	Geología	1994	Abya-Yala	446	\$ 27,00
	Eugenio Espejo Filósofo	Carlos E. Freile G.	Literatura	1997	Abya-Yala	393	\$ 30,00
	Amazonía, escenarios y conflictos	Lucy Ruiz M.	Literatura	1993	Cedime	812	\$ 32,00
	Doce cuentos peregrinos	Gabriel García Márquez	Literatura	2008	Norma S.A.	189	\$ 20,00

Fuente: El autor

- **Lectura y escritura de códigos en *tags* RFID**

Para dar un código único a cada libro y poder referenciarlo con exactitud se utilizó el lector / escritor de *tags* para grabar en su memoria un código decimal y poder crear un inventario mucho más preciso, para realizar esta actividad se utilizó el software “RFID Reader Demo v. 3.3.0.”, facilitado por el proveedor del producto.

Una vez ejecutado el programa RFIDDemo.exe se muestra la siguiente pantalla para proceder con la configuración de los *tags* Figura 4.1):

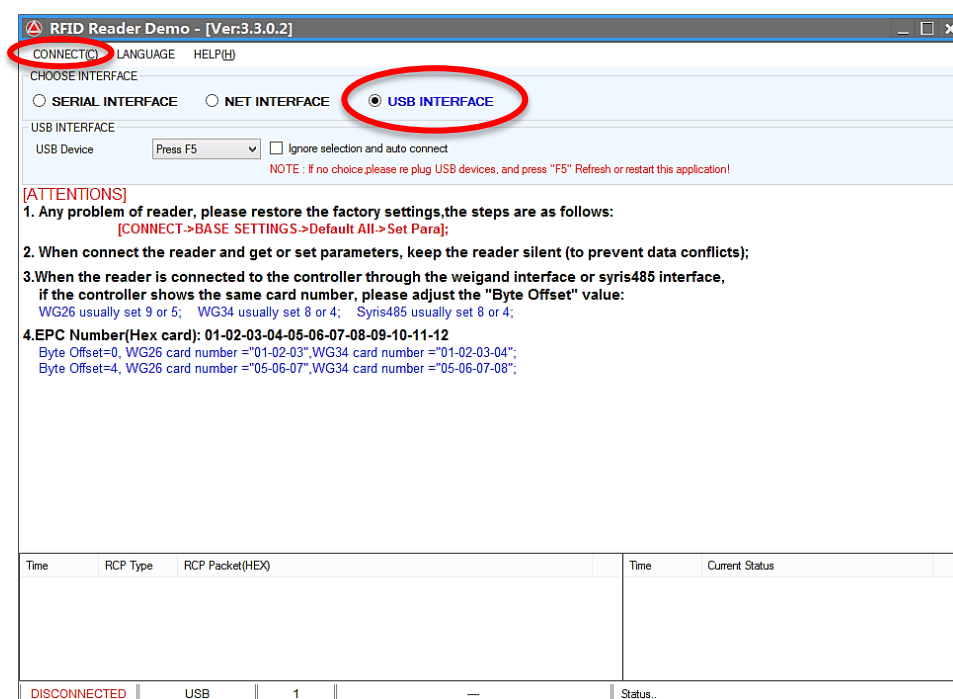


Figura. 4.1. Software de programación para *tags* RFID

En esta pantalla se deberá seleccionar el tipo de conexión que se realizará con el lector/escritor de *tags*, en este caso será por la interface USB mediante el cable incluido en el dispositivo, se conecta el equipo al computador y se enciende.

Una vez realizada la conexión se da clic en el botón de la pestaña superior izquierda que dice “CONECTAR”, esto permitirá reconocer el dispositivo para ponerlo en la barra de estado como “CONECTADO” y proceder con la configuración de las etiquetas RFID y mostrará la siguiente ventana (Figura 4.2):

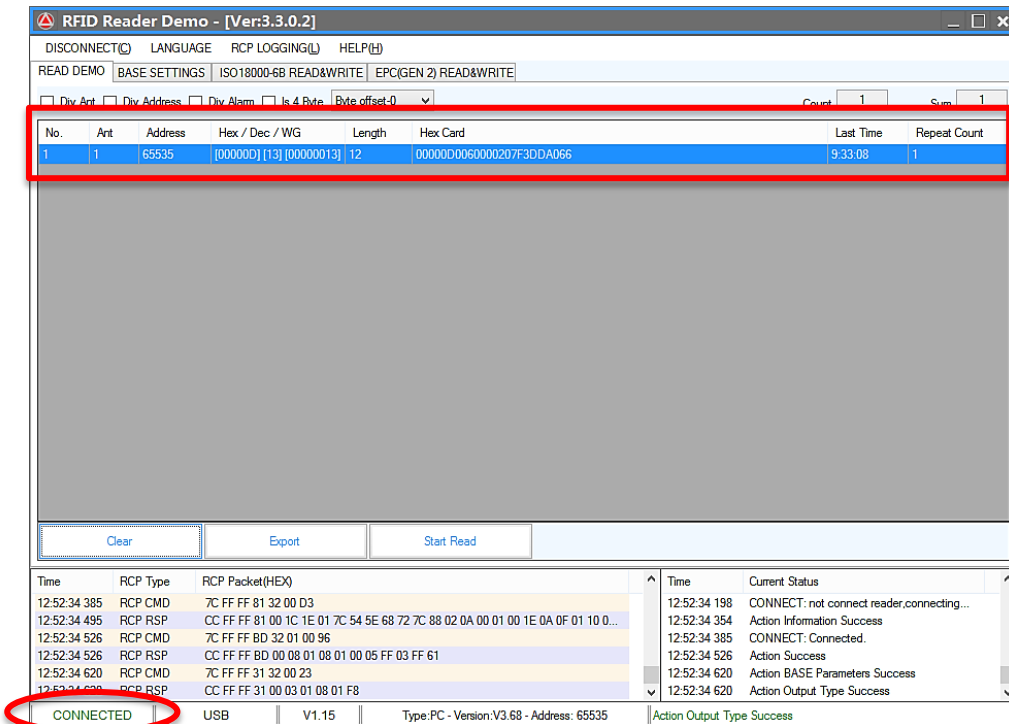


Figura. 4.2. Conexión de dispositivo lector/escritor de tags

Una vez conectado el dispositivo por defecto está configurado para lectura de *tags*, pues viene en modo de trabajo “activo” esto permitirá que la antena lea el código e identifique la etiqueta RFID acercando al lector a unos 5cm, la ventana muestra el código con el cual viene colocado por los fabricantes en la memoria EPC.

Posterior a esto se selecciona la pestaña de “AJUSTES BASE” para configurar las etiquetas y cambiar el modo de trabajo a “pasivo” lo cual permitirá que el dispositivo pase a modo de escritura y se selecciona el tipo de *tag* que se utiliza en este caso son los EPC (Gen2) y se presiona el botón “Set Para” para establecer la configuración (Figura 4.3).

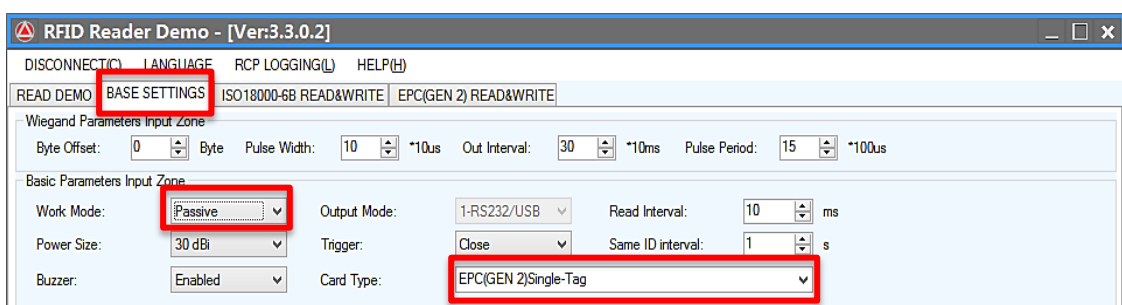


Figura. 4.3. Configuración a modo de escritura del dispositivo

Una vez establecida la configuración se selecciona la pestaña de “EPC (GEN2) READ/WRITE” y presionar “F8” cinco veces hasta que aparezca el cuadro de escritura en la parte inferior, ahí se coloca el número requerido de hasta 8 dígitos (3bits) en decimal o hexadecimal, se coloca el *tag* sobre el dispositivo y presionar en “Escribir etiqueta” hasta ver en la notificación en verde de “escritura de etiqueta exitosa” (Figura 4.4).

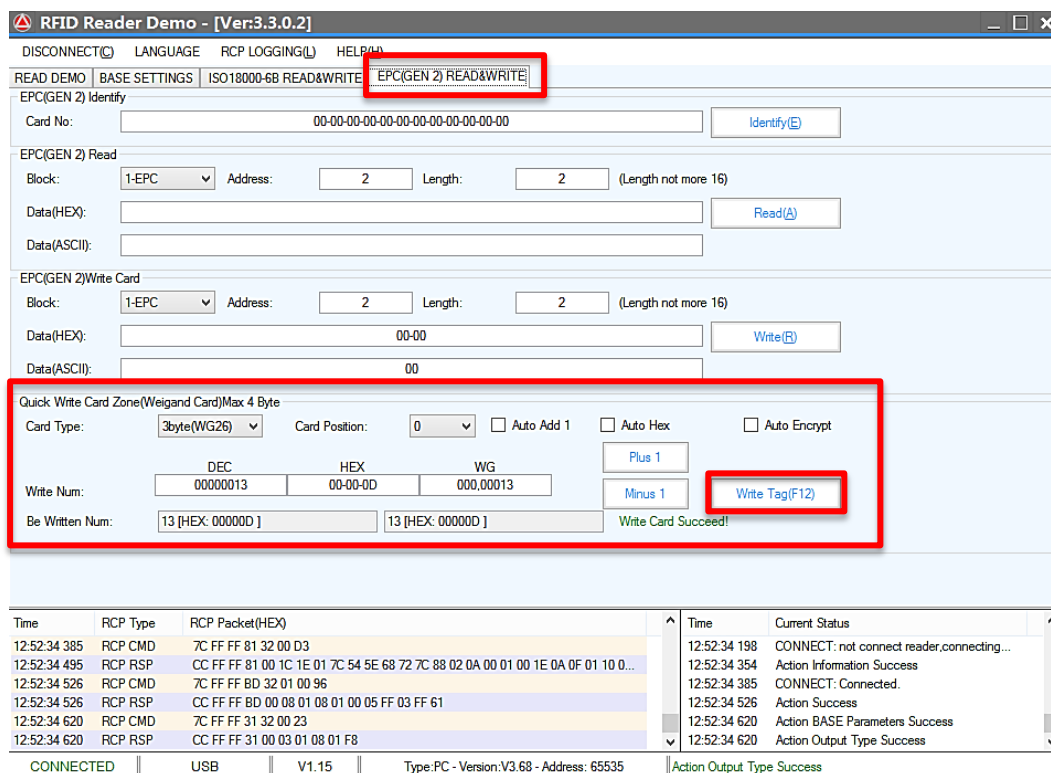


Figura. 4.4. Escritura de códigos en *tags*

Para comprobar la escritura del código en la etiqueta habrá que volver a configurar el software en modo “pasivo” y dar en la pestaña “READ DEMO” y verificar si el código de la etiqueta ha sido configurado, cada etiqueta se la puede configurar de forma individual o en múltiple según su requerimiento.

Los códigos colocados en los *tags* fueron realizados indistintamente con valores imaginarios para identificar a cada libro, los cuales podrán ser leídos por el monitor serie de Arduino para referenciar a los libros existentes de la base de datos.

- **Etiquetado de libros**

Posterior a la lectura del código de cada *tag* RFID se los deberá asignar a cada libro para proceder a colocarlos, con el objetivo de darles una identificación precisa y única, para etiquetar los libros se tomaron los siguientes parámetros:

- Determinar el lugar adecuado para colocar el *tag* RFID, descartando la superficie externa del libro para evitar que sean despegadas, robadas, golpeadas, rayadas o puedan generar daños al microchip interno del *tag*.
- Se utilizaron las antenas para realizar pruebas y evaluar si existe una receptividad adecuada de señal con la etiquetas.
- Los *tags* RFID se ubicaran en la parte interna del libro y dependiendo el tipo de empastado y composición del libro se colocaran en dos posiciones, ya sea en el lomo (posición “A”) o entre la cubierta y la guarda anterior del libro (Posición “B”), para mayor comprensión la Figura 4.5 detalla las partes de un libro:

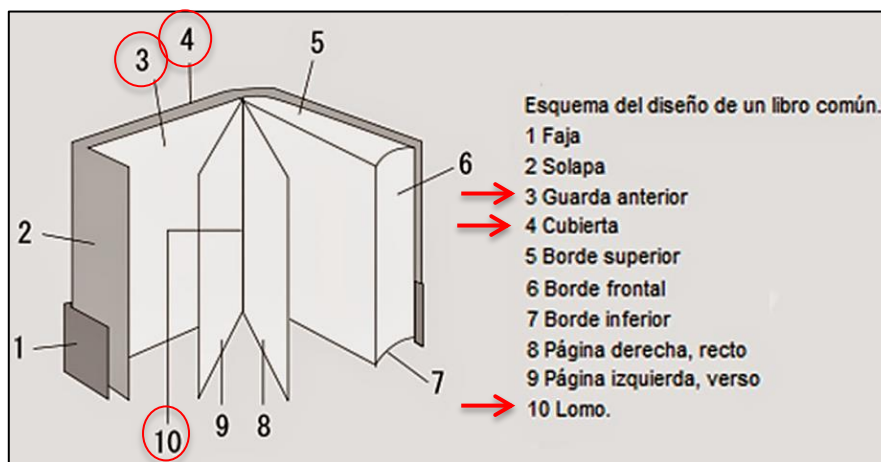


Figura. 4.5. Partes de un libro

Fuente: (DaTuOpinion.com, 2011)

A continuación en las Figuras 4.6 y 4.7 se muestra el proceso de colocación y la ubicación de los *tags* en algunos de los ejemplares a utilizar en el proyecto:



Figura. 4.6. Colocación de tag en posición “A”

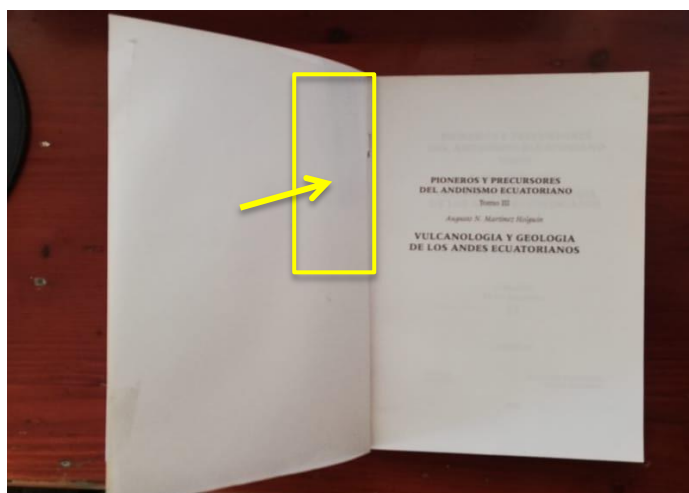


Figura. 4.7. Colocación de tag en posición “B”

- **Configuración de antenas lectoras**

Previo a la colocación de las antenas en el espacio determinado estas deberán ser configuradas en un computador utilizando el software determinado por los proveedores, en este caso el “UHF Discrecte R/W v. 1.12” con el cual se realizarán configuraciones generales y específicas de las antenas para su correcto funcionamiento, para lo cual se deberán realizar los siguientes pasos:

- Conectar la antena con la PC utilizando el puerto serial RS232, utilizar el cable adaptador Serial Db9 macho Rs232 a USB.
- Alimentar la antena con la fuente de 12V/3A en DC.

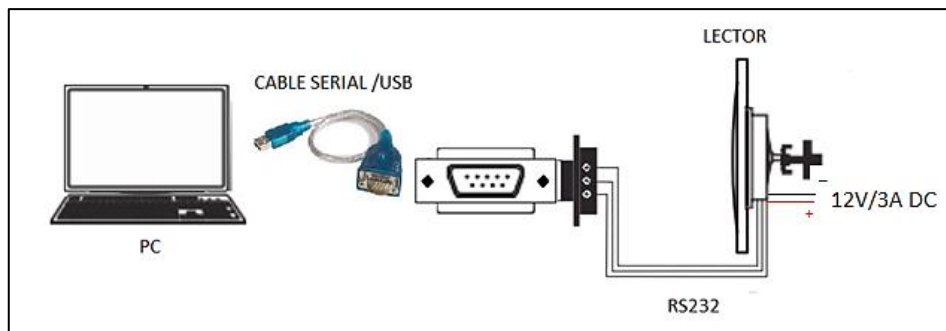


Figura. 4.8. Conexión de antena lectora al PC

Una vez ejecutado el software de la antena (DisDemo_En_V1.12.exe) aparece la siguiente ventana (Figura 4.9):

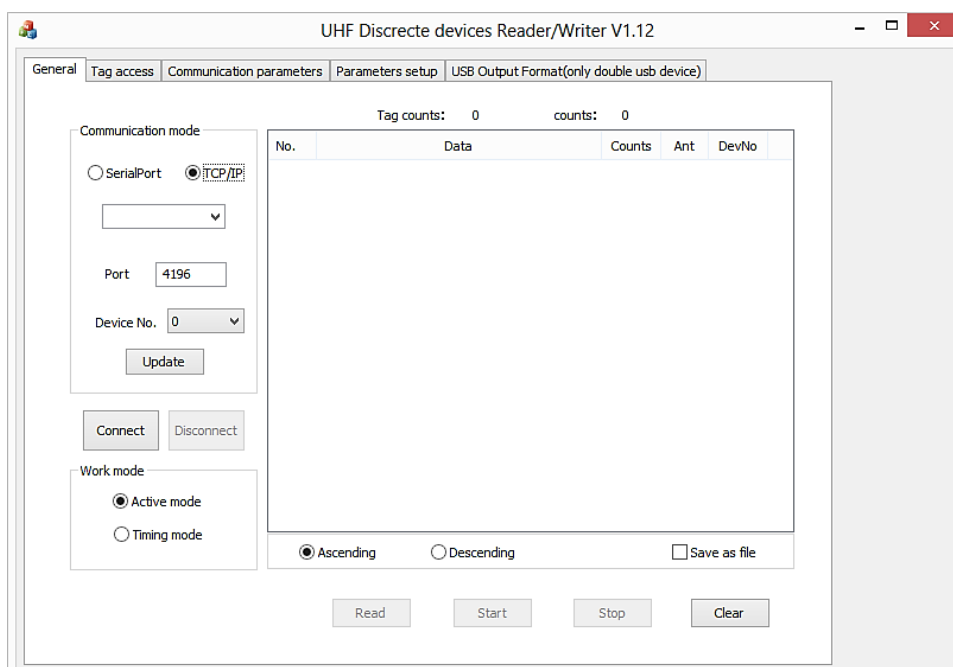


Figura. 4.9. Interfaz para configuración de antena

En la primera ventana “General” se procederá a realizar la selección del puerto con el cual va a conectar para la configuración, en este caso “puerto serial” y se selecciona el número del puerto asignado, verificar la “velocidad de transmisión” como el número de dispositivo, el valor predeterminado en la velocidad de transmisión es 9600 baudios, el N° es 0, luego dar clic en “conectar”, una vez que la conexión se haya realizado correctamente, se mostrará el número de versión del dispositivo en la Figura 4.10:

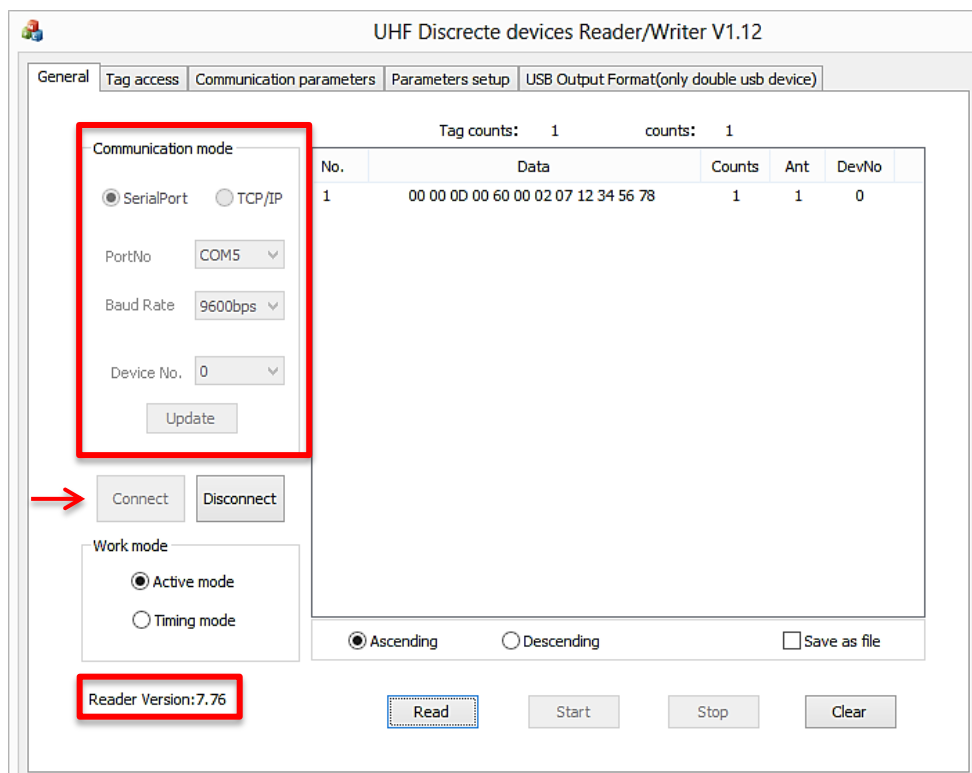


Figura. 4.10. Configuración General de la antena

En la ventana de la Figura 4.10 se podrá realizar lecturas demostrativas de las etiquetas para comprobar que son compatibles y funcionan con la antena, para realizar estas pruebas se las puede hacer en dos modos de trabajo:

- **Modo activo:** cuando se da clic en “leer” el lector leerá las etiquetas una sola vez. El ID de la etiqueta se mostrará en el lado derecho.
- **Modo sincronización:** Cuando da clic en “inicio”, el lector leerá las etiquetas continuamente y la identificación de la etiqueta se mostrará en el lado derecho de la pantalla demostrativa.

Otra de las configuraciones necesarias que hay que realizar se encuentran en la pestaña de “configuración de parámetros”, aquí se determinara el funcionamiento operativo de las antenas de acuerdo a las necesidades del usuario, aquí se fijara el modo de trabajo, el modo de comunicación y parámetros del lector.

En la configuración de “modo de trabajo” y modo de comunicación deberá colocarse los siguientes parámetros para ambas antenas:

- Modo de trabajo: Modo sincronizado (*Timing mode*)
- Intervalo de sincronización: 20 *10ms, el cual viene predeterminado, es decir, inventariar las etiquetas 200 ms por vez.
- Habilitar el “*Neighbour judge*” permite leer el *tag* una sola vez y la vuelve a leer después del tiempo establecido lo cual permite leer los otros *tags* que se encuentren cerca de este (Figura 4.11).
- Al terminar la configuración del parámetro, dar clic en “establecer”, hasta ver un mensaje de confirmación.

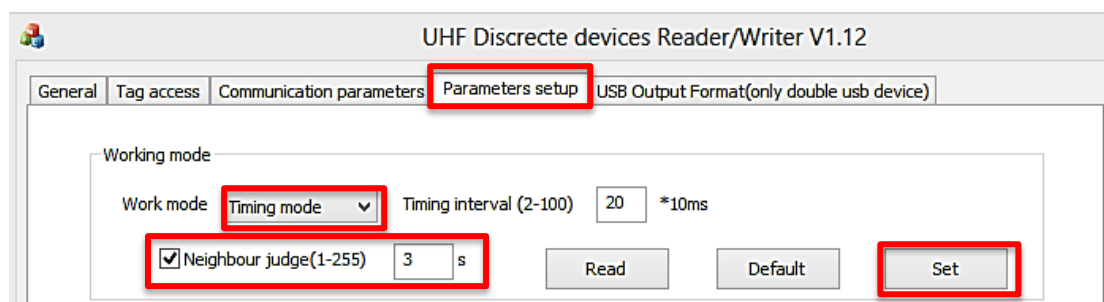


Figura. 4.11. Configuración de modo de trabajo

En la configuración de modo de comunicación se establecerán los siguientes parámetros:

- Los métodos de comunicación pueden ser: RS232, RS485 o por Wiegand que son diferentes protocolos de comunicación.
- La longitud y ciclo de pulsos ya son predeterminados en 10 y 16 respectivamente.
- El protocolo Wiegand 26 (bits) es el más común y utilizado, contiene un número de usuario de 16 bits y un código de sitio de 8 bits (Figura 4.12).
- Confirmar el método de comunicación, establezca el parámetro correcto y luego haga clic en “establecer”

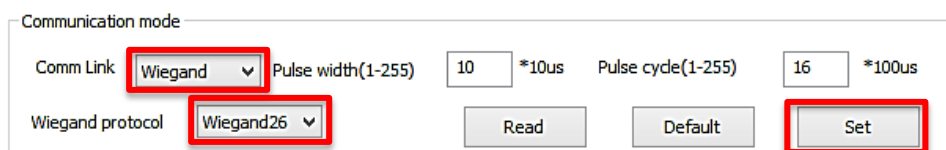


Figura. 4.12. Configuración de modo de comunicación

Todas las configuraciones hasta aquí deberán ser aplicadas en ambas antenas lectoras (A y B) que poseen las mismas características pero cumplirán diferentes funciones y se ubicaran en diferentes, así que la configuración de “parámetros del lector” (Figura 4.13) presenta una variación en la potencia y se describe a continuación:

- La antena “A” será utilizada para control de libros a la salida de la biblioteca, así que deberá tener una mayor potencia que no exceda los parámetros establecidos anteriormente para los cálculos, la potencia requerida será de 25 dBm.
- La antena “B” estará colocada junto al operario de la biblioteca para asuntos de entrega, verificación o lectura de información así que no requiere de mayor potencia, por lo cual se la configuro a 15 dBm.

Reader parameters

DeviceNo(0-255) Power(0-30) Read mode

Frequency

<input checked="" type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 9	<input type="checkbox"/> 10
<input checked="" type="checkbox"/> 11	<input type="checkbox"/> 12	<input type="checkbox"/> 13	<input type="checkbox"/> 14	<input type="checkbox"/> 15	<input type="checkbox"/> 16	<input type="checkbox"/> 17	<input type="checkbox"/> 18	<input type="checkbox"/> 19	<input type="checkbox"/> 20
<input checked="" type="checkbox"/> 21	<input type="checkbox"/> 22	<input type="checkbox"/> 23	<input type="checkbox"/> 24	<input checked="" type="checkbox"/> 25	<input checked="" type="checkbox"/> 26	<input type="checkbox"/> 27	<input type="checkbox"/> 28	<input type="checkbox"/> 29	<input type="checkbox"/> 30
<input checked="" type="checkbox"/> 31	<input type="checkbox"/> 32	<input type="checkbox"/> 33	<input type="checkbox"/> 34	<input type="checkbox"/> 35	<input type="checkbox"/> 36	<input type="checkbox"/> 37	<input type="checkbox"/> 38	<input type="checkbox"/> 39	<input type="checkbox"/> 40
<input checked="" type="checkbox"/> 41	<input type="checkbox"/> 42	<input type="checkbox"/> 43	<input type="checkbox"/> 44	<input type="checkbox"/> 45	<input type="checkbox"/> 46	<input type="checkbox"/> 47	<input type="checkbox"/> 48	<input type="checkbox"/> 49	<input checked="" type="checkbox"/> 50

Figura. 4.13. Configuración de parámetros del lector

Se configura el modo de lectura en “*EPC multiple tags*” para lectura de varias etiquetas.

Finalmente se configuran la frecuencia de trabajo en modo “Frecuencia de salto” cual sirve para cuando el lector envía la señal, salta en la frecuencia seleccionada en la cual se está trabajando y tenga compatibilidad con la frecuencia de trabajo de las etiquetas, para terminar se da clic en “establecer”, las configuración está completa para para proceder con su conexión y pruebas de lectura.

- **Pruebas de conexión de antenas con Arduino Uno**

Para realizar las pruebas de lectura y receptividad de señal entre las antenas y las etiquetas colocadas en los libros se realizaran conectando las antenas lectoras con el microcontrolador de Arduino Uno, utilizando el protocolo Wiegand 26 la cual utiliza tres hilos para transmisión de datos.

- La línea DATA1 de envío de unos (1) lógicos
- La línea DATA0 de envío de ceros (0) lógicos.
- La línea GND o masa.
- Utiliza niveles son Bajo, en GND y alto a +5V o VCC.

El diagrama de conexión se muestra en la Figura 4.14:

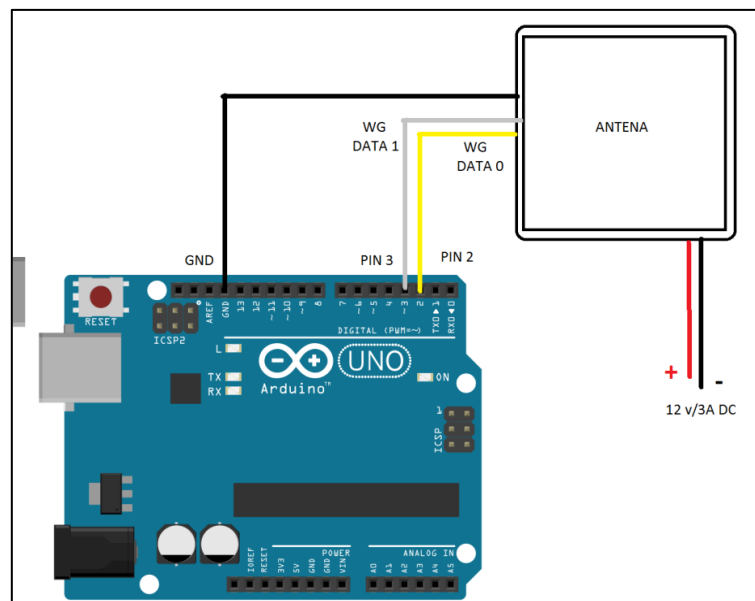


Figura. 4.14. Diagrama de conexión Arduino con antenas

La conexión se realizara de la siguiente forma:

- WG Data 0 (Amarillo) con Pin 2
- WG Data 1 (Gris) con Pin 3
- GND a GND (negros)
- Alimentación de antena a 12 v en DC (Negro y rojo)

Para el desarrollo del código se utiliza el software Arduino IDE y la librería de interface Wiegand 26, se utilizará los pines de interrupción de Arduino 2 y 3 para leer los pulsos de la interfaz de Wiegand y devolver el código leído (Figura 4.15).



```
wiegand_26_ardu
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
wiegand_26_arduino
/*
 * Ejemplo de como utilizar la libreria para el lector de Wiegand reader con interrupciones.
 */

#include <Wiegand.h>

// Estos son los pins conectados a la señal Wiegand D0 y D1.
// Asegúrese de que su placa admita interrupciones externas en estos pines
#define PIN_D0 2
#define PIN_D1 3

// El objeto que maneja el protocolo wiegand.
Wiegand wiegand;

// Inicializar el lector Wiegand
void setup() {
  Serial.begin(9600);

  //Instalar oyentes e inicializar el lector Wiegand.
  wiegand.onReceive(receivedData, "Card readed: ");
  wiegand.onStateChange(stateChanged, "State changed: ");
  wiegand.begin(WIEGAND_LENGTH_AUTO);

  //Inicializa los pines como ENTRADA y adjunta interrupciones.
  pinMode(PIN_D0, INPUT);
  pinMode(PIN_D1, INPUT);
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(PIN_D0), pinStateChanged, CHANGE);
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(PIN_D1), pinStateChanged, CHANGE);
}

Guardado.
```

Figura. 4.15. Librería de desarrollo para Wiegand 26 en Arduino IDE

Una vez verificado el código se procede a subir la librería al Arduino Uno conectado a la PC por USB y seleccionando el puerto correspondiente. El código de la librería utilizada para lectura Wiegand se lo encuentra en el anexo 3:

Para verificar las lecturas generadas por la antena se acercan los textos en los cuales están colocadas las etiquetas RFID y se comprueba su identificación utilizando el monitor serie del software, el cual se muestra a continuación en la Figura 4.16:

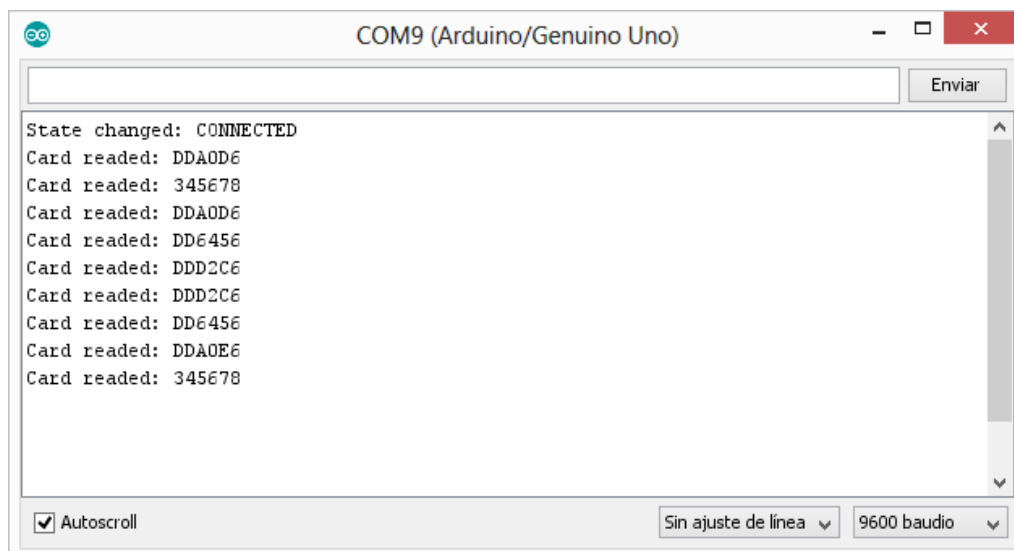


Figura. 4.16. Monitor Serie con lectura de códigos Wiegand 26 del *tag*

En el monitor serie se muestran los códigos de identificación correspondientes a cada *tag*, los cuales servirán para asignarlos a cada libro, el valor mostrado se lo obtiene acercando el *tag* a la antena lectora y se expresa en valor hexadecimal, la Tabla 4.2 muestra la lista de códigos de identificación asignado a cada libro:

Tabla. 4.2. Códigos Wiegand del *tag* del libro correspondiente

Código hexadecimal Tipo Wg 26	Nombre del libro
DD-A0-46	Matemáticas y Economía
DD-64-56	Ciencias Naturales
DD-64-46	Geografía Universal
DD-D2-D6	Física y Química
DD-D2-E6	Diccionario Enciclopédico Interactivo siglo XXI
DD-D2-B6	Enciclopedia Autodidactica Océano Volumen 2
34-56-78	Doce cuentos peregrinos
DD-A0-E6	Contribuciones para el conocimiento geológico de la región volcánica del Ecuador
DD-D2-C6	Eugenio Espejo Filosofo
DD-A0-D6	Amazonía, escenarios y conflictos

Las pruebas realizadas permitirán realizar comprobaciones de receptividad y alcance de lectura de los *tags* para continuar con el desarrollo del sistema.

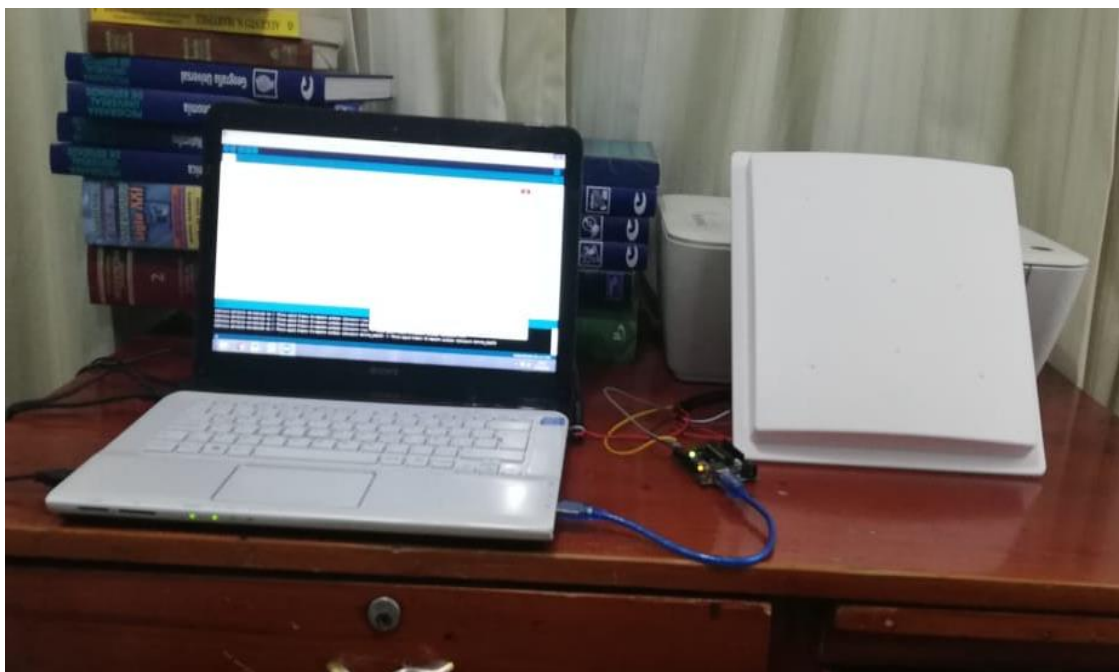


Figura. 4.17. Pruebas de funcionamiento de lectura de *tags*

4.2. Integración de hardware del sistema

En esta etapa de implementación del proyecto se realizará la integración de los componentes que conforman el sistema y que permitirá la operatividad completa y final para control de inventario y seguridad de textos aplicando tecnología RFID en bibliotecas, los procesos realizados se describen a continuación:

- **Impresión y armado de placa**

Con el diseño esquemático realizado en la Figura 3.15 del CAPÍTULO 3, se procede imprimir en papel termotransferible y se lo coloca en la placa de cobre, utilizando ácido de cloruro férrico para corroer el cobre excedente que no forma parte de los circuitos, las placas impresas corresponden al circuito “A” de la antena de la salida con lámpara de estados y el circuito “B” corresponde al circuito para la antena del escritorio, las placas impresas se muestran en la Figuras 4.18 y 4.19

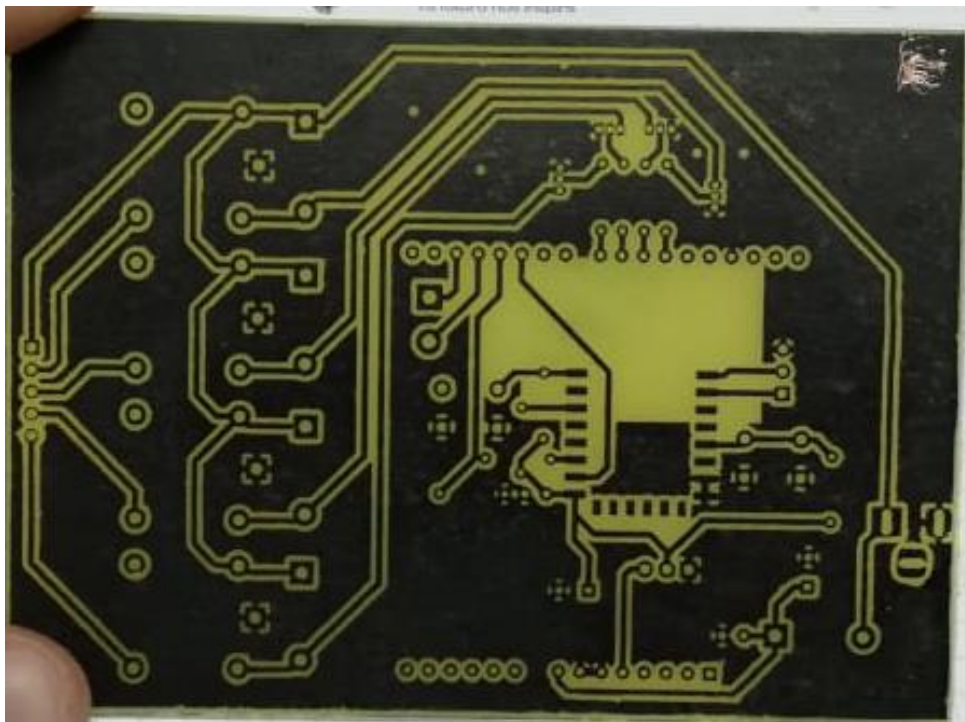


Figura. 4.18. Placa impresa de circuitos electrónicos “A”.

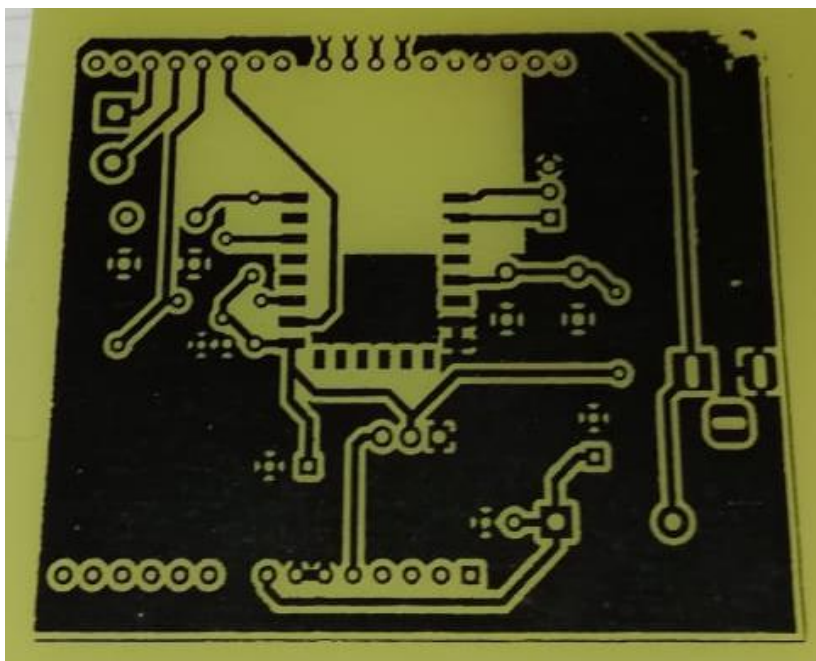


Figura. 4.19. Placa impresa de circuitos electrónicos “B”

Impresas las placas se proceden a lijarlas para descubrir el cobre, se perforan los puntos de conexión y se colocan las piezas correspondientes en cada sitio, una vez soldadas las piezas, la placa quedaría de la siguiente manera:

Las placas terminadas y colocadas cada componente necesario para su correcto funcionamiento, se encuentran listas para la integración de los demás componentes, las placas terminadas se muestran en la Figura 4.20 y 4.21:

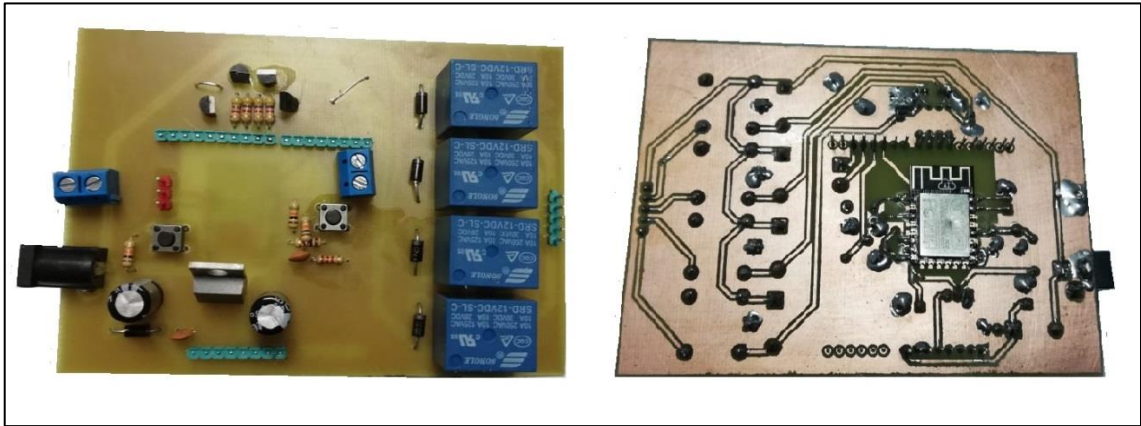


Figura. 4.20. Placa “A” terminada (frontal y reverso)

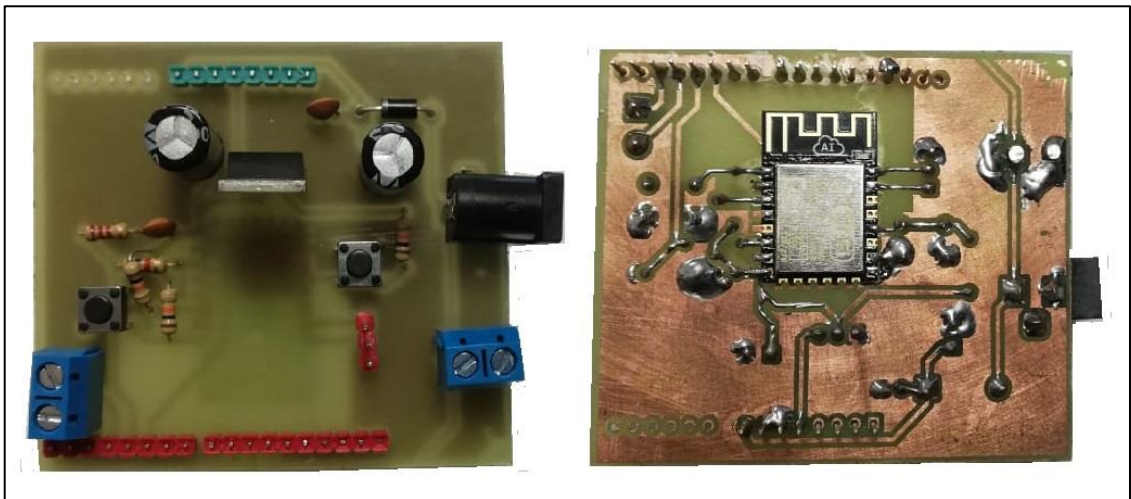


Figura. 4.21. Placa “B” terminada (frontal y reverso)

- **Integración de componentes con las placas**

Con las placas terminadas se procede a conectar con cada uno de sus componentes, las antenas lectoras van conectadas a las borneras, tanto para la alimentación a 12 v, como para la conexión de cables WG Data 0 y 1, el Arduino Uno va por la parte posterior de la placa y la lámpara audio luminosa va conectada a los pines de la placa “A”, posterior a esto se realizara la programación del hardware.

4.3. Programación de hardware operativo

Mediante esta programación se podrá definir las funciones que deberá realizar los componentes principales del sistema los cuales están encargados de procesar la información, para activar procesos y definir funciones.

La programación desarrollada se la realizará según las funciones que realizará cada placa (A y B), cada placa está acoplada a un Arduino Uno y un módulo Wi-Fi ESP 12F, los cuales deberán ser configurados para realizar una actividad definida, los códigos de programación se encuentran en el anexo 7, a continuación se describe las funciones de cada placa:

- **Programación de la placa “A”**

La placa “A” será la encargada de realizar las lecturas de los *tags* a la salida de la biblioteca, a esta placa se integra una de las antenas lectoras y la torre de luz led indicadora de estado, la misma que posee alarma.

Para programar el módulo Wi-Fi ESP 12F, de la placa “A” se utiliza un convertidos USB a TTL (UART), el cual será definido y configurado en modo “estación” y se conectara a la red de la placa “B” la cual estará funcionando en modo “punto de acceso”

- **Programación de Placa “B”**

La placa “B” será la encargada de realizar las lecturas de los *tags* en el escritorio para validar el libro que se va a prestar o devolver, a esta placa se integra únicamente la segunda antena lectora.

Utilizando el mismo procedimiento de conexión de la placa anterior, se procede a configurar el módulo Wi-Fi ESP 12F, de la placa “B” y se lo configura como “punto de acceso” para comunicar con la red el computador de escritorio y la placa “A”

4.4. Programación de la aplicación web para control de inventario

Con esta página se realizara toda la gestión administrativa para control de inventario de libros, la cual contará con la base de datos y verificación de estado de libros, en esta página se realizará el registro para la prestación y/o devolución de libros y autorizará los permisos de salida del libro de la biblioteca para evitar la activación de la alarma a la salida.

Los pasos para crear la página web se describen a continuación:

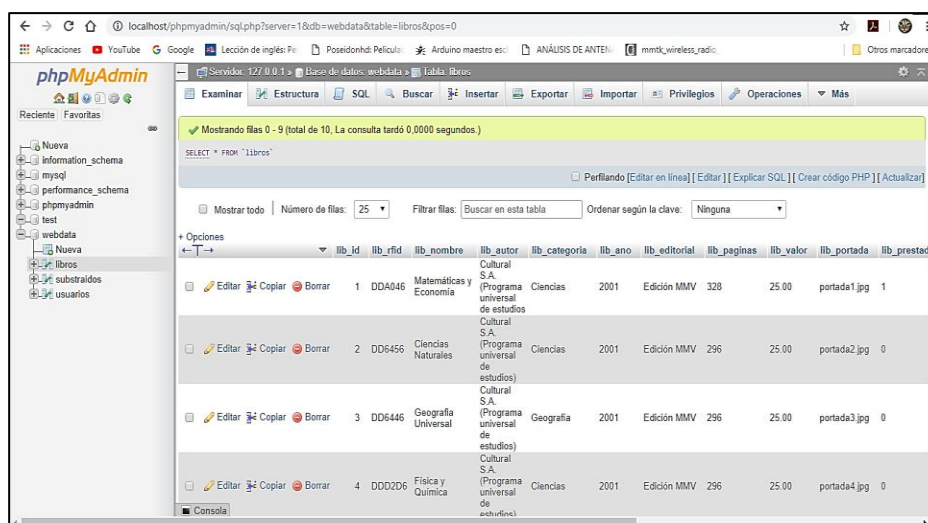
- **Preparación del servidor**

Esto permitirá instalar las dependencias de los servicios de la página web como son librerías, servidor web, motores de base de datos e interpretadores de códigos (HTML, PHP, CSS, JavaScript y MySQL), para lo cual se instaló el software XAMPP Control Panel v3.2.2.

- **Creación de base de datos**

Para realizar la creación y administración de la base de datos y tablas se utilizó la aplicación web PhpMyAdmin, donde se registrarán los libros existentes en la biblioteca para prestación a usuarios.

El administrador para base de datos se muestra en la Figura 4.22:



lib_id	lib_rfnd	lib_nombre	lib_autor	lib_categoria	lib_ano	lib_editorial	lib_paginas	lib_valor	lib_portada	lib_prestad
1	DDA046	Matemáticas y Economía	Cultural S.A. (Programa universal de estudios Cultural S.A.)	Ciencias	2001	Edición MMV	328	25.00	portada1.jpg	1
2	DD6456	Ciencias Naturales	Cultural S.A. (Programa universal de estudios Cultural S.A.)	Ciencias	2001	Edición MMV	296	25.00	portada2.jpg	0
3	DD6446	Geografía Universal	Cultural S.A. (Programa universal de estudios Cultural S.A.)	Geografía	2001	Edición MMV	296	25.00	portada3.jpg	0
4	DDD2D6	Física y Química	Cultural S.A. (Programa universal de estudios Cultural S.A.)	Ciencias	2001	Edición MMV	296	25.00	portada4.jpg	0

Figura. 4.22. Página web de la base de datos del proyecto

- **Desarrollo web con integración a base de datos**

Para realizar el desarrollo se utilizó el software Sublime Text versión 3.1.1, en este se definen los aspectos visuales de la página (Figura 4.23), comunicaciones, es donde se centraliza todo los httprequest, utilizando leguajes HTLM, CSS, JavaScript, PHP y MYSQL.

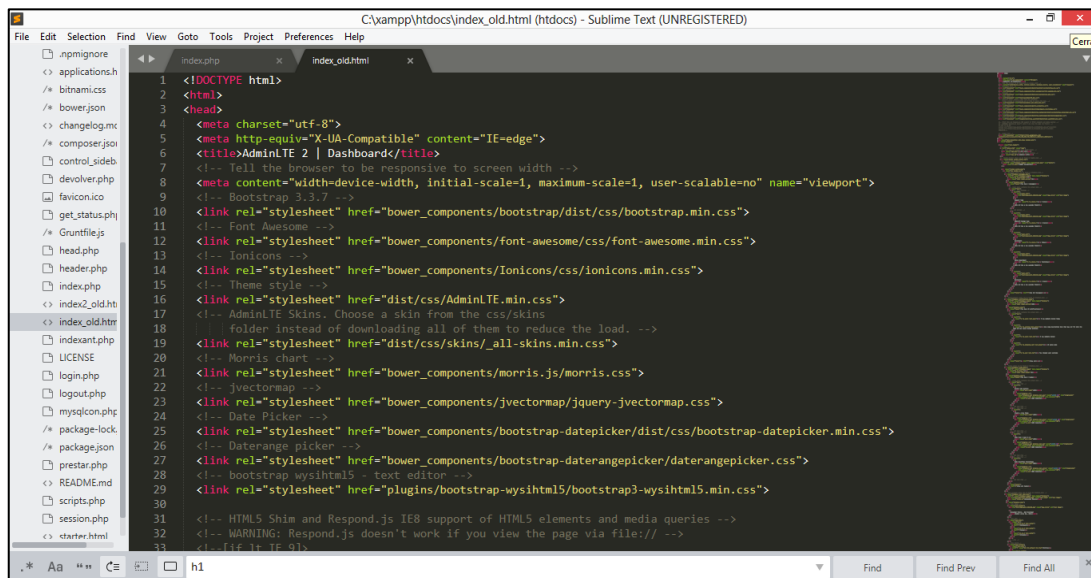


Figura. 4.23. Software para desarrollo de página web

El software utilizado fue seleccionado ya que brinda soporte y remarcado de códigos para todos los lenguajes y depuración y detección de errores, todo en uno.

- **Programación de interfaz visual de la página**

Para realizar el desarrollo de la interfaz visual de la página de control de inventario de libros se utilizó como ayuda una plantilla gratuita que se puede encontrar en la dirección web (<https://adminlte.io/>), en esta plantilla se podrá dar el diseño que se guste y la apariencia se puede configurar de acuerdo a los requerimientos y necesidades.

La interfaz visual final para la gestión de prestación y devolución de textos se muestra a continuación en la Figura 4.24:

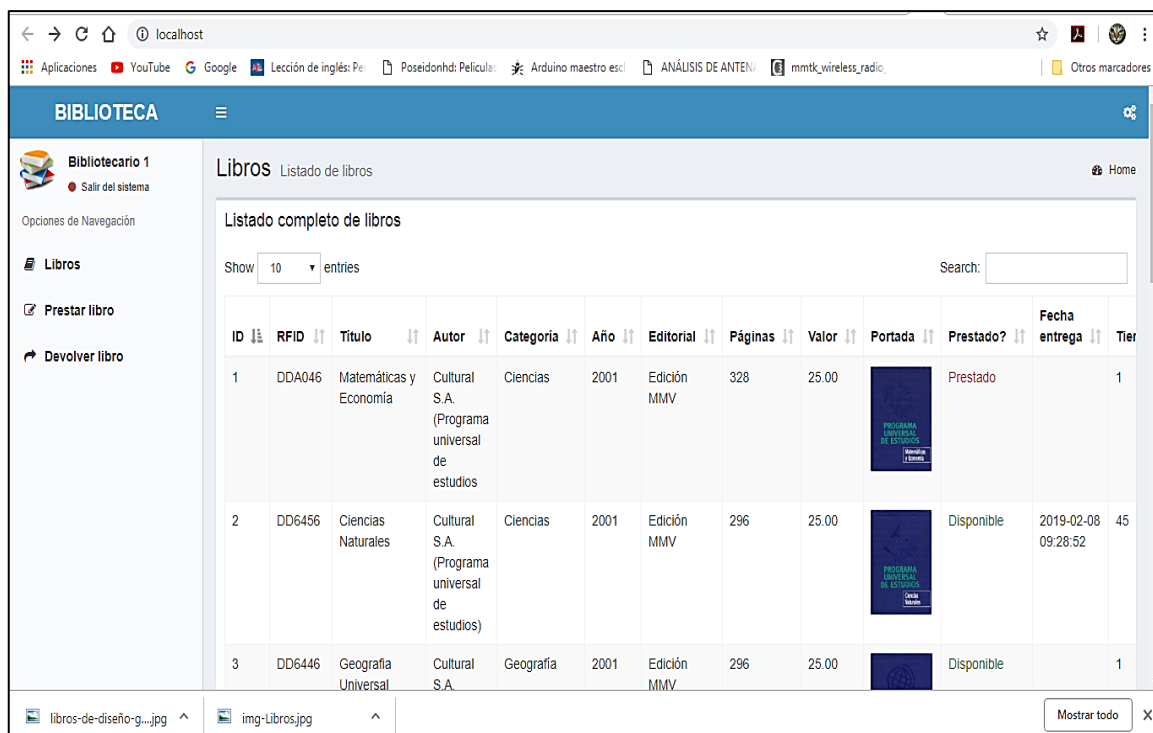


Figura. 4.24. Interfaz visual de la página web

En esta página se realizara todas las funciones requeridas para la gestión de préstamo y devolución de libros, aquí se muestra el inventario de los libros existentes, se realiza el registro de usuarios y muestra el estado de los libros (disponible, prestado y retrasado).

La utilización de la página se detalla en el “manual de usuario” colocado en el anexo 1 al final del presente proyecto.

4.5. Pruebas de funcionamiento y resultados del sistema

Finalizada la etapa de implementación y desarrollo de hardware y software se procede a evaluar el funcionamiento del sistema control de inventario y seguridad de textos aplicando tecnología RFID en bibliotecas, con la finalidad de obtener resultados en el desempeño del proyecto.

En la figura 4.25 y 4.26 se pueden apreciar el sistema armado y en funcionamiento, se simuló el área de administración de una biblioteca en un escritorio y en otro cuarto la salida de la “biblioteca”, colocando la antena lectora y la torre de luz indicadora de estados en la estructura superior de una puerta.



Figura. 4.25. Sistema de seguridad con indicador luminoso de la salida

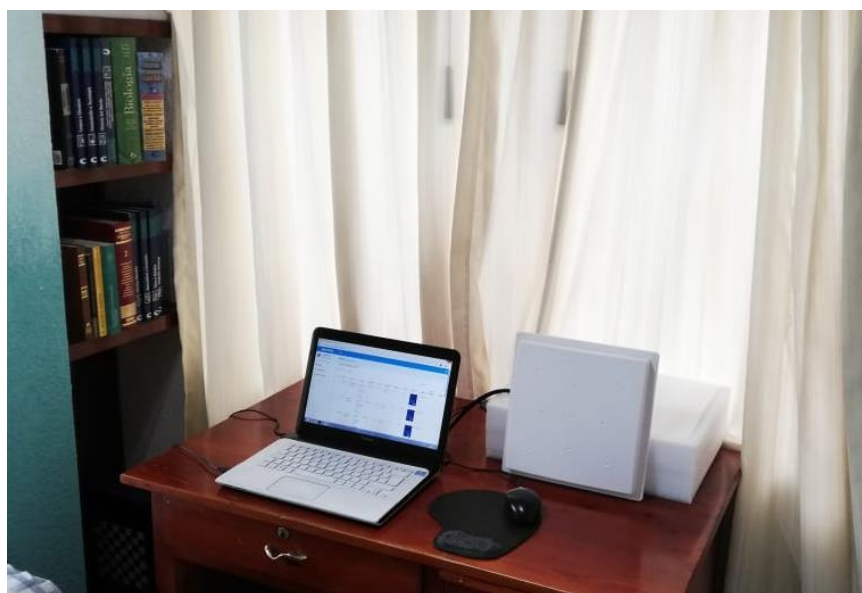


Figura. 4.26. Estación para gestión administrativa de libros

Un usuario ingresa a la “biblioteca” y solicita un libro, se verifica la disponibilidad del libro en la base de datos, procede con el protocolo de registro, se define el tiempo de entrega y se autoriza el préstamo, al instante de salir el usuario del sitio, la torre de luz activa la luz verde, mostrando que la lectura del *tag* fue autorizado y el proceso fue correcto (Figura 4.27):



Figura. 4.27. Indicador de estado “autorizado”

Luego se simula una prueba sin realizar ningún tipo de registro simulando el hurto de un libro, al pasar la persona por la salida de la “biblioteca” activa la luz roja y la alarma, dando alerta al bibliotecario para la intervención correspondiente (Figura 4.28)



Figura. 4.28. Indicador de estado para “sustraído o no autorizado”

Cunado un usuario va a devolver el texto dentro del tiempo establecido activa la luz verde del indicador, en el caso de entregar el libro fuera del plazo el indicador activara la luz naranja la cual indica que se podrá general algún tipo de sanción o multa por parte de la administración de la “biblioteca”



Figura. 4.29. Indicador de estado para “retrasado”

Lo que da como resultado que el sistema para gestión bibliotecaria funciona correctamente y cumple con los objetivos planteados para control de inventario y de seguridad de libros haciendo uso de tecnología RFID.

CONCLUSIONES

Una vez realizado las pruebas y funcionamiento del sistema, se muestran a continuación las conclusiones obtenidas en el estudio realizado, en las cuales se visualiza los aspectos más relevantes en relación al desarrollo del sistema para control de inventario y seguridad de textos aplicando tecnología RFID para bibliotecas

Las conclusiones se describen basadas en los objetivos específicos expresados para el presente estudio.

La tecnología RFID emergente no solamente se encuentra en desarrollo, sino que también se está convirtiendo es una tecnología mucho más efectiva, rentable conveniente y segura para inventarios, monitoreo y control de artículos. Para que un sistema RFID opere de manera adecuada debe contar con tres componentes básicos que son tarjetas o transpondedores, antenas lectoras y un software que interprete la lectura de los mismos, la condición para cada componente funcione correctamente es que deben ser compatibles, si alguno de estos componentes no está presente o no tiene compatibilidad simplemente no tendrá éxito el proyecto, por esa razón el sistema posee todos los componentes necesarios para un correcto funcionamiento, el cual cuenta con dos antenas lectoras para la administración de libros y para el control de seguridad de los libros, cada libro cuenta con etiquetas de identificación RFID y la gestión de los libros es realizada desde una pagina web monitoreada desde un computador, para gestionar el préstamo o devolución de libros.

Se diseñó un sistema que cuenta con dispositivos que mejoran los procesos de control y seguridad en bibliotecas, como lo son los indicadores visual y auditivo a ser ubicados en la salida de la biblioteca, de esta forma al realizar la lectura continua de la antena a los *tags* se puede identificar una etiqueta para verificar si el usuario cumplió o no con el protocolo adecuado de registro y autorización de salida del material bibliográfico.

Mediante el uso de MySQL, se logró generar un sistema para la gestión de base de datos relacional, que permitió hacer control del inventario de manera exitosa, con el cual se podrá obtener mayor control de los textos en tiempo real, para verificar el estado, pues cuenta con indicadores que describen si el libro está disponible, prestado o si esta fuera de tiempo, cuenta también con un historial de circulación del texto para evaluar el

movimiento de material bibliotecario. Únicamente personal autorizado tiene acceso a esta base de datos mediante una clave de acceso.

Cada libro utilizado cuenta con una etiqueta RFID pasiva, la cual posee un código único de identificación el cual está relacionado con la base de datos para su registro y control.

El sistema cuenta con dos antenas de lectura de etiquetas RFID, una para el control de seguridad y verificación del estado de los textos, colocado a la salida de la biblioteca y otra para actividades administrativas de registro y verificación de información que requiera el personal encargado de la biblioteca.

Para determinar que el sistema cumple con las características propuestas en el estudio se realizaron las pruebas de funcionamiento y validación correspondientes, para determinar si el sistema marcha de forma adecuada, una vez realizadas las pruebas de funcionamiento con los docentes, con lo cual se pudo determinar que el sistema no evidencia problemas ni desperfectos técnicos.

RECOMENDACIONES

A continuación describe ciertas recomendaciones para el beneficio de futuros proyectos que requieran desarrollar y hacer uso de sistemas relacionados al utilizado en este trabajo.

Utilizar tecnología RFID para la aplicación en algún sistema se lo consideraría como algo relativamente sencillo y práctico, pero es importante tener conocimientos sobre las capacidades y características de los componentes básicos de un sistema RFID, los cuales deberán ser seleccionados de acuerdo a los requerimientos, necesidades y al campo de aplicación de la misma, pues en el mercado existe una gran variedad de componentes de diferentes formas, funcionalidades, tamaños y métodos de trabajo, y es importante seleccionar la más adecuada.

Para quien requiera adquirir equipos RFID se recomienda tener en cuenta la existencia de componentes ya sea en el mercado local o mercado internacional, pues podría resultar mucho más conveniente y económico exportándolos, ya que actualmente existe gran variedad de artículos poco comunes en nuestro país, lo importante si es siempre asegurarse sobre las especificaciones técnicas, frecuencias, normativas y regulaciones de cada artículo, solicitar también asistencia a los proveedores sobre el uso de cada componente.

El proyecto realizado es un prototipo demostrativo, así que presenta ciertas vulnerabilidades en la seguridad a la salida, por esa razón y con el fin de minimizar hurtos de material bibliográfico es muy importante aumentar la potencia de las antenas lectoras o de ser necesario colocar dos o tres antenas adicionales, colocadas estratégicamente en diferentes áreas para obtener una mayor área de cobertura o también se puede utilizar *tags* RFID con mayor capacidad de receptividad, pues se presentan casos que el *tag* no logra ser captado por la antena y no es identificado inmediatamente, ya sea, al ser cubiertas o escondidas en algún bolso, salir corriendo o por algún escudo humano que pudiese cubrir la etiqueta.

Las características y funciones que pueda tener la interfaz con el usuario para el control e inventario de artículos pueden ser configurada o ampliada mediante el software de programación y dependerá de los requerimientos del usuario y área de aplicación del sistema, pudiendo ser de funciones sencillas o muy complejas.

BIBLIOGRAFÍA

- Advanced Solutions Systems Ltda. (2012). Motorola RFID. Obtenido de Lectores Fijos:
<http://assysltd.blogspot.com/?q=fijos>
- AFIXGRAF. (2015). Obtenido de <http://www.afixgraf.com.br/wp-content/uploads/2015/07/como-funciona-rfid-software.jpg>
- Alibaba.com. (2019). RFID 9662 dry inlay tags label. Obtenido de https://www.alibaba.com/product-detail/Hot-sale-passive-RFID-9662-dry_60626525957.html?spm=a2700.7724838.2017115.1.12e44e27MQrJbm
- ALTATEC. (2018). Lectores RFID de Mano. Obtenido de <http://www.altatec.com.mx/html/index.php?module=Quotation&func=category&cid=5&lid=19&category=Computo%20Movil&line=Lectores%20RFIDde%20Mano>
- APRENDE RFID. (2018) ¿Qué Son Los TAGS UHF RFID? Obtenido de <https://aprenderfid.com/como-se-clasifican-los-tags-uhf/>
- ARCOTEL. (2018). NORMA TÉCNICA DE ESPECTRO DE USO LIBRE Y DE ESPECTRO PARA USO DETERMINADO EN BANDAS LIBRES. p. 22.
- Arduino. (2019). ARDUINO UNO REV3. Obtenido de <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>
- Balestrini, M. A. (2006g). Como se elabora el proyecto de investigación. Caracas: BL Consultores Asociados, p.125
- Bajpai, N. (2011). Business Research Methods. Noida, India: Pearson, p.5
- Byung-Jun Jang, H.-G. Y.-B. (2009). Hardware Design and Deployment Issues In UHF RFID Systems. JOURNAL OF THE KOREAN INSTITUTE OF ELECTROMAGNETIC ENGINEERING AND SCIENCE, VOL. 9, NO. 1, pp. 39-41.
- CAENRFID. (2018). CAENRFID. Obtenido de Easy2 Log Low Cost, Semi-Passive UHF Logger Tag: <https://www.caenrfid.com/en/products/rt0005/>

- Camacho, F. d. (2008). El proceso de investigación científica. Maracaibo: EDILUZ, p.60.
- Carrasco, E. G. (2009). Estado del Arte en Tecnologías RFID, tesis de grado, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid
- CGS1, EPCglobal. (s.f.). EPC/RFID. Obtenido de EPC UHF Gen2 Air Interface Protocol: <https://www.gs1.org/epcglobal>
- China.cn. (2019). Shenzhen HSY Security Tech Co., Ltd. Obtenido de 3~6 meter long distance range passive smart uhf tag sticker RFID UHF reader writer with free SDK and software: <https://detail.en.china.cn/provide/p100955313.html>
- C.J. Savant. (2005).Diseño Electrónico, Circuitos y Sistemas, Pearson Educación.
- DaTuOpinion.com. (2011). Opiniones de Partes del libro. Obtenido de <https://www.datuopinion.com/partes-del-libro>
- Desarrollos Digitales. (2014). Introducción a RFID. Recuperado el 2018, de Componentes de un sistema RFID: http://www.webddigital.com/rfid_introduccion.aspx
- Ebay. (2018 b). Lector De Escritorio Portátil UHF RFID GEN2 USB. Obtenido de https://www.ebay.com/itm/GEN2-USB-portable-UHF-RFID-desktop-reader-writer-identify-tags-integrated-reader/263826016292?hash=item3d6d418824:m:m-L8K-jNuSKTJrSsfa7AF_g:rk:7:pf:0
- Ebay. (2018 c). Tag EPC C1 GEN2 ISO18000-6C Monza R6. Obtenido de <https://www.ebay.com/itm/EPC-C1-GEN2-ISO18000-6C-Monza-R6-73X17mm-Long-reading-range-RFID-UHF-Tag-20pcs/202418863137?hash=item2f211abc21:g:B5gAAOSwa9FbhkzA:rk:6:pf:0>
- Ebay. (2018 d). Torre de luz LED Rojo, Amarillo y Verde con alarma. Obtenido de https://www.ebay.com/itm/LED-LAMP-Signal-Industrial-Tower-Light-Red-Yellow-Green-Warning-Light-12-24-V/112942933282?hash=item1a4bec6522:m:m1RI9_QPhZU3fh3MbyLGuVg:rk:6:pf:0&var=413325866680
- Eelectronilab. (2019). ESP8266 – ESP-12F – Módulo Transceptor WiFi Serial. Obtenido de <https://electronilab.co/tienda/esp8266-esp-12f-modulo-transceptor-wifi-serial/>

- EOI Escuela de Organización Industrial. (2013). Tecnología RFID. Obtenido de <https://www.eoi.es/blogs/scm/2013/03/06/tecnologia-rfid/>
- FQ Ingeniería Electrónica. (2016). Guía para escoger la antena RFID UHF más adecuada. Obtenido de <https://www.fqingenieria.com/es/conocimiento/guia-para-escoger-la-antena-rfid-uhf-mas-adecuada-114>
- Igoe, T. (2012). Getting Started with RFID. Estados Unidos: O'Reilly Media, Inc.
- International Organization for Standardization. (2013). ISO/IEC 18000-6. Obtenido de <https://www.iso.org/home.html>
- ID TECH. (2018). RFID Active Tags. Obtenido de <https://idsolutionsindia.com/product/rfid-tags/rfid-active-tags/>
- Infootec.net. (2018). Arduino Uno R3. Obtenido de Diagrama de pines Arduino Uno: <https://www.infootec.net/arduino/>
- Innova Supply Chain. (2014). Características de los sistemas RFID. Obtenido de <http://innovasupplychain.pe/content/caracteristicas-de-los-sistemas-rfid>
- ITRI, University of Arkansas. (2008), ¿RFID mejora la exactitud del inventario? Fayetteville, Arkansas.
- J. Fitzgerald, A. Fitzgerald. (1989), Fundamentos de Análisis de Sistemas, México: CECSA. 558p.
- Karthus, U. (2003). Fully Integrated Passive UHF RFID Transponder IC With 16.7-uW Minimum RF Input Power. IEEE JOURNAL OF SOLID-STATE CIRCUITS, VOL. 38, NO. 10, pp. 1602-1608.
- MONSEG. (2018). PRORFDE Lector de Escritorio RFID USB. Obtenido de <https://monseg.com/proteccion-de-activos/2063--prorfde-lector-de-escritorio-rfid-usb-compatible-como-enrolador-de-tarjetas-y-tags-rfid.html>
- NOVAC. (2016). ETIQUETA: IDENTIFICACIÓN PRODUCTOS. Obtenido de <https://novac.es/blog/tag/identificacion-productos/>
- OIC. (2019). Hangzhou Ocean Industry Co., Ltd. Obtenido de LED Signal Buzzer Alarm

Tower Lamp OIC-205:
<https://cnhzoic.en.alibaba.com/search/product?SearchText=Material%20Meter/Nylon%20LEDSignalBuzzer%20AlarmTowerLamp%20OIC-205>

ONTSI. (2012). Observatorio Nacional de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información. La tecnología RFID: Usos y oportunidades. Madrid: ©red.es.

Peralta, R. P. (2009). Estudio comparativo de Tecnología RFID. Santiago.

Prieto, C. H. (2018). Nuevas estrategias para el diseño de sistemas Chipless-RFID y aplicaciones, Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona.

R. Cárdenas. (2009), Diseño Electrónico Análogo Electrónica básica. Tesis Doctoral / Disertación.

RFID 4u. (2016). Basics – RFID Regulations. Obtenido de <https://rfid4u.com/rfid-basics-resources/basics-rfid-regulations/>

RFID Controls. (2018). RFID technology, RFID la solución de control de inventarios y gestión. Obtenido de <http://www.rfidcontrols.com/rfidcontrols/index.php/sample-sites/soluciones-de-inventario-y-gestion.html>

RFID Controls. (2013 a). RFID technology. Obtenido de Antena RFID UHF: <http://www.rfidcontrols.com/rfidcontrols/index.php/using-joomla/extensions/components/content-component/article-category-list/8-beginners.html>

RFID Controls. (2013 b). Software de Control. Obtenido de <http://www.rfidcontrols.com/rfidcontrols/index.php/soft/rfidnet.html>

Shenzhen Ruifan Electronics Co., Ltd. (2019). EPC GEN2 fast speed USB UHF RFID tag reader writer. Obtenido de <https://ruifanelec.en.alibaba.com/search/product?SearchText=EPC%20GEN2%20fast%20speed%20USB%20UHF%20RFID%20tag%20reader%20writer>

Soria, D., Barros, M. y Sánchez, A. (2006). Vigilantes de Archivos, Bibliotecas Y Museos. Málaga, España: MAD

- Tag Ingenieros. (2018). Antenas RFID . Obtenido de TAG-ANT-Q22:
<http://www.tagingenieros.com/RFID-hardware-RFID/antenas-RFID/tag-ant-Q22>
- Trace ID. (2007). ¿Cómo comenzó la tecnología RFID? Obtenido de <http://trace-id.com/es/category/historia-de-la-tecnologia-rfid/>
- Transgesa S.A. (06 de febrero de 2018). LA REVOLUCIÓN PENDIENTE DEL RFID YA ESTÁ AQUÍ. Recuperado el 03 de Junio de 2018, de Transgesa:
<https://www.transgesa.com/blog/revolucion-del-rfid-esta-aqui/>
- V. Daniel Hunt, A. P. (2007). RFID: A Guide to Radio Frequency Identification. New Jersey: Wiley.
- Vargas, Z. R. (2009). LA INVESTIGACIÓN APLICADA: UNA FORMA DE CONOCERLAS REALIDADES CON EVIDENCIA CIENTÍFICA. Revista Educación, pp. 155-165.
- VIU Universidad Internacional de Valencia. (2018). Tecnología RFID y sus mejores aplicaciones. Obtenido de <https://www.universidadviu.com/tecnologia-rfid-mejores-aplicaciones/>
- ZSF. (2019). Guangdong ZhongShiFa Intelligent Technology Co., Ltd. Obtenido de RFID 9662 dry inlay tags label:
<https://zsfrfid.en.alibaba.com/search/product?SearchText=RFID%209662%20dry%20inlay%20tags%20label>

ANEXOS

- 1. Manual de usuario del sistema**
- 2. Lista de materiales y componentes**
- 3. Código de programación para Arduino Uno y Modulo Wi-Fi ESP 12F**
- 4. Arduino Uno R3**
- 5. Módulo Wi-Fi ESP 12F**
- 6. Chip Monza R6 de etiqueta RFID**
- 7. Manual de configuración de antena**
- 8. Esquema de circuitos electrónicos**

1. Manual de usuario del sistema

MANUAL DE USUARIO

**SISTEMA PARA EL CONTROL DE INVENTARIO Y SEGURIDAD DE
TEXTOS APLICANDO TECNOLOGÍA RFID EN BIBLIOTECAS**



INTRODUCCION

Este manual brinda las herramientas necesarias para poder utilizar de forma correcta el sistema para control de inventario y seguridad de los textos de una biblioteca, aquí se mostrará los lineamientos más importantes de cómo utilizar el software y los protocolos que se deben seguir para la correcta gestión de procesos bibliotecarios.

1.- Componentes del sistema

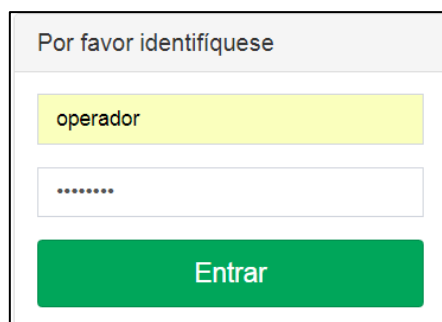
El sistema cuenta con tres componentes fundamentales que realizan toda la gestión de inventario y seguridad de textos en la biblioteca y son:

- Sistema de lectura, verificación y seguridad de textos, ubicado a la salida de la biblioteca.
- Sistema de escaneo de textos del escritorio
- Software de control de inventario, prestación, registro, estado y devolución de libros.

2.- Funcionamiento del sistema

Para que todo el sistema entre en funcionamiento se deberá seguir los siguientes pasos:

- ✓ Verificar que la conexión de los componentes no presente ninguna anomalía.
- ✓ Suministrar la energía adecuada a ambas placas (A y B) con las fuentes correspondientes de 12V/3A en corriente directa (DC)
- ✓ Encender el computador y verificar la conectividad con el sistema.
- ✓ Conectarse a la red Wi-Fi del sistema que es “RFID_Biblioteca”
- ✓ Ingresar la clave de seguridad de la red “biblioteca2019”
- ✓ Ingresar a la página web de administración del sistema, usuario.
- ✓ Si requiere ingresar desde otro dispositivo ingresar la dirección IP “192.168.4.3”
- ✓ Ingresar el usuario y la clave.



Por favor identifíquese

operador

.....

Entrar

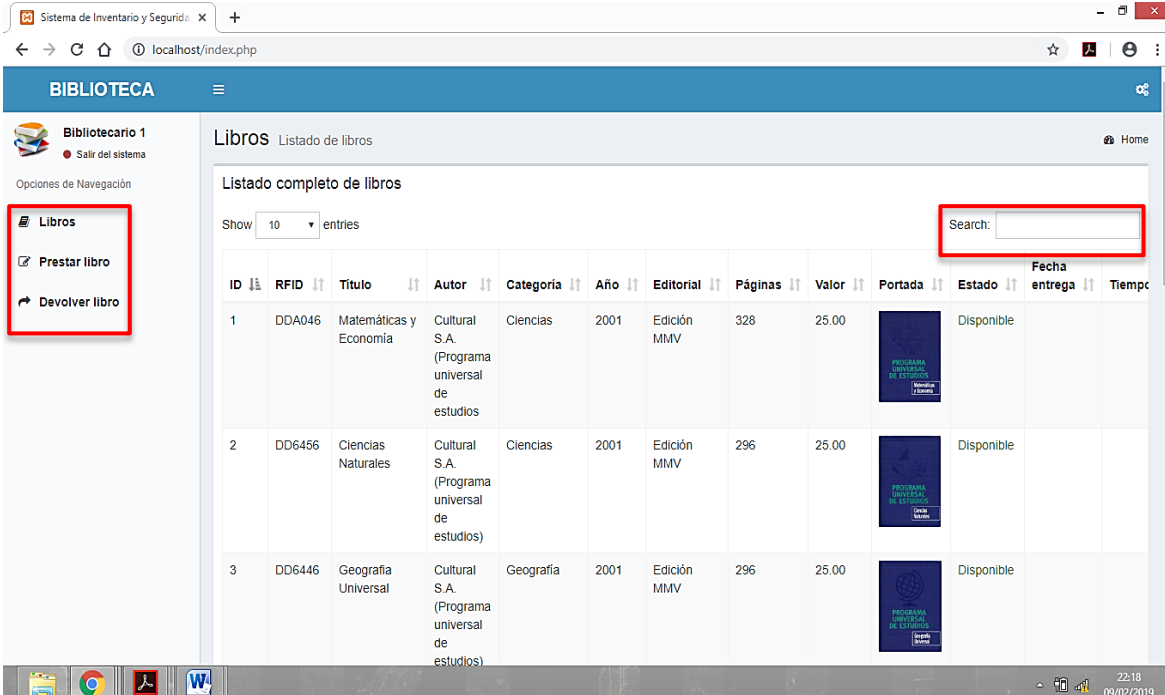
Para que la persona encargada de la biblioteca pueda acceder a la página web del control de inventario es necesario ingresar los siguientes datos:

- **Usuario:** operador
- **Clave:** operador

Importante: Las claves y usuario son de uso exclusivo del operador de la biblioteca y es de su responsabilidad cuidarlas y protegerlas.

3.- Interfaz de la página principal de la página administrativa

La ventana que se abre inicialmente al ingresar a la página del sistema se muestra de la siguiente forma:



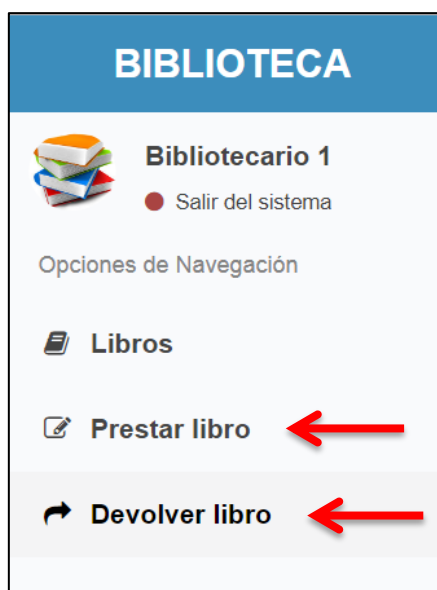
The screenshot displays a web browser window with the URL localhost/index.php. The page title is 'BIBLIOTECA'. On the left, there is a sidebar with a user profile 'Bibliotecario 1' and a 'Salir del sistema' button. Below this, there are navigation options: 'Libros', 'Prestar libro', and 'Devolver libro', all highlighted with a red box. The main content area is titled 'Libros Listado de libros' and contains a search bar (also highlighted with a red box) and a table of books. The table has columns for ID, RFID, Título, Autor, Categoría, Año, Editorial, Páginas, Valor, Portada, Estado, Fecha entrega, and Tiempo. Three books are listed, all with 'Disponible' status.

ID	RFID	Título	Autor	Categoría	Año	Editorial	Páginas	Valor	Portada	Estado	Fecha entrega	Tiempo
1	DDA046	Matemáticas y Economía	Cultural S.A. (Programa universal de estudios)	Ciencias	2001	Edición MMV	328	25.00		Disponible		
2	DD6456	Ciencias Naturales	Cultural S.A. (Programa universal de estudios)	Ciencias	2001	Edición MMV	296	25.00		Disponible		
3	DD6446	Geografía Universal	Cultural S.A. (Programa universal de estudios)	Geografía	2001	Edición MMV	296	25.00		Disponible		

El contenido que se despliega muestra el inventario de libros existentes en la biblioteca, la información correspondiente a cada, muestra su estado y las fechas de entrega y devolución.

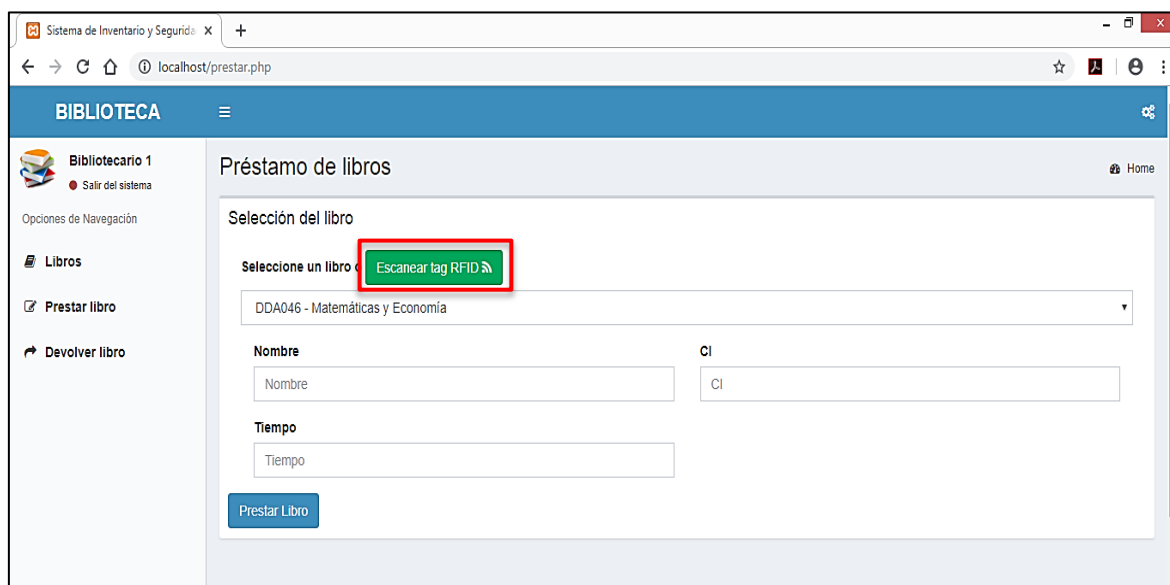
En esta página se podrá determinar la disponibilidad de libros en tiempo real y se puede buscar de manera rápida a través de filtros o la opción de “buscar”

Al lado izquierdo de la página se muestran las otras funciones para gestión bibliotecaria y son: “Prestar libro y “Devolver libro” y se muestran a continuación:



4.- Proceso para PRESTACIÓN de libros

Para prestar un libro el bibliotecario o administrador deberá ingresar a la pestaña de “Prestar libros y se desplegara la siguiente pantalla:



En esta página se hará el registro del usuario del libro una vez seleccionado el libro solicitado, para verificar el texto se da lectura al *tag* con la antena del escritorio y dar clic en “Escanear tag RFID” o se selecciona de la lista.

Se solicita la cedula del usuario y se ingresa los datos solicitados: Nombre y número de cedula y se define el tiempo que será prestado el libro el cual por temas demostrativos fue configurado en segundos.

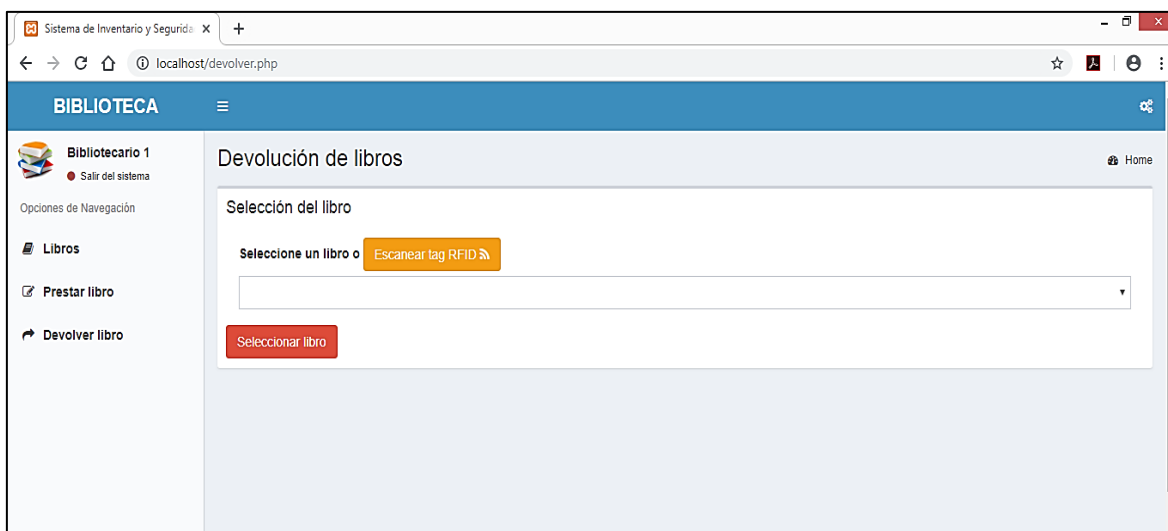
Una vez ingresado estos datos se presiona el botón “Prestar libro” lo cual autorizara la salida del libro y al momento de salir de la biblioteca el lector de seguridad activara la luz verde confirmando que el procedimiento de préstamo fue correcto y el usuario podrá salir del lugar sin ningún inconveniente.

5.- Proceso para DEVOLUCIÓN de libros

Cuando un usuario haya regresado con el libro a devolver en la biblioteca la antena lectora del ingreso realizará la lectura del *tag* y la torre de luz mostrará el estado que se encuentra el libro de la siguiente manera:

- ✓ Si el libro es entregado dentro del plazo establecido activará la luz verde y se procederá a entregar el libro sin inconveniente.
- ✓ Si el libro ingresa a la biblioteca fuera de los tiempos establecidos, la luz naranja dará aviso de que el libro tiene demora, lo cual permitirá aplicar alguna sanción o multa que se aplicara de acuerdo a las políticas de cada biblioteca.

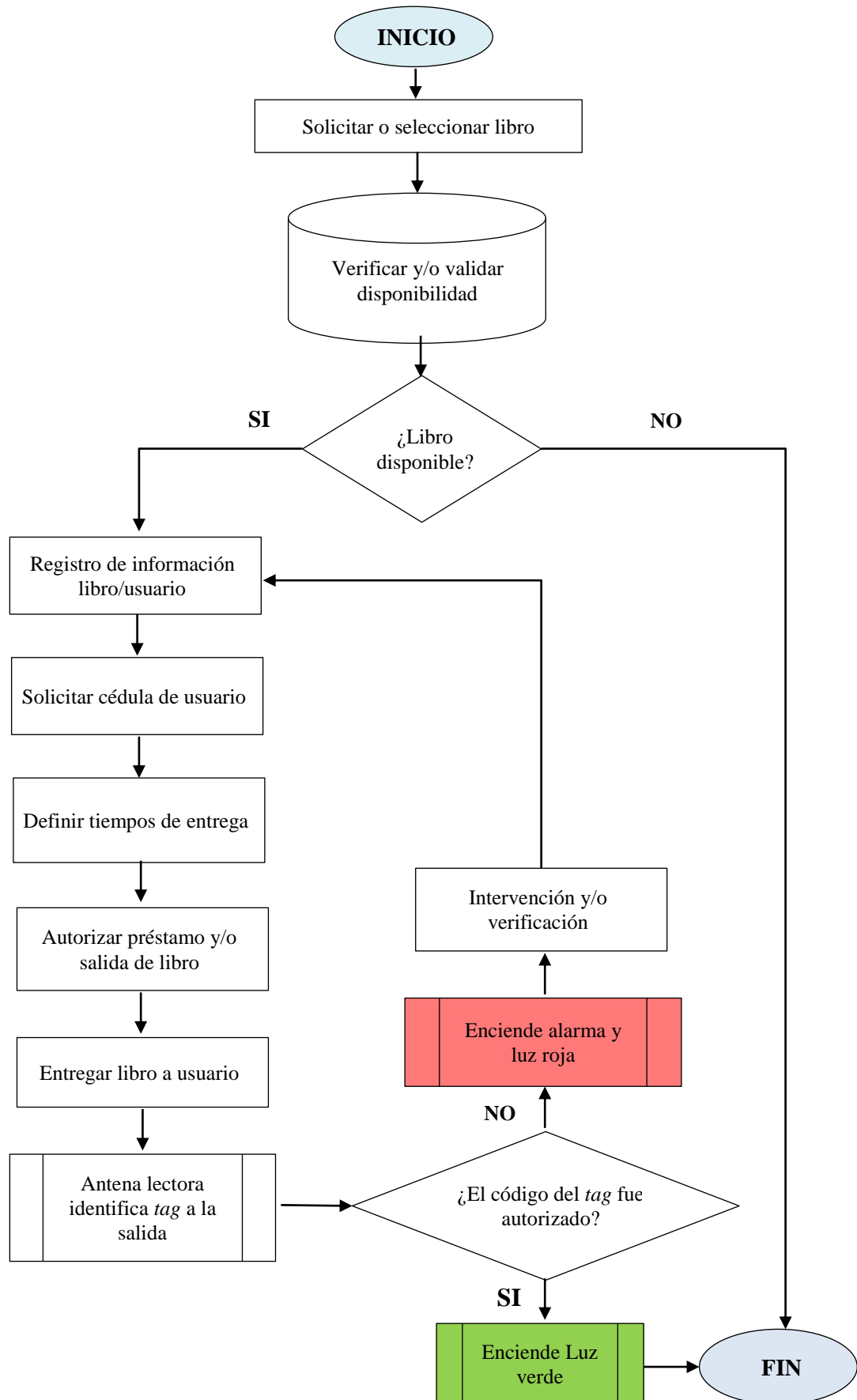
La ventana de la página para hacer devoluciones de libro se muestra de la siguiente manera:



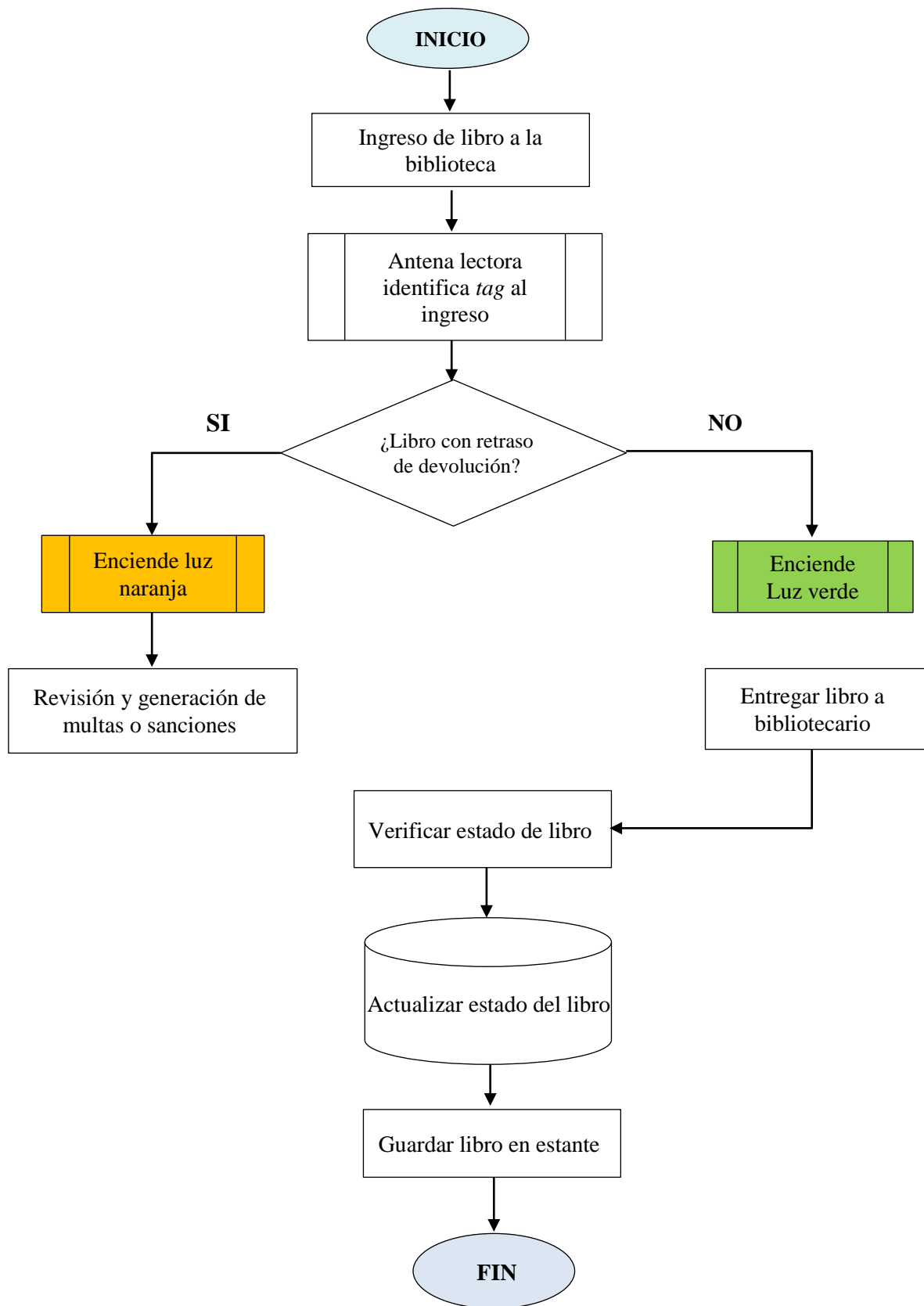
Para hacer el ingreso del libro se escanea el tag para verificar su autenticidad, la pagina mostrará los datos de la persona a la cual fue prestado un libro y fechas.

En caso de atraso se aplica la multa o sanción y se procede a dar clic en “Seleccionar libro” para confirmar la entrega. El libro volverá a estar en estado “disponible”.

El proceso para “PRESTACIÓN” de libros es el siguiente:



El proceso para “DEVOLUCIÓN” de libros es el siguiente:



2. Lista de componentes de la placa

COMPONENTES DE LAS PLACAS

Categoría	Referencia	Valor
Conector Jack hembra	J1	2.1mm
Diodo	D1	1N4001
	D2	1N4001
	D3	1N4001
	D4	1N4001
	D5	1N4001
Capacitor	C1	100nf
	C2	470uf
	C5	470uf
	C6	100nf
Regulador	U3	LM1117 / 3.3V
Módulo Wi-Fi	U1	ESP-12F
Resistencias	R1	10k
	R2	10k
	R3	10k
	R4	1k
	R5	2.2k
Interruptor	SW1	6mm
	SW2	6mm
Arduino	A1	Uno R3
Transistor	Q1	2N3904
	Q2	2N3904
	Q3	2N3904
	Q4	2N3904
Relé	K1	G5LE-1 / DC12v
	K2	G5LE-1 / DC12v
	K3	G5LE-1 / DC12v
	K4	G5LE-1 / DC12v

3. Código de programación para Arduino Uno y Modulo Wi-Fi ESP 12F

CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN PARA LA EL ARDUINO UNO DE LA PLACA “A”:

```
#include <Wiegand.h>
#include <SoftwareSerial.h>

// Estos son los pines conectados a las señales Wiegand D0 y D1
#define PIN_D0 2
#define PIN_D1 3

// El objeto que maneja el protocolo wiegand.
Wiegand wiegand;
SoftwareSerial Serial_esp(5, 4);

// Estos son los pines conectados a la torre de luz y alarma.
int pin_alarma = 11;
int pin_rojo = 10;
int pin_naranja = 9;
int pin_verde = 8;

// Inicializar el lector Wiegand
void setup() {
  pinMode(pin_alarma, OUTPUT);
  digitalWrite(pin_alarma, LOW);
  pinMode(pin_rojo, OUTPUT);
  digitalWrite(pin_rojo, LOW);
  pinMode(pin_naranja, OUTPUT);
  digitalWrite(pin_naranja, LOW);
  pinMode(pin_verde, OUTPUT);
  digitalWrite(pin_verde, LOW);
  Serial.begin(9600);
  Serial_esp.begin(9600);
}
```

```

//Instalar oyentes e inicializar el lector Wiegand.
wiegand.onReceive(receivedData, "#r");
wiegand.onStateChange(stateChanged, "State changed: ");
wiegand.begin(WIEGAND_LENGTH_AUTO);
//Inicializa los pines como ENTRADA y adjunta interrupciones.
pinMode(PIN_D0, INPUT);
pinMode(PIN_D1, INPUT);
attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(PIN_D0), pinStateChanged, CHANGE);
attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(PIN_D1), pinStateChanged, CHANGE);
}
void loop() {
  noInterrupts();
  wiegand.flush();
  interrupts();
  delay(100);
  serial_listen();
}

// Cuando alguno de los pines haya cambiado, actualice el estado de la biblioteca
wiegand
void pinStateChanged() {
  wiegand.setPin0State(digitalRead(PIN_D0));
  wiegand.setPin1State(digitalRead(PIN_D1));
}
void stateChanged(bool plugged, const char* message) {
  //Serial.print(message);
  //Serial.println(plugged ? "CONNECTED": "DISCONNECTED");
}
void receivedData(uint8_t* data, uint8_t bits, const char* message) {
  Serial.print(message);
  Serial_esp.print(message);

  //Mostrar valor en HEX
  uint8_t bytes = (bits+7)/8;

```

```

for (int i=0; i<bytes; i++) {
    Serial.print(data[i] >> 4, 16);
    Serial.print(data[i] & 0xF, 16);
    Serial_esp.print(data[i] >> 4, 16);
    Serial_esp.print(data[i] & 0xF, 16);
}
Serial.print("*");
Serial_esp.print("*");
//Serial.println();
}
void serial_listen(){
    if (Serial_esp.available() > 0)
    {
        delay(10);
        while (Serial_esp.available() > 0) {
            char inByte = Serial_esp.read();
            if(inByte == '#'){
                inByte = Serial_esp.read();
                if(inByte == 'a'){
                    digitalWrite(pin_alarma, HIGH);
                    digitalWrite(pin_rojo, HIGH);
                    delay(5000);
                    digitalWrite(pin_alarma, LOW);
                    digitalWrite(pin_rojo, LOW);
                }
            }
            if(inByte == 'n'){
                digitalWrite(pin_naranja, HIGH);
                digitalWrite(pin_alarma, HIGH);
                delay(200);
                digitalWrite(pin_alarma, LOW);
                delay(200);
                digitalWrite(pin_alarma, HIGH);
                delay(200);
                digitalWrite(pin_alarma, LOW);
            }
        }
    }
}

```



```
#endif

const char* ssid = STASSID;
const char* password = STAPSK;
String ultimo = "";

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial_328.begin(9600);
  Serial.println("listo");
  Serial.println();

  //Se define al módulo como estación.
  WiFi.mode(WIFI_STA);
  WiFi.begin(ssid, password);

  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }
  Serial.println("conectado");
  Serial.println("IP address: ");
  Serial.println(WiFi.localIP());
}

void loop() {
  serial_listen();

}

void serial_listen(){
  if (Serial_328.available() > 0)
  {
    ultimo = "";
    delay(10);
```



```

while (Serial_328.available() > 0) {
  char inByte = Serial_328.read();
  // #rDDA0E6*
  if(inByte == '#'){
    inByte = Serial_328.read();
    if(inByte == 'r'){
      inByte = Serial_328.read();
      while (inByte != '*') {
        ultimo += inByte;
        inByte = Serial_328.read();
      }
    }
  }
  Serial.print(ultimo);
  get_status(ultimo);
}
}

void get_status(String rfidlibro){

WiFiClient client;
  HTTPClient http;

  String geturl = "http://192.168.4.3/get_status.php?get_libro=";
  geturl += rfidlibro;

  Serial.print("[HTTP] begin...\n");
  if (http.begin(client, geturl)) { // HTTP

    Serial.print("[HTTP] GET...\n");
    // start connection and send HTTP header
    int httpCode = http.GET();
    // httpCode will be negative on error
    if (httpCode > 0) {

```

```

Serial.printf("[HTTP] GET... code: %d\n", httpCode);

// Archivo encontrado por servidor
if (httpCode == HTTP_CODE_OK || httpCode ==
HTTP_CODE_MOVED_PERMANENTLY) {
    String payload = http.getString();
    Serial.println(payload);
    Serial_328.print(payload);
}
} else {
    Serial.printf("[HTTP] GET... failed, error: %s\n",
http.errorToString(httpCode).c_str());
}
http.end();
} else {
    Serial.printf("[HTTP] Unable to connect\n");
}
}
}

```

**CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN PARA LA EL ARDUINO UNO DE LA PLACA
“B”:**

```

#include <Wiegand.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#define PIN_D0 2
#define PIN_D1 3
Wiegand wiegand;
SoftwareSerial Serial_esp(5, 4);

// Initialize Wiegand reader
void setup() {
    Serial.begin(9600);
    Serial_esp.begin(9600);
}

```

```

wiegand.onReceive(receivedData, "#r");
wiegand.onStateChange(stateChanged, "State changed: ");
wiegand.begin(WIEGAND_LENGTH_AUTO);

pinMode(PIN_D0, INPUT);
pinMode(PIN_D1, INPUT);
attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(PIN_D0), pinStateChanged, CHANGE);
attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(PIN_D1), pinStateChanged, CHANGE);
pinStateChanged();
}
void loop() {
  noInterrupts();
  wiegand.flush();
  interrupts();
  delay(100);
}
wiegand.setPin0State(digitalRead(PIN_D0));
wiegand.setPin1State(digitalRead(PIN_D1));
}
void stateChanged(bool plugged, const char* message) {
}
void receivedData(uint8_t* data, uint8_t bits, const char* message) {
  Serial.print(message);
  Serial_esp.print(message);
  uint8_t bytes = (bits+7)/8;
  for (int i=0; i<bytes; i++) {
    Serial.print(data[i] >> 4, 16);
    Serial.print(data[i] & 0xF, 16);
    Serial_esp.print(data[i] >> 4, 16);
    Serial_esp.print(data[i] & 0xF, 16);
  }
  Serial.print("*");
  Serial_esp.print("*");
  //Serial.println();
}

```

```
}
```

CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN DEL MÓDULO WI-FI ESP 12F, DE LA PLACA “B”:

```
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial Serial_328(12, 13);

#include <ESP8266WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>
#include <ESP8266WebServer.h>
#include <ESP8266mDNS.h>

#ifndef STASSID
#define STASSID "RFID_Biblioteca"
#define STAPSK "biblioteca2019"
#endif

const char* ssid = STASSID;
const char* password = STAPSK;

ESP8266WebServer server(80);

String ultimo = "";

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial_328.begin(9600);
  Serial.println("listo");
  Serial.println();

  //Se define eta placa como Punto de Acceso
  WiFi.mode(WIFI_AP);
  WiFi.softAP(ssid, password);
```

```

if (MDNS.begin("libroserver")) {
  Serial.println("MDNS responder started");
}
server.on("/", handleRoot);
server.onNotFound(handleNotFound);
server.begin();

MDNS.update();

Serial.println("HTTP server started");
}
void loop() {

  serial_listen();
  server.handleClient();

}
void serial_listen(){
  if (Serial_328.available() > 0)
  {
    ultimo = "";
    delay(10);

    while (Serial_328.available() > 0) {
      char inByte = Serial_328.read();
      // #rDDA0E6*
      if(inByte == '#'){
        inByte = Serial_328.read();
        if(inByte == 'r'){
          inByte = Serial_328.read();
          while (inByte != '*') {
            ultimo += inByte;
            inByte = Serial_328.read();
          }
        }
      }
    }
  }
}

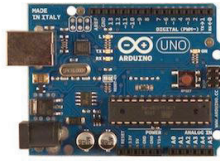
```

```

    }
    }
    }
    Serial.print(ultimo);
}
}
void handleRoot() {
    server.sendHeader("Access-Control-Allow-Origin", "*");
    server.sendHeader("Allow", "HEAD,GET,PUT,POST,DELETE,OPTIONS");
    server.sendHeader("Access-Control-Allow-Methods", "GET, HEAD, POST,
PUT");
    server.send(200, "text/plain", ultimo);
}
void handleNotFound() {
    String message = "File Not Found\n\n";
    message += "URI: ";
    message += server.uri();
    message += "\nMethod: ";
    message += (server.method() == HTTP_GET) ? "GET" : "POST";
    message += "\nArguments: ";
    message += server.args();
    message += "\n";
    for (uint8_t i = 0; i < server.args(); i++) {
        message += " " + server.argName(i) + ": " + server.arg(i) + "\n";
    }
    server.send(404, "text/plain", message);
}

```

4. Arduino Uno R3



Overview

The Arduino Uno is a microcontroller board based on the ATmega328 ([datasheet](#)). It has 14 digital input/output pins (of which 6 can be used as PWM outputs), 6 analog inputs, a 16 MHz crystal oscillator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started.

The Uno differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the ATmega8U2 programmed as a USB-to-serial converter.

"Uno" means one in Italian and is named to mark the upcoming release of Arduino 1.0. The Uno and version 1.0 will be the reference versions of Arduino, moving forward. The Uno is the latest in a series of USB Arduino boards, and the reference model for the Arduino platform; for a comparison with previous versions, see the [index of Arduino boards](#).

Summary

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-9V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328) (0.5 KB used by bootloader)
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz

Schematic & Reference Design

EAGLE files: [arduino-uno-reference-design.zip](#)

Schematic: [arduino-uno-schematic.pdf](#)

Power

The Arduino Uno can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically.

External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm centre-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The power pins are as follows:

- **VIN.** The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.
- **5V.** The regulated power supply used to power the microcontroller and other components on the board. This can come either from VIN via an on-board regulator, or be supplied by USB or another regulated 5V supply.
- **3V3.** A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- **GND.** Ground pins.

Memory

The ATmega328 has 32 KB (with 0.5 KB used for the bootloader). It also has 2 KB of SRAM and 1 KB of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)).

Input and Output

Each of the 14 digital pins on the Uno can be used as an input or output, using [pinMode\(\)](#), [digitalWrite\(\)](#), and [digitalRead\(\)](#) functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- **Serial: 0 (RX) and 1 (TX).** Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. These pins are connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip.
- **External Interrupts: 2 and 3.** These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the [attachInterrupt\(\)](#) function for details.
- **PWM: 3, 5, 6, 9, 10, and 11.** Provide 8-bit PWM output with the [analogWrite\(\)](#) function.
- **SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK).** These pins support SPI communication using the [SPI library](#).
- **LED: 13.** There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.

The Uno has 6 analog inputs, labeled A0 through A5, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though it is possible to change the upper end of their range using the AREF pin and the [analogReference\(\)](#) function. Additionally, some pins have specialized functionality:

- **I²C: 4 (SDA) and 5 (SCL).** Support I²C (TWI) communication using the [Wire library](#).

There are a couple of other pins on the board:

- **AREF.** Reference voltage for the analog inputs. Used with [analogReference\(\)](#).
- **Reset.** Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.

See also the [mapping between Arduino pins and ATmega328 ports](#)

Communication

The Arduino Uno has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega328 provides UART TTL (5V) serial communication, which is available on digital pins 0 (RX) and 1 (TX). An ATmega8U2 on the board channels this serial communication over USB and appears as a virtual com port to software on the computer. The '8U2 firmware uses the standard USB COM drivers, and no external driver is needed. However, [on Windows, a .inf file is required](#). The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the Arduino board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the USB-to-serial chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).

A [SoftwareSerial library](#) allows for serial communication on any of the Uno's digital pins.

The ATmega328 also supports I2C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a [Wire library](#) to simplify use of the I2C bus; see the [documentation](#) for details. For SPI communication, use the [SPI library](#).

Programming

The Arduino Uno can be programmed with the Arduino software ([download](#)). Select "Arduino Uno" from the **Tools > Board** menu (according to the microcontroller on your board). For details, see the [reference](#) and [tutorials](#).

The ATmega328 on the Arduino Uno comes preburned with a [bootloader](#) that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It communicates using the original STK500 protocol ([reference](#), [C header files](#)).

You can also bypass the bootloader and program the microcontroller through the ICSP (In-Circuit Serial Programming) header; see [these instructions](#) for details.

The ATmega8U2 firmware source code is available. The ATmega8U2 is loaded with a DFU bootloader, which can be activated by connecting the solder jumper on the back of the board (near the map of Italy) and then resetting the 8U2. You can then use [Atmel's FLIP software](#) (Windows) or the [DFU programmer](#) (Mac OS X and Linux) to load a new firmware. Or you can use the ISP header with an external programmer (overwriting the DFU bootloader). See [this user-contributed tutorial](#) for more information.

Automatic (Software) Reset

Rather than requiring a physical press of the reset button before an upload, the Arduino Uno is designed in a way that allows it to be reset by software running on a connected computer. One of the hardware flow control lines (DTR) of the ATmega8U2 is connected to the reset line of the ATmega328 via a 100 nanofarad capacitor. When this line is asserted (taken low), the reset line drops long enough to reset the chip. The Arduino software uses this capability to allow you to upload code by simply pressing the upload button in the Arduino environment. This means that the bootloader can have a shorter timeout, as the lowering of DTR can be well-coordinated with the start of the upload.

This setup has other implications. When the Uno is connected to either a computer running Mac OS X or Linux, it resets each time a connection is made to it from software (via USB). For the following half-second or so, the bootloader is running on the Uno. While it is programmed to ignore malformed data (i.e. anything besides an upload of new code), it will intercept the first few bytes of data sent to the board after a connection is opened. If a sketch running on the board receives one-time configuration or other data when it first starts, make sure that the software with which it communicates waits a second after opening the connection and before sending this data.

The Uno contains a trace that can be cut to disable the auto-reset. The pads on either side of the trace can be soldered together to re-enable it. It's labeled "RESET-EN". You may also be able to disable the auto-reset by connecting a 110 ohm resistor from 5V to the reset line; see [this forum thread](#) for details.

USB Overcurrent Protection

The Arduino Uno has a resettable polyfuse that protects your computer's USB ports from shorts and overcurrent. Although most computers provide their own internal protection, the fuse provides an extra layer of protection. If more than 500 mA is applied to the USB port, the fuse will automatically break the connection until the short or overload is removed.

Physical Characteristics

The maximum length and width of the Uno PCB are 2.7 and 2.1 inches respectively, with the USB connector and power jack extending beyond the former dimension. Four screw holes allow the board to be attached to a surface or case. Note that the distance between digital pins 7 and 8 is 160 mil (0.16"), not an even multiple of the 100 mil spacing of the other pins.

5. Modulo Wi-Fi ESP 12F



ESP-12F WiFi Module

Version 1.0

Table Of Contents

1. Preambles	3
1.1. Features	4
1.2. Parameters	5
2. Pin Descriptions	7
3. Packaging and Dimension	10
4. Functional Descriptions	12
4.1. MCU	12
4.2. Memory Organization	12
4.2.1. Internal SRAM and ROM	12
4.2.2. External SPI Flash	12
4.3. Crystal	13
4.4. Interfaces	14
4.5. Absolute Maximum Ratings	15
4.6. Recommended Operating Conditions	16
4.7. Digital Terminal Characteristics	16
5. RF Performance	16
6. Power Consumption	17
7. Reflow Profile	19
8. Schematics	20

1. Preambles

ESP-12F WiFi module is developed by Ai-thinker Team. core processor ESP8266 in smaller sizes of the module encapsulates Tensilica L106 integrates industry-leading ultra low power 32-bit MCU micro, with the 16-bit short mode, Clock speed support 80 MHz, 160 MHz, supports the RTOS, integrated Wi-Fi MAC/BB/RF/PA/LNA, on-board antenna.

The module supports standard IEEE802.11 b/g/n agreement, complete TCP/IP protocol stack. Users can use the add modules to an existing device networking, or building a separate network controller.

ESP8266 is high integration wireless SOCs, designed for space and power constrained mobile platform designers. It provides unsurpassed ability to embed Wi-Fi capabilities within other systems, or to function as a standalone application, with the lowest cost, and minimal space requirement.

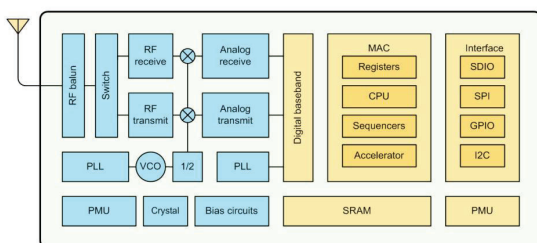


Figure 1 ESP8266EX Block Diagram

ESP8266EX offers a complete and self-contained Wi-Fi networking solution; it can be used to host the application or to offload Wi-Fi networking functions from another application processor.

When ESP8266EX hosts the application, it boots up directly from an external flash. It has integrated cache to improve the performance of the system in such applications.

Alternately, serving as a Wi-Fi adapter, wireless internet access can be added to any micro controller-based design with simple connectivity (SPI/SDIO or I2C/UART interface).

ESP8266EX is among the most integrated Wi-Fi chip in the industry; it integrates the antenna switches, RF balun, power amplifier, low noise receive amplifier, filters, power management modules, it requires minimal external circuitry, and the entire solution, including front-end module, is designed to occupy minimal PCB area.

ESP8266EX also integrates an enhanced version of Tensilica's L106 Diamond series 32-bit processor, with on-chip SRAM, besides the Wi-Fi functionalities. ESP8266EX is often integrated with external sensors and other application specific devices through its GPIOs; codes for such applications are provided in examples in the SDK.

Espressif Systems' Smart Connectivity Platform (ESCP) demonstrates sophisticated system-level features include fast sleep/wake context switching for energy-efficient VoIP, adaptive radio biasing, for low-power operation, advance signal processing, and spur cancellation and radio co-existence features for common cellular, Bluetooth, DDR, LVDS, LCD interference mitigation.

1.1. Features

- 802.11 b/g/n
- Integrated low power 32-bit MCU
- Integrated 10-bit ADC
- Integrated TCP/IP protocol stack
- Integrated TR switch, balun, LNA, power amplifier and matching network
- Integrated PLL, regulators, and power management units
- Supports antenna diversity
- Wi-Fi 2.4 GHz, support WPA/WPA2
- Support STA/AP/STA+AP operation modes
- Support Smart Link Function for both Android and iOS devices
- SDIO 2.0, (H) SPI, UART, I2C, I2S, IRDA, PWM, GPIO
- STBC, 1x1 MIMO, 2x1 MIMO
- A-MPDU & A-MSDU aggregation and 0.4s guard interval
- Deep sleep power <10uA, Power down leakage current < 5uA
- Wake up and transmit packets in < 2ms
- Standby power consumption of < 1.0mW (DTIM3)

- +20dBm output power in 802.11b mode
- Operating temperature range -40C ~ 125C
- FCC, CE, and ROSH certified

1.2. Parameters

Table 1 below describes the major parameters.

Table 1 Parameters

Categories	Items	Values
WiFi Parameters	Certificates	FCC/CE/ROSH
	WiFi Protocols	802.11 b/g/n
	Frequency Range	2.4GHz-2.5GHz (2400M-2483.5M)
Hardware Parameters	Peripheral Bus	UART/HSPi/I2C/I2S/Ir Remote Control GPIO/PWM
	Operating Voltage	3.0~3.6V
	Operating Current	Average value: 80mA
	Operating Temperature Range	-40~125°
	Ambient Temperature Range	Normal temperature
	Package Size	16mm*24mm*3mm
	External Interface	N/A
Software Parameters	Wi-Fi mode	station/softAP/SoftAP+station
	Security	WPA/WPA2
	Encryption	WEP/TKIP/AES
	Firmware Upgrade	UART Download / OTA (via network) / download and write firmware via host
	Software Development	Supports Cloud Server Development / SDK for custom firmware development
	Network Protocols	IPv4, TCP/UDP/HTTP/FTP
	User Configuration	AT Instruction Set, Cloud Server, Android/iOS App

2. Pin Descriptions

There are altogether 18 pin counts, the definitions of which are described in Table 2 below.

Table 2 Pin Design

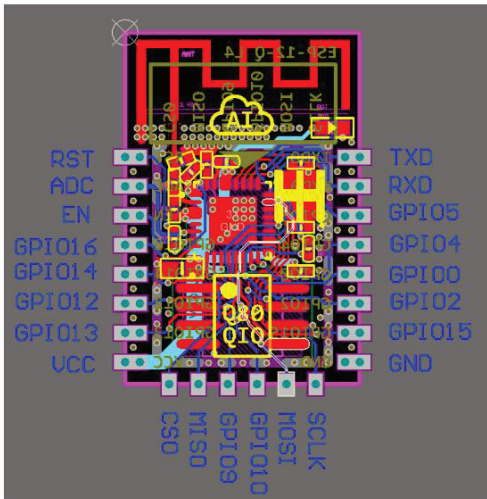


Table 3 Pin Descriptions

NO	Pin Name	Function
1	RST	Reset the module
2	ADC	A/D Conversion result. Input voltage range 0-1v, scope: 0-1024
3	EN	Chip enable pin. Active high
4	GPIO16	GPIO16; can be used to wake up the chipset from deep sleep mode
5	GPIO14	GPIO14; HSPi_CLK
6	GPIO12	GPIO12; HSPi_MISO
7	GPIO13	GPIO13; HSPi_MOSI; UART0_CTS
8	VCC	3.3V power supply (VDD)
9	CS0	Chip selection
10	MISO	Salve output Main input
11	IO9	GPIO9
12	IO10	GPIO10
13	MOSI	Main output slave input
14	SCLK	Clock
15	GND	GND
16	GPIO15	GPIO15; MTDO; HSPiCS; UART0_RTS
17	GPIO2	GPIO2; UART1_TXD
18	GPIO0	GPIO0
19	GPIO4	GPIO4

20	GPIO5	GPIO5
21	RXD	UART0_RXD; GPIO3
22	TXD	UART0_TXD; GPIO1

Table 4 Pin Mode

Mode	GPIO15	GPIO0	GPIO2
UART	low	low	high
Flash Boot	low	high	high

Table 5 Receiver Sensitivity

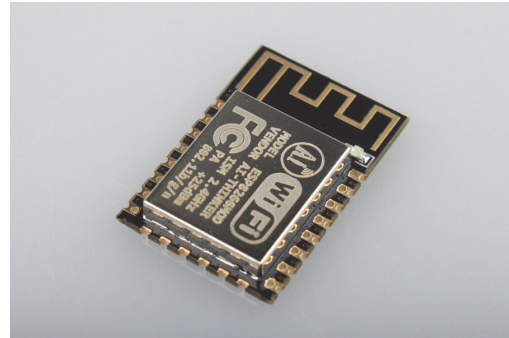
Parameters	Min	Typical	Max	Unit
Input frequency	2412		2484	MHz
Input impedance		50		Ω
Input reflection			-10	dB
Output power of PA for 72.2Mbps	14	15	16	dBm
Output power of PA for 11b mode	17.5	18.5	19.5	dBm
Sensitivity				
DSSS, 1 Mbps		-98		dBm
CCK, 11 Mbps		-91		dBm
6 Mbps (1/2 BPSK)		-93		dBm
54 Mbps (3/4 64-QAM)		-75		dBm
HT20, MCS7 (65 Mbps, 72.2 Mbps)		-72		dBm

9

Adjacent Channel Rejection				
OFDM, 6 Mbps		37		dB
OFDM, 54 Mbps		21		dB
HT20, MCS0		37		dB
HT20, MCS7		20		dB

3. Packaging and Dimension

The external size of the module is 16mm*24mm*3mm, as is illustrated in Figure 3 below. The type of flash integrated in this module is an SPI flash, the capacity of which is 4 MB, and the package size of which is SOP-210mil. The antenna applied on this module is a 3DBi PCB-on-board antenna.



10

Figure 2 [Module Pin Counts, 18 pin, 16.0 mm x 24.0 mm x 3.0 mm]

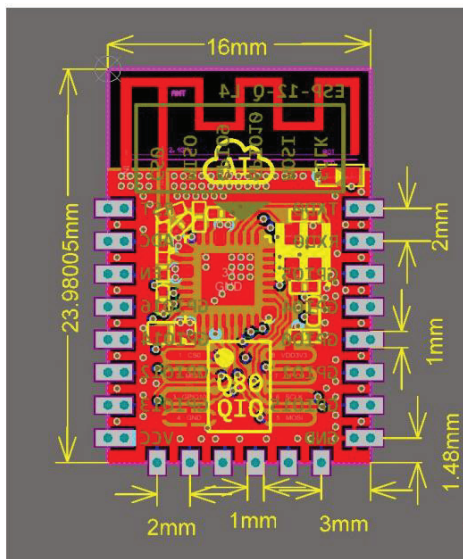


Figure 3 Top View of ESP-12F WiFi Module

11

Table 6 Dimension of ESP-12F WiFi Module

Length	Width	Height	PAD Size(Bottom)	Pin Pitch
16mm	24mm	3 mm	0.9 mm x 1.7 mm	2mm

4. Functional Descriptions

4.1. MCU

ESP8266EX is embedded with Tensilica L106 32-bit micro controller (MCU), which features extra low power consumption and 16-bit RSIC. The CPU clock speed is 80MHz. It can also reach a maximum value of 160MHz. ESP8266EX is often integrated with external sensors and other specific devices through its GPIOs; codes for such applications are provided in examples in the SDK.

4.2. Memory Organization

4.2.1. Internal SRAM and ROM

ESP8266EX WiFi SoC is embedded with memory controller, including SRAM and ROM. MCU can visit the memory units through iBus, dBus, and AHB interfaces. All memory units can be visited upon request, while a memory arbiter will decide the running sequence according to the time when these requests are received by the processor.

According to our current version of SDK provided, SRAM space that is available to users is assigned as below:

- RAM size < 36kB, that is to say, when ESP8266EX is working under the station mode and is connected to the router, programmable space accessible to user in heap and data section is around 36kB.)
- There is no programmable ROM in the SoC, therefore, user program must be stored in an external SPI flash.

4.2.2. External SPI Flash

This module is mounted with an 4 MB external SPI flash to store user programs. If larger definable storage space is required, a SPI flash with larger memory size is preferred. Theoretically speaking, up to 16 MB memory capacity can be supported.

Suggested SPI Flash memory capacity:

- OTA is disabled: the minimum flash memory that can be supported is 512 kB;
- OTA is enabled: the minimum flash memory that can be supported is 1 MB.

Several SPI modes can be supported, including Standard SPI, Dual SPI, and Quad SPI.

12

Therefore, please choose the correct SPI mode when you are downloading into the flash, otherwise firmwares/programs that you downloaded may not work in the right way.

4.3. Crystal

Currently, the frequency of crystal oscillators supported include 40MHz, 26MHz and 24MHz. The accuracy of crystal oscillators applied should be $\pm 10\text{PPM}$, and the operating temperature range should be between -20°C and 85°C .

When using the downloading tools, please remember to select the right crystal oscillator type. In circuit design, capacitors C1 and C2, which are connected to the earth, are added to the input and output terminals of the crystal oscillator respectively. The values of the two capacitors can be flexible, ranging from 6pF to 22pF, however, the specific capacitive values of C1 and C2 depend on further testing and adjustment on the overall performance of the whole circuit. Normally, the capacitive values of C1 and C2 are within 10pF if the crystal oscillator frequency is 26MHz, while the values of C1 and C2 are 10pF<C1, C2<22pF if the crystal oscillator frequency is 40MHz.

4.4. Interfaces

Table 7 Descriptions of Interfaces

Interface	Pin Name	Description
HSPI	IO12(MISO), IO13(MOSI) IO14(CLK), IO15(CS)	SPI Flash , display screen, and MCU can be connected using HSPI interface
PWM	IO12(R), IO15(G), IO13(B)	Currently the PWM interface has four channels, but users can extend the channels according to their own needs. PWM interface can be used to control LED lights, buzzers, relays, electronic machines, and so on.
IR Remote Control	IO14(IR_T), IO5(IR_R)	The functionality of Infrared remote control interface can be implemented via software programming. NEC coding, modulation, and demodulation are used by this interface. The frequency of modulated carrier signal is 38KHz.
ADC	TOUT	ESP8266EX integrates a 10-bit analog ADC. It can be used to test the power supply voltage of VDD3P3 (Pin3 and Pin4) and the input power voltage of TOUT (Pin 6). However, these two functions cannot be used simultaneously. This interface is typically used in sensor products.
I2C	IO14(SCL), IO2(SDA)	I2C interface can be used to connect external sensor products and display screens, etc.
UART	UART0: TXD(U0TXD), RXD(U0RXD), IO15(RTS), IO13(CTS) UART1: IO2(TXD)	Devices with UART interfaces can be connected with the module. Downloading: U0TXD+U0RXD or GPIO2+U0RXD Communicating: UART0: U0TXD, U0RXD, MTDO (U0RTS), MTCK (U0CTS) Debugging: UART1_TXD (GPIO2) can be used to print debugging information. By default, UART0 will output some printed information when the device is powered on and is booting up. If this issue exerts influence on some specific applications, users can exchange the inner pins of UART when initializing, that is to say, exchange U0TXD, U0RXD with

		U0RTS, U0CTS.
I2S	I2S Input : IO12 (I2S_DATA); IO13 (I2S_BCK); IO14 (I2S_WS); I2S Output : IO15 (I2SO_BCK); IO3 (I2SO_DATA); IO2 (I2SO_WS).	I2S interface is mainly used for collecting, processing, and transmission of audio data.

4.5. Absolute Maximum Ratings

Table 8 Absolute Maximum Ratings

Rating	Condition	Value	Unit
Storage Temperature		-40 to 125	$^{\circ}\text{C}$
Maximum Soldering Temperature		260	$^{\circ}\text{C}$
Supply Voltage	IPC/JEDEC J-STD-020	+3.0 to +3.6	V

4.6. Recommended Operating Conditions

Table 9 Recommended Operating Conditions

Operating Condition	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Operating Temperature		-40	20	125	$^{\circ}\text{C}$
Supply voltage	VDD	3.0	3.3	3.6	V

4.7. Digital Terminal Characteristics

Table 10 Digital Terminal Characteristics

Terminals	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Input logic level low	VIL	-0.3		0.25VDD	V
Input logic level high	VIH	0.75VDD		VDD+0.3	V
Output logic level low	VOL	N		0.1VDD	V
Output logic level high	VOH	0.8VDD		N	V

Note: Test conditions: VDD = 3.3V, Temperature = 20°C , if nothing special is stated.

5. RF Performance

Table 10 RF Performance

Description	Min	Typ.	Max	Unit
Input frequency	2400		2483.5	MHz
Input impedance		50		ohm
Input impedance			-10	dB

Output power of PA for 72.2Mbps	15.5	16.5	17.5	dBm
Output power of PA for 11b mode	19.5	20.5	21.5	dBm
Sensitivity				
CCK, 1 Mbps		-98		dBm
CCK, 11 Mbps		-91		dBm
6 Mbps (1/2 BPSK)		-93		dBm
54 Mbps (3/4 64-QAM)		-75		dBm
HT20, MCS7 (65 Mbps, 72.2 Mbps)		-72		dBm
Adjacent Channel Rejection				
OFDM, 6 Mbps		37		dB
OFDM, 54 Mbps		21		dB
HT20, MCS0		37		dB
HT20, MCS7		20		dB

6. Power Consumption

17

Table 11 Power Consumption

Parameters	Min	Typical	Max	Unit
Tx 802.11b, CCK 11Mbps, P OUT=+17dBm		170		mA
Tx 802.11g, OFDM 54Mbps, P OUT =+15dBm		140		mA
Tx 802.11n, MCS7, P OUT =+13dBm		120		mA
Rx 802.11b, 1024 bytes packet length, -80dBm		50		mA
Rx 802.11g, 1024 bytes packet length, -70dBm		56		mA
Rx 802.11n, 1024 bytes packet length, -65dBm		56		mA
Modem-Sleep ^①		15		mA
Light-Sleep ^②		0.9		mA
Deep-Sleep ^③		10		uA
Power Off		0.5		uA

① Modem-Sleep requires the CPU to be working, as in PWM or I2S applications. According to 802.11 standards (like U-APSD), it saves power to shut down the Wi-Fi Modem circuit while maintaining a Wi-Fi connection with no data transmission. E.g. in DTIM3, to maintain a sleep 300ms-wake 3ms cycle to receive AP's Beacon packages, the current is about 15mA.

② During Light-Sleep, the CPU may be suspended in applications like Wi-Fi switch. Without data transmission, the Wi-Fi Modem circuit can be turned off and CPU suspended to save power according to the 802.11 standard (U-APSD). E.g. in DTIM3, to maintain a sleep 300ms-wake 3ms cycle to receive AP's Beacon packages, the current is about 0.9mA.

③ Deep-Sleep does not require Wi-Fi connection to be maintained. For application with long time lags between data transmission, e.g. a temperature sensor that checks the temperature every 100s, sleep 300s and waking up to connect to the AP (taking about 0.3~1s), the overall average current is less than 1mA.

18

7. Reflow Profile

Table 12 Instructions

TS max to TL (Ramp-up Rate)	3 °C/second max
Preheat Temperature Min.(TS Min.) Temperature Typical.(TSTyp.) Temperature Min.(TS Max.) Time(TS)	150°C 175°C 200°C 60~180 seconds
Ramp-up rate (TL to TP)	3 °C/second max
Time Maintained Above: --Temperature(TL)/Time(TL)	217 °C/60~150 seconds
Peak Temperature(TP)	260 °C max. for 10 seconds
Target Peak Temperature (TP Target)	260°C±0/-5°C
Time within 5 °C of actual peak(TP)	20~40 seconds
TS max to TL (Ramp-down Rate)	6 °C/second max
Tune 25 °C to Peak Temperature (t)	8 minutes max

19

8. Schematics

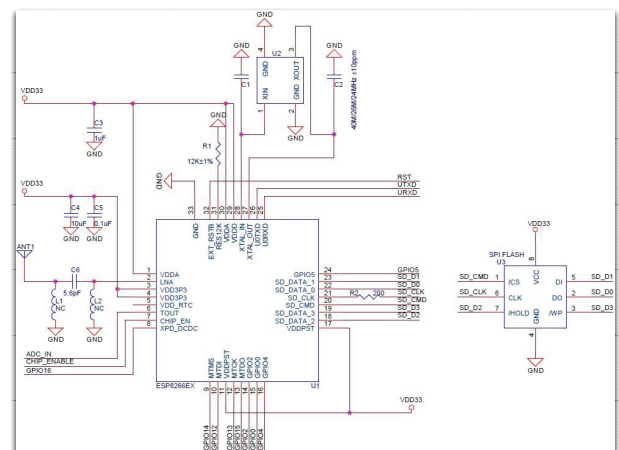


Figure 4 Schematics of ESP-12F WiFi Module

20

6. Chip Monza R6 de etiqueta RFID

IMPINJ[®]

MONZA[®] R6

TAG CHIP DATASHEET

IPJ-W1700

OVERVIEW

The Monza[®] R6 UHF RFID tag chip is optimized for serializing items such as apparel, electronics, cosmetics, documents and jewelry. It delivers unmatched read performance and data integrity for effective RFID business systems and record-breaking encoding performance to enable the lowest applied tag cost. The Monza R6 tag chip includes revolutionary technologies such as automatic performance adjustments and encoding diagnostics that reinforce the position of the Monza tag chip family as the RFID industry leader.

FEATURES

- Industry leading read sensitivity of up to -22.1 dBm with a dipole antenna, combined with excellent interference rejection, delivers exceptional read reliability
- Superior write sensitivity of up to -18.8 dBm with a dipole antenna for unparalleled encoding reliability
- Inlay compatibility between all Monza 6 family of tag chips (Monza R6, Monza R6-A, Monza R6-P, and Monza S6-C)
- Fast memory write speed of 1.6 ms for 32 bits
- Encoding throughput up to 9,500 tags/minute using the Impinj STP[®] source tagging platform
- Up to 96 bits of EPC memory
- 96 bits of Serialized TID with 48-bit serial number
- EPCglobal and ISO 18000-63 compliant, Gen2v2 compliant
- Unmatched data integrity with Integra[™] Technology for encoding diagnostics
- Maintains performance across different dielectrics with AutoTune[™] Technology
- Reduced tag manufacturing variability via patent-pending Enduro[™] Technology
- FastID[™] mode enables 2x to 3x faster EPC+TID inventory for authentication and other TID-based applications
- TagFocus[™] mode suppresses previously read tags to enable capture of more tags
- Scalable serialization built-in with Monza Self-Serialization
- Impinj's field-rewritable NVM, optimized for RFID, provides 100,000-cycle or 50-year retention reliability

TABLE OF CONTENTS

Overview	i
Features	i
1 Introduction.....	1
1.1 Scope	1
1.2 Reference Documents	1
2 Functional Description	2
2.1 Memory	2
2.2 Advanced Monza Features Support More Effective Inventory	3
2.3 Support for Optional Gen2 Commands	3
2.4 Data Integrity Features (Integra [™] technology)	3
2.4.1 Memory Self-Check	3
2.4.2 TID Parity	4
2.4.3 MarginRead Command	4
2.4.4 Recommended MarginRead Usage Guidelines	5
2.5 Monza R6 Tag Chip Block Diagram	6
2.6 Pad Descriptions	6
2.7 Differential Antenna Input	6
2.8 Monza 6 Antenna Reference Designs	7
2.9 Monza R6 Tag Chip Dimensions	7
2.10 Power Management	8
2.11 AutoTune	8
2.12 Modulator/Demodulator	8
2.13 Tag Controller	8
2.14 Nonvolatile Memory	8
3 Interface Characteristics	9
3.1 Making Connections	9
3.2 Impedance Parameters	9
3.3 Reader-to-Tag (Forward Link) Signal Characteristics	11
3.4 Tag-to-Reader (Reverse Link) Signal Characteristics	12
4 Tag Memory	13
4.1 Monza R6 Tag Chip Memory Map	13
4.2 Memory Banks	14
4.2.1 Reserved Memory	14
4.3 Logical vs. Physical Bit Identification	15
4.3.1 EPC Memory (EPC data, Protocol Control Bits, and CRC16)	15
4.3.2 Tag Identification (TID) Memory	16
4.3.3 User Memory	16
5 Absolute Maximum Ratings	17
5.1 Temperature	17
5.2 Electrostatic Discharge (ESD) Tolerance	17
5.3 NVM Use Model	17
6 Ordering Information	18
7 Notices	18

1 INTRODUCTION

1.1 Scope

This datasheet defines the physical and logical specifications for Gen2-compliant Monza R6 tag silicon, a reader-talks-first, radio frequency identification (RFID) component operating in the UHF frequency range.

1.2 Reference Documents

EPC[™] Radio Frequency Identity Protocols Class-1 Generation-2 UHF RFID Protocol for Communications at 860 MHz – 960 MHz (Gen2 Specification). The conventions used in the Gen2 Specification (normative references, terms and definitions, symbols, abbreviated terms, and notation) were adopted in the drafting of this Monza R6 Tag Chip Datasheet. Users of this datasheet should familiarize themselves with the Gen2 Specification.

Impinj Monza R6 Wafer Specification

Impinj Monza Wafer Map Orientation

EPC[™] Tag Data Standards Specification 1.7

EPCglobal "Interoperability Test System for EPC Compliant Class-1 Generation-2 UHF RFID Devices" v.1.2.4, August 4, 2006

- Monza R6 tag chips are compliant with this Gen2 interoperability standard.

2 FUNCTIONAL DESCRIPTION

The Monza R6 tag chip fully supports all requirements of the Gen2 specification as well as many optional commands and features (see section 2.3 below). In addition, the Monza tag chip family provides a number of enhancements:

- Superior sensitivity for high read and write reliability
- Industry-leading memory write speed, delivering the highest encoding rates
- TagFocus™ inventory mode, a Gen2 compliant method for capturing more hard-to-read tags by suppressing those that have already been read, by extending their S1 flag B-state
- FastID™ inventory mode, a Gen2 compliant, patent-pending method for EPC+TID based inventory that is 2-3 times faster than previous methods
- A patent-pending Enduro™ technology makes inlay manufacture less sensitive to die-attach pressure, resulting in less variance and more predictable performance in final inlay product
- AutoTune™ technology allows Monza R6 inlays to maintain high performance independent of the tagged items dielectric. In addition smaller form factor designs can meet bandwidth requirements with AutoTune. Smaller antennas reduce manufacturing cost and increase the number of applications.
- Integra™ technology, a suite of diagnostics which ensures consistently accurate data delivery that business can depend on

2.1 Memory

Optimized for item-level tagging, Monza R6 tag chips offer EPC memory of up to 96 bits, serialized TID. Monza R6 does not have any user programmable passwords. As per the Gen2 specifications the passwords are *PermaReadLocked* and set to zero. It follows that Monza R6 is not killable and does not utilize the Access command. See Table 2-1 for the memory organization.

Table 2-1 Monza R6 Memory Organization

MEMORY SECTION	DESCRIPTION
User	None
TID (not changeable)	Serial Number—48 bits
	Extended TID Header—16 bits Company/Model Number—32 bits
EPC	Up to 96 bits
Reserved	AutoTune Disable and Readout
	Kill Password - None
	Access Password - None

2.2 Advanced Monza Features Support More Effective Inventory

Monza tag chips support two unique, patent-pending features designed to boost inventory performance for traditional EPC and TID-based applications:

- TagFocus™ mode minimizes redundant reads of strong tags, allowing the reader to focus on weak tags that are typically the last to be found. Using TagFocus, readers can suppress previously read tags by indefinitely refreshing their S1 B state.
- FastID™ mode makes TID-based applications such as authentication practical by boosting TID-based inventory speeds by 2 to 3 times. Readers can inventory both the EPC and the TID without having to perform an access command. Setting the EPC word length to zero enables TID-only serialization.

2.3 Support for Optional Gen2 Commands

Monza R6 tag chips support the optional commands listed in Table 2-2.

Table 2-2 Supported Optional Gen2 Specification Commands

COMMAND	CODE	LENGTH (BITS)	DETAILS
BlockWrite	11000111	>57	<ul style="list-style-type: none"> • Accepts valid one-word commands • Accepts valid two-word commands if pointer is an even value • Returns error code (00000000₂) if it receives a valid two-word command with an odd value pointer • Returns error code (00000000₂) if it receives a command for more than two words • Does not respond to block write commands of zero words
Lock	11000101	60	<ul style="list-style-type: none"> • Monza R6 uses an alternative version of the lock command • There is only a single lock bit which is described in the Gen2 specification • To permalock all of the memory a lock command must be sent with a payload of all ones FFFFh.

2.4 Data Integrity Features (Integra™ technology)

Monza R6 has several data integrity features that enhance encoding and data reliability. These features include memory self-check, TID parity, and the MarginRead command.

2.4.1 Memory Self-Check

Monza R6 performs a memory check on its NVM at every power-up. If a bit is weakly encoded an internal flag is set. When the tag is singulated it will respond back with a zero length EPC. A reader could then consider this tag for exception handling.

2.4.2 TID Parity

Monza R6 is encoded with even parity over the 48 bit serial number portion of the TID. A reader should calculate even parity with bitwise exclusive-OR as follows.

- $X = \text{TID bit}(30_{10}) \oplus \text{TID bit}(31_{10}) \oplus \dots \oplus \text{TID bit}(5E_{16}) \oplus \text{TID bit}(5F_{16})$
- If $X = 0$ the TID data is good
- If $X = 1$ the TID data has an error in it

2.4.3 MarginRead Command

Table 2-3, Table 2-4, and

Table 2-5 provide details about the custom Impinj MarginRead command.

Table 2-3 MarginRead Command Code

COMMAND	CODE	LENGTH (BITS)	DETAILS
MarginRead	1110000000000001	≥67	<ul style="list-style-type: none"> • The MarginRead command allows checking for sufficient write margin of known data • The tag must be in the OPEN/SECURED state to respond to the command • If a tag receives a MarginRead command with an invalid handle, it ignores that command • The tag responds with the Insufficient Power error code if the power is too low to execute a MarginRead • The tag responds with the Other error code if the margin is bad for a bit in the mask or if a non-matching bit is sent by the reader • The MarginRead command is only applicable for programmable sections of the memory

Table 2-4 MarginRead Command Details

MARGINREAD COMMAND	CODE	MEM BANK	BIT POINTER	LENGTH	MASK	RN	CRC-16
#bits	16	2	EBV	8	Variable	16	16
Details	11100000 00000001	00: Reserved 01: EPC 10: TID 11: User	Starting Bit Address Pointer	Length in Bits	Mask Value	handle	

Table 2-5 MarginRead Command Field Descriptions

FIELD	DESCRIPTION
Mem Bank	The memory bank to access.
Bit Pointer	An EBV that indicates the starting bit address of the mask
Length	Length of the mask field from 1-255. A value of zero shall result in the command being ignored
Mask	This field must match the expected values of the bits The chip checks that each bit matches what is in the mask field with margin
RN	The tag will ignore any MarginRead command received with an invalid handle

The tag response to the MarginRead Command uses the preamble specified by the TReXT value in the Query command that initiated the round. See Table 2-6 for tag response details.

Table 2-6 Tag Response to a Passing MarginRead Command

	HEADER	RN	CRC-16
#bits	1	16	16
Description	0	handle	

2.4.4 Recommended MarginRead Usage Guidelines

There are several ways that the MarginRead command could be used with Monza R6. Monza R6 comes pre-serialized and the MarginRead command allows a programming reader to check that the pre-serialized data is well written and does not need to be re-encoded. Another recommended use of MarginRead is secondary and independent verification of the encoding quality. MarginRead can also be used for diagnosis when doing failure analysis on tags.

2.5 Monza R6 Tag Chip Block Diagram

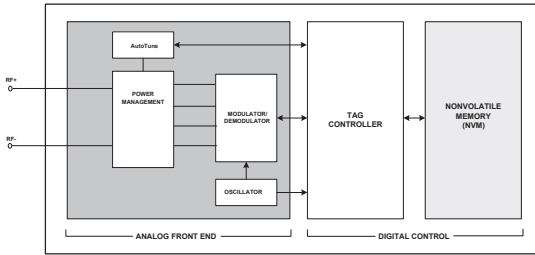


Figure 2-1 Block Diagram

2.6 Pad Descriptions

Monza R6 tag chips have two external pads available to the user: one RF+ pad, and one RF- pads. RF+ and RF- form a single differential antenna port. See Table 2-7 (also see Figure 2-1 and Figure 2-2). Note that none of these pads connects to the chip substrate.

Figure 2-1 and Figure 2-2). Note that none of these pads connects to the chip substrate.

Table 2-7 Pad Descriptions

EXTERNAL SIGNALS	EXTERNAL PAD	DESCRIPTION
RF+	1	Differential RF Input Pads for Antenna.
RF-	2	

2.7 Differential Antenna Input

All interaction with the Monza R6 tag chip, including generation of its internal power, air interface, negotiation sequences, and command execution, occurs via its differential antenna port. The differential antenna port is connected with the RF+ pad connected to one terminal and the RF- pad connected to the other terminal.

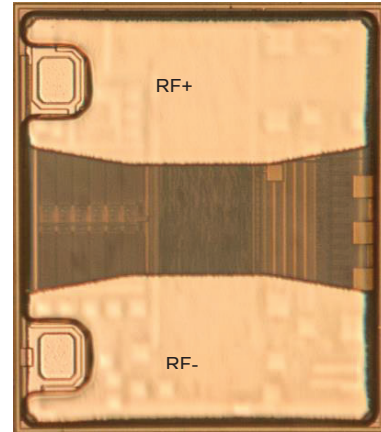


Figure 2-2 R6 Tag Chip Die Orientation

2.8 Monza 6 Antenna Reference Designs

All Monza 6 family of tag chips (Monza R6, Monza R6-A, Monza R6-P, and Monza S6-C) are designed to be drop-in compatible for antenna inlay designs. Impinj has a set of reference designs available for use by Monza customers under terms of the Impinj Antenna License Agreement.

These reference designs are available here:

<https://support.impinj.com/hc/en-us/sections/200454558-Monza-Reference-Design-Documents-Downloads>

These documents are restricted. To gain access if these documents cannot be accessed, submit a request for access using the following link. Make sure to select the option "Monza Antenna Reference Designs".

<https://access.impinj.com/prtlaccessrequest>

2.9 Monza R6 Tag Chip Dimensions

The Monza R6 features a 464.1 μm x 400 μm rectangular die size.

2.10 Power Management

The tag is activated by proximity to an active reader. When the tag enters a reader's RF field, the Power Management block converts the induced electromagnetic field to the DC voltage that powers the chip.

2.11 AutoTune

The AutoTune block adjusts Monza R6 power harvesting from the inlay antenna by adjusting the chip's input capacitance. This adjustment occurs at power up and is held for the remainder of the time that Monza R6 is powered.

2.12 Modulator/Demodulator

The Monza R6 tag chip demodulates any of a reader's three possible modulation formats, DSB-ASK, SSB-ASK, or PR-ASK with PLE encoding. The tag communicates to a reader via backscatter of the incident RF waveform by switching the reflection coefficient of its antenna pair between reflective and absorptive states. Backscattered data is encoded as either FMO or Miller subcarrier modulation (with the reader commanding both the encoding choice and the data rate).

2.13 Tag Controller

The Tag Controller block is a finite state machine (digital logic) that carries out command sequences and also performs a number of overhead duties.

2.14 Nonvolatile Memory

The Monza R6 tag chip embedded memory is nonvolatile memory (NVM) cell technology, specifically optimized for exceptionally high performance in RFID applications. All programming overhead circuitry is integrated on chip. Monza R6 tag chip NVM provides 100,000 cycle endurance or 50-year data retention.

The NVM block is organized into two segments:

- EPC Memory with up to 96 bits
- Reserved Memory (which contains the AutoTune Disable bit).

The ROM-based Tag Identification (TID) memory contains the EPCglobal class ID, the manufacturer identification, and the model number. It also contains an extended TID consisting of a 16-bit header and 48-bit serialization.

3 INTERFACE CHARACTERISTICS

This section describes the RF interface of the tag chip and the modulation characteristics of both communication links: reader-to-tag (Forward Link) and tag-to-reader (Reverse Link).

3.1 Making Connections

Figure 3-3 shows antenna connection for Monza R6 tag chips.

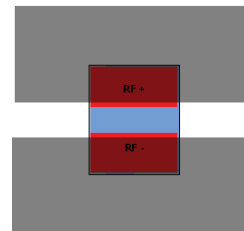


Figure 3-3 Antenna Connection for Inlay Production

This connection configuration for inlay production contacts the Monza R6 tag chip RF+ pad to one antenna terminal and the RF- pad to the opposite polarity terminal. Enduro pads allow relatively coarse antenna geometry, and thus enable relaxed resolution requirements for antenna patterning compared to bumped products. The diagram in Figure 3-3 shows the recommended antenna trace arrangement and chip placement – having antenna traces partially overlapping the Enduro pads but not extending into the clear space between Enduro pads.

3.2 Impedance Parameters

In order to realize the full performance potential of the Monza R6 tag chip, it is imperative that the antenna present the appropriate impedance at its terminals. A simplified lumped element tag chip model, shown in Figure 3-4, is the conjugate of the optimum source impedance, which is not equal to the chip input impedance. This indirect, source-pull method of deriving the port model is necessary due to the non-linear, time-varying nature of the tag RF circuits. The model is a good mathematical fit for the chip over a broad frequency range.

The lumped element values are listed in Table 3-8, where C_{Mount} is the parasitic capacitance due to the antenna trace overlap with the chip surface, C_p appears at the chip terminals and is intrinsic to the chip, and R_p represents the energy conversion and energy absorption of the RF circuits.

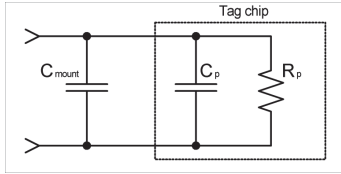


Figure 3-4 Tag Chip Linearized RF Model

Table 3-8 shows the values for the chip port model for the Monza R6 tag chip, which apply to all frequencies of the primary regions of operation (North America, Europe, and Japan).

Table 3-8 R6 Chip Port Parameters

PARAMETER	TYPICAL VALUE	COMMENTS
C_0	1.23 pF	Intrinsic chip capacitance when AutoTune is mid-range, including Enduro pads.
R_p	1.2 kOhm	Calculated for linearized RF model shown in Figure 3-2. Measured $R_p = 1.56$ kOhm using network analyzer.
C_{mount}	0.21 pF	Typical capacitance due to adhesive and antenna mount parasitics. Total load capacitance presented to antenna model of Figure 3-2 is: $C_p + C_{mount}$
Chip Read Sensitivity	-20 dBm	Measured at 25 °C; R\rightarrowT link using DSB-ASK modulation with 90% modulation depth, $T_{ari} = 25$ μ s, and a T\rightarrowR link operating at 170 kbps with Miller M=8 encoding.
Chip Write Sensitivity	-16.7 dBm	

3.3 Reader-to-Tag (Forward Link) Signal Characteristics

Table 3-9 Forward Link Signal Parameters

PARAMETER	MINIMUM	TYPICAL	MAXIMUM	UNITS	COMMENTS
RF Characteristics					
Carrier Frequency	860		960	MHz	North America: 902–928 MHz Europe: 865–868 MHz
Maximum RF Field Strength			+20	dBm	Received by a tag with dipole antenna while sitting on a maximum power reader antenna
Modulation		DSB-ASK, SSB-ASK, or PR-ASK			Double and single sideband amplitude shift keying; phase-reversal amplitude shift keying
Data Encoding		PIE			Pulse-interval encoding
Modulation Depth	80		100	%	(A-B)/A, A=envelope max., B=envelope min.
Ripple, Peak-to-Peak			5	%	Portion of A-B
Rise Time ($t_{r,10-90\%}$)	0		0.33T _{ari}	sec	
Fall Time ($t_{f,10-90\%}$)	0		0.33T _{ari}	sec	
T _{ari} ¹	6.25		25	μ s	Data 0 symbol period
PIE Symbol Ratio	1.5:1		2:1		Data 1 symbol duration relative to Data 0
Duty Cycle	48		82.3	%	Ratio of data symbol high time to total symbol time
Pulse Width	MAX(0.265T _{ari} , 2)		0.525T _{ari}	μ s	Pulse width defined as the low modulation time (50% amplitude)

3.4 Tag-to-Reader (Reverse Link) Signal Characteristics

Table 3-10 Reverse Link Signal Parameters

PARAMETER	MINIMUM	TYPICAL	MAXIMUM	UNITS	COMMENTS
Modulation Characteristics					
Modulation		ASK			FET Modulator
Data Encoding		Baseband FMO or Miller Subcarrier			
Change in Modulator Reflection Coefficient $ \Delta\Gamma $ (due to Modulation)		0.8			$ \Delta\Gamma = \Gamma_{\text{refl}} - \Gamma_{\text{trans}} $ (per read/write sensitivity, Table 3-91)
Duty Cycle	45	50	55	%	
Symbol Period ¹	1.5625		25	μ s	Baseband FMO
	3.125		200	μ s	Miller-modulated subcarrier
Miller Subcarrier Frequency ¹	40		640	kHz	

Note: Values are nominal minimum and nominal maximum, and do not include frequency tolerance. Apply appropriate frequency tolerance to derive absolute periods and frequencies.

4 TAG MEMORY

4.1 Monza R6 Tag Chip Memory Map

Table 4-11 Physical/Logical Memory Map

MEMORY BANK NUMBER	MEMORY BANK NAME	MEMORY BANK BIT ADDRESS	BIT NUMBER															
			15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
10 ₂	TID (ROM)	50 _n -5F _n	TID_Serial[15:0]															
		40 _n -4F _n	TID_Serial[31:16]															
		30 _n -3F _n	TID_Serial[47:32]															
		20 _n -2F _n	Extended TID Header															
		10 _n -1F _n	Manufacturer ID				Model Number											
		00 _n -0F _n	1	1	1	0	0	0	1	0	Manufacturer ID							
01 ₂	EPC (NVM)	70 _n -7F _n	EPC[15:0]															
		60 _n -6F _n	EPC[31:16]															
		50 _n -5F _n	EPC[47:32]															
		40 _n -4F _n	EPC[63:48]															
		30 _n -3F _n	EPC[79:64]															
		20 _n -2F _n	EPC[95:80]															
		10 _n -1F _n	Protocol-Control Bits (PC)															
00 _n -0F _n	CRC-16																	
00 ₂	RESERVED (NVM)	E0 _n -EF _n	RFU[12:0]=000 _h												ATV[2:0]			
		50 _n -5F _n	A	Factory Calibration B [14:0]														
		40 _n -4F _n	Factory Calibration A [15:0]															
		30 _n -3F _n	Access Password[15:0]=0000 _h															
		20 _n -2F _n	Access Password[31:16]=0000 _h															
		10 _n -1F _n	Kill Password[15:0]=0000 _h															
00 _n -0F _n	Kill Password[31:16]=0000 _h																	

4.2 Memory Banks

Described in the following sections are the contents of the NVM and ROM memory, and the parameters for their associated bit settings.

4.2.1 Reserved Memory

Reserved Memory contains the Access and Kill passwords which are programmed to zero. It also contains the AutoTune disable bit, marked A in the memory map, and the AutoTune value, marked ATV[2:0] in word 0xE. The AutoTune value represents the tuning capacitance scale, from zero to four. When the AutoTune disable bit is zero AutoTune works as normal. When the bit is one, AutoTune is disabled and the capacitance on the front end assumes the mid-range value.

4.2.1.1 Access Password

The Access Password is a 32-bit value stored in Reserved Memory 20h to 3Fh MSB first. Monza R6 does not implement an Access Password and acts as though it has a zero-valued Access Password that is permanently read/write locked.

4.2.1.2 Kill Password

The Kill Password is a 32-bit value stored in Reserve Memory 00h to 1Fh MSB first. Monza R6 does not implement a Kill Password and acts as though it has a zero-valued Kill Password that is permanently read/write locked.

4.2.1.3 PermaLock

To permaLock all of the memory a lock command must be sent with a payload of all ones, FFFFFFFF.

4.2.1.4 AutoTune Disable and AutoTune Value

The AutoTune disable bit is the first bit in word 05h, marked A in the memory map, and the AutoTune value, marked ATV[2:0] in word 0Eh. The factory programmed value of the AutoTune disable bit is zero. The AutoTune value represents the tuning capacitance scale, from zero to four. A value of zero removes 100 fF of capacitance across the RF input of the tag and a value of four adds 100 fF across the RF input of the chip. See Table 4-12 for the mapping between AutoTune value and the change in input capacitance. A reader acquires the AutoTune value by issuing a single word Read command to word 0Eh in the reserved memory bank. The AutoTune value is not writable.

To disable AutoTune a reader issues a Write command or a single word BlockWrite command to word 05h. Only the AutoTune disable bit will change and the rest of bits in the payload will be ignored. If the tag's memory is locked then the AutoTune disable bit will also be locked.

When the AutoTune disable bit is zero AutoTune works as normal and when the bit is one AutoTune is overridden and the capacitance across the RF input is set to 0 fF. When AutoTune is disabled, the readout of AutoTune value does not represent the value of capacitance across the RF input to the tag.

Table 4-12 AutoTune Value

AUTOTUNE VALUE	CHANGE IN INPUT CAPACITANCE (FF)
0h	-100
1h	-40
2h	0
3h	+40
4h	+100

4.3 Logical vs. Physical Bit Identification

For the purposes of distinguishing most significant from least significant bits, a logical representation is used in this datasheet where MSBs correspond to large bit numbers and LSBs to small bit numbers. For example, Bit 15 is the logical MSB of a memory row in the memory map. Bit 0 is the LSB. A multi-bit word represented by WORD[N:0] is interpreted as MSB first when read from left to right. This convention should not be confused with the physical bit address indicated by the rows and column addresses in the memory map; the physical bit address describes the addressing used to access the memory.

4.3.1 EPC Memory (EPC Data, Protocol Control Bits, and CRC16)

As per the Gen2 specification, EPC memory contains a 16-bit cyclic-redundancy check word (CRC16) at memory addresses 00h to 0Fh, the 16 protocol-control bits (PC) at memory addresses 10h to 1Fh, and an EPC value beginning at address 20h.

The protocol control fields include a five-bit EPC length, a one-bit user-memory indicator (UMI = 0), a one-bit extended protocol control indicator, and a nine-bit numbering system identifier (NSI). The factory-programmed value is 3000h. In Monza R6 the EPC length may only be set to zero, two, four, or six which corresponds with the values of 0000h, 1000h, 2000h, or 3000h. All other bits are non-programmable and set to zero. Any attempt to write an unsupported length results in an unsupported EPC length field error code being backscattered.

The tag calculates the CRC16 upon power-up over the stored PC bits and the EPC specified by the EPC length field in the stored PC. For more details about the PC field or the CRC16, see the Gen2 specification.

A reader accesses EPC memory by setting MemBank = 01h in the appropriate command, and providing a memory address using the extensible-bit-vector (EBV) format. The CRC-16, PC, and EPC are stored MSB first (i.e., the EPC's MSB is stored in location 20h).

The EPC memory bank of Monza R6 supports a maximum EPC size of 96 bits, which is the factory-programmed EPC length. It is possible to adjust the EPC size down from 96 bits, according to the parameters laid out in the Gen2 standard. For Monza R6 chips (IPJ -W1700), the EPC value written into the chip during factory test is listed below in Table 4-13. The "X" nibbles in the pre-programmed EPC are pre-serialized values that follow the Impinj Monza Self-Serialization formula for Monza R6.

Table 4-13 EPC at Factory-Program

IMPINJ PART NUMBER	EPC VALUE PRE-PROGRAMMED AT THE FACTORY (HEX)
IPJ-W1700	E280 1160 XXXX XXXX XXXX XXXX

4.3.2 Tag Identification (TID) Memory

The ROM-based Tag Identification memory contains Impinj-specific data. The Impinj MDID (Manufacturer Identifier) for Monza R6 is 100000000001; the location of the manufacturer ID is shown in the memory map tables in section 4.1, and the bit details are given in Table 4-14. Note that a logic 1 in the most significant bit of the manufacturer ID (as in the example bordered in solid black in the table) indicates the presence of an extended TID consisting of a 16-bit header and a 48-bit serialization. The 48-bit serialization has even parity as discussed in section 2.4.2. The Monza R6 tag chip model number is located in the area bordered by the dashed line in TID memory row 10h-1Fh, as shown in Table 4-14. The non-shaded bit locations in TID row 00h-0Fh store the EPCglobal™ Class ID (0xE2).

Table 4-14 TID Memory Details

MEMORY BANK DESCRIPTION	MEMORY BANK BIT ADDRESS	BIT NUMBER															
		15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
10 ₂ TID (ROM)	50h-5Fh	TID_SERIAL[15:0]															
	40h-4Fh	TID_SERIAL[31:16]															
	30h-3Fh	TID_SERIAL[47:32]															
	20h-2Fh	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10h-1Fh	Monza R6 Model Number																
	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	
00h-0Fh	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	

4.3.3 User Memory

Monza R6 contains no user memory bank.

5 ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Stresses beyond those listed in this section may cause permanent damage to the tag. These are stress ratings only. Functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of this datasheet is not guaranteed or implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

5.1 Temperature

Several different temperature ranges will apply over unique operating and survival conditions. Table 5-15 lists the ranges that will be referred to in this specification. Tag functional and performance requirements are met over the operating range, unless otherwise specified.

Table 5-15 Temperature Parameters

PARAMETER	MINIMUM	TYPICAL	MAXIMUM	UNITS	COMMENTS
Extended Operating Temperature	-40		+85	°C	Default range for all functional and performance requirements
Storage Temperature	-40		+85/125	°C	At 125°C data retention is 1 year
Assembly Survival Temperature			+150	°C	Applied for one minute
Temperature Rate of Change			4	°C / sec	During operation

5.2 Electrostatic Discharge (ESD) Tolerance

The tag is guaranteed to survive ESD as specified in Table 5-16.

Table 5-16 ESD Limits

PARAMETER	MINIMUM	TYPICAL	MAXIMUM	UNITS	COMMENTS
ESD			2,000	V	HBM (Human Body Model)

5.3 NVM Use Model

Tag memory is designed to endure 100,000 write cycles or retain data for 50 years.

6 ORDERING INFORMATION

Contact sales@impinj.com for ordering support.

PART NUMBER	FORM	PRODUCT	PROCESSING FLOW
IPJ-W1700-K00	Wafer	Monza R6 tag chip	Padded, thinned (to ~109 µm), and diced

7 NOTICES

Copyright © 2017, Impinj, Inc. All rights reserved.

Impinj gives no representation or warranty, express or implied, for accuracy or reliability of information in this document. Impinj reserves the right to change its products and services and this information at any time without notice.

EXCEPT AS PROVIDED IN IMPINJ'S TERMS AND CONDITIONS OF SALE (OR AS OTHERWISE AGREED IN A VALID WRITTEN INDIVIDUAL AGREEMENT WITH IMPINJ), IMPINJ ASSUMES NO LIABILITY WHATSOEVER AND IMPINJ DISCLAIMS ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTY, RELATED TO SALE AND/OR USE OF IMPINJ PRODUCTS INCLUDING LIABILITY OR WARRANTIES RELATING TO FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, MERCHANTABILITY, OR INFRINGEMENT.

NO LICENSE, EXPRESS OR IMPLIED, BY ESTOPPEL OR OTHERWISE, TO ANY PATENT, COPYRIGHT, MASKWORK RIGHT, OR OTHER INTELLECTUAL PROPERTY RIGHT IS GRANTED BY THIS DOCUMENT.

Impinj assumes no liability for applications assistance or customer product design. Customers should provide adequate design and operating safeguards to minimize risks.

Impinj products are not designed, warranted or authorized for use in any product or application where a malfunction may reasonably be expected to cause personal injury or death, or property or environmental damage ("hazardous uses"), including but not limited to military applications; life-support systems; aircraft control, navigation or communication; air-traffic management; or in the design, construction, operation, or maintenance of a nuclear facility. Customers must indemnify Impinj against any damages arising out of the use of Impinj products in any hazardous uses.

Trademarks

Impinj, Monza, Speedway, xArray are trademarks or registered trademarks of Impinj, Inc. All other product or service names are trademarks of their respective companies. For a complete list of Impinj Trademarks visit: www.impinj.com/trademarks.

Patents

The products referenced in this document may be covered by one or more U.S. patents. See www.impinj.com/patents for details.

7. Manual de configuración de antena

Dis Demo User Menu

Content

- Basic Operation.....2
- Communication mode.....2
- Working mode.....5
- Inventory tags.....6
- Tag Access Operation.....8
- Fast writing mode.....8
- Specific zone operation.....9
- Advanced operation.....11
- Communication Parameter.....13
- Parameter Setting.....14
- Working mode.....14
- Communication mode.....16
- Reader parameter.....17
- USB Output Format.....18
- USB output format.....19

2015-01-15
Version: 6.99

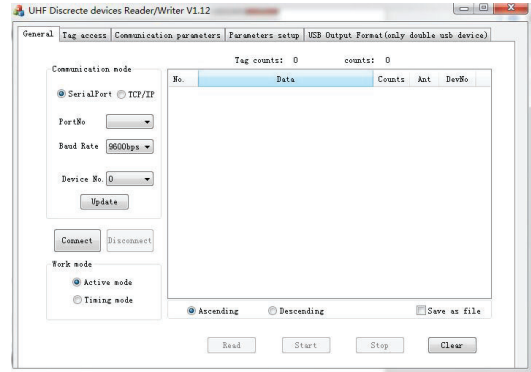
Basic Operation

Please check the LED light and below before open the demo:

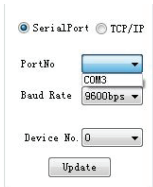
1. Antenna connected;
2. Connected with PC by RS232/RS485/TCP/IP/WIFI;
3. Power on(12V/3A).

Communication mode

Double click the demo: DisDemo_En_V1.12.exe , show as below



When connect with PC by RS232, user should choose: **【Serial Port】** ,

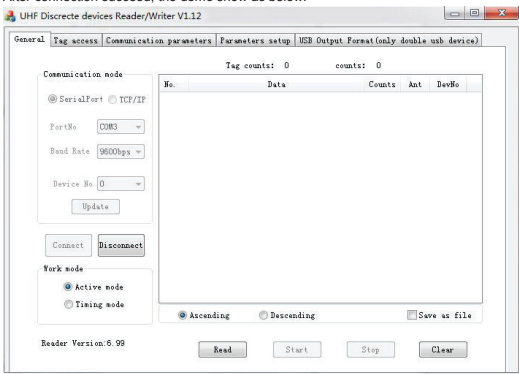


, choose the corrected COM port, check the **【Baud Rate】** and **【Device No.】**, default is : **baud rate** is: 9600 , **Device No** is:0, then click **【Connect】**:

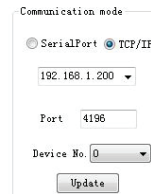
Connect , after connection succeed, the demo will show the device version number as below:



After connection succeed, the demo show as below:

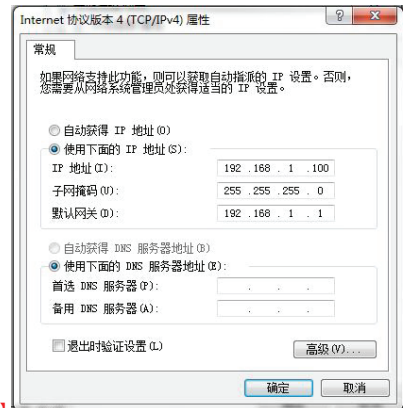


When connect with PC by RJ45, should choose the communication mode with **【TCP/IP】**.



, the default IP is: **192.168.1.200**

- Note:
1. User should close the WIFI of the laptop;
 2. Set the local IP address as: 192.168.1.XXX **【XXX is : between 1-255, but**

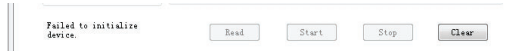


can not be: 200】

User can input the IP as: **192.168.1.200**, then click **【connect】** : **Connect** , after connection succeed, there will show the version number like below:



If failed to connect the demo , it will shows as below:



There should check the connection below:

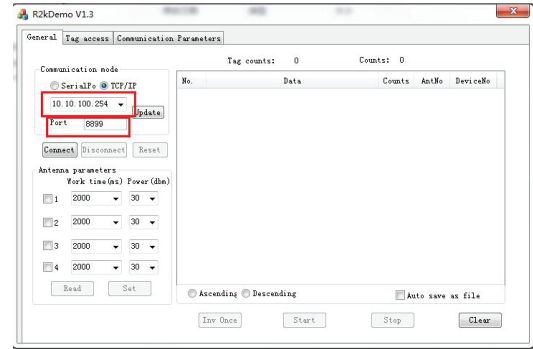
1. Check the connection with PC(RS232 / RJ45/RS485);
2. Power on (12V/3A);

When connect PC by WIFI, please check below steps:

1. Close the WIFI if use laptop, click connection of "HF-A11x_AP":



2. Open the demo:



IP address: 10.10.100.254

Port: 8899

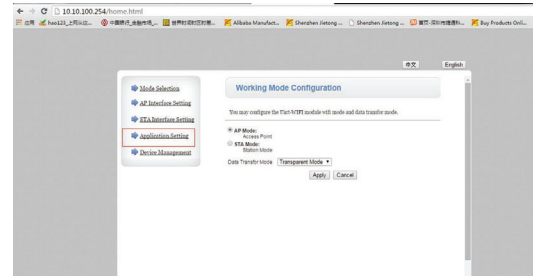
Then connect.

If cannot connect with PC(host), visit the website: 10.10.100.254:

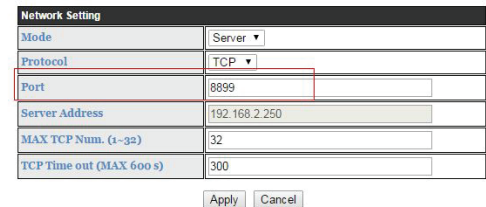
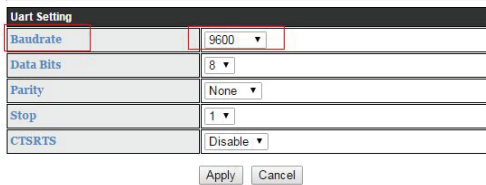
ID: admin

PW: admin

Choose "Application Setting", Baud Rate: 9600, Port: 8899, see as below:

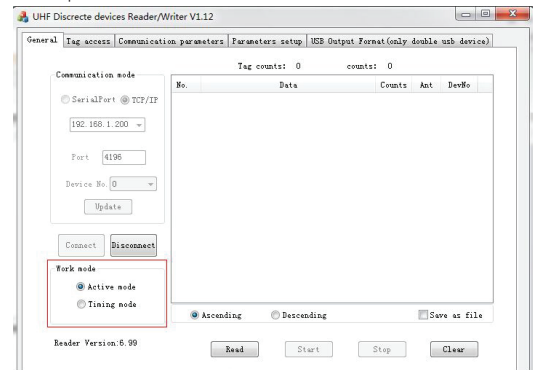


You could configure the Uart parameters and network parameters of the win-uart application.



Working Mode

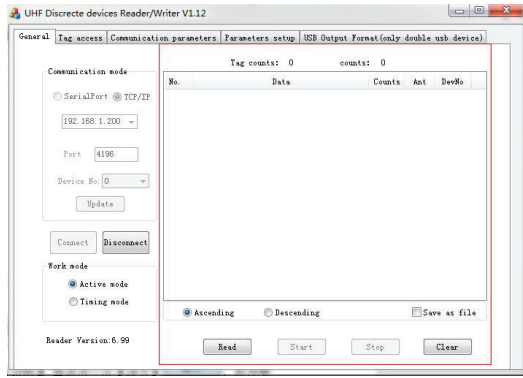
【basic operation】 as below:





【Active Mode】: when click **Read** , the reader will read the tags around once. When succeed to read the tags, the tag's ID will show in the right side of demo.


【Timing Mode】: When click **start** , the reader will read the tags continuously, and the tag's ID will show in the right side of demo.


Inventory



【read】 : Choose **【active mode】** in **【work mode】** , click **【read】**  , the reader will search the tags around once.

【start】 : Choose **【timing mode】** in **【work mode】** , click **【start】**  , the reader will search the tags around continuously.

【stop】 : When the user need to set other parameters, should click **【stop】**: 

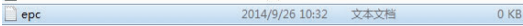
【clear】 : When the user need to get new tags data, should click **【clear】** : 

【Ascending】 : The data will display from small to big. (Note: the data will display according the reading sequence.)

【descending】 : The data will display from big to small. (Note: the data will display according the reading sequence.)

【save as file】 : When the user need to record the tag data, should

choose **Save as file** before click **【read】** or **【start】** , and will find the record:



user should disconnect the demo before open this file.

Tag counts: 1 counts: 3

No.	Data	Counts	Ant	DevNo
1	E2 00 30 35 10 04 01 59 23 40 24 00	3	1	0

【tag counts】 :

Tag counts is the total tag ID.

【reading counts】 :

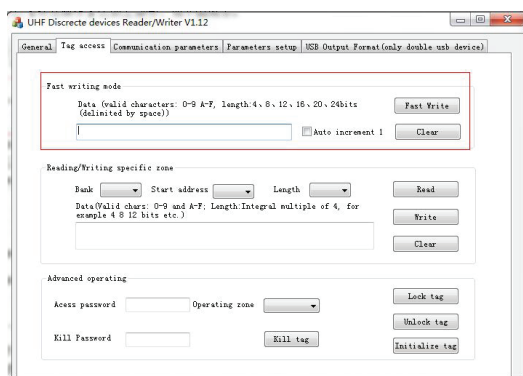
Tag counts: 1 counts: 3

No.	Data	Counts	Ant	DevNo
1	E2 00 30 35 10 04 01 59 23 40 24 00	3	1	0

Reading counts is the reading times.

Tag Access Operation

Fast Writing Mode



【fast write】 : Fast write the tag in EPC, input the data will be write (data should be Hex, and it is 4、8、12、16、20、24 bits) , after finished input, put the tag in front of reader, click


【 fast write 】  , if succeed, there will show:



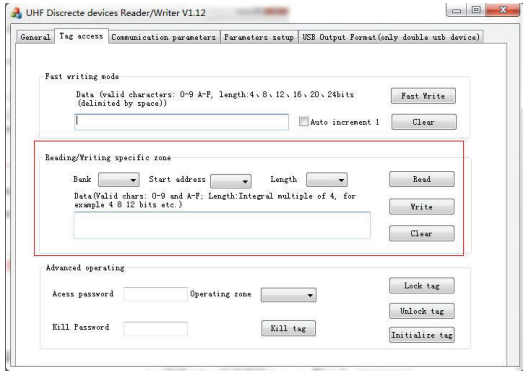
if failed to write, there will show:  then should check below:

- Adjust the tag's distance and position;
- Check if the tag or Reader has been encrypted;
- Check the connection with PC.

If the data need to auto increment 1, still is Hex, can choose **Auto increment 1** before fast write.

【clear】 : When the data need to rewrite, can click **【clear】** 

Specific Zone Operation



Note: Read or write the data in different bank.(TID only can read, can not write.).



【Reserve】: address: 0-3; address: 0-1 storage 32bit destroy password(kill), default is: 00 00 00 00;
2-3 storage 32bit access password(Access), default is: 00 00 00 00.

If the bank has not access encrypted or destroy encrypted, the data can be changed.

【EPC】: address: 2-7; storage 96bit ID number, that is the data which default reading. There is no access encrypted and destroy encrypted in this bank, the data can be changed.

【TID】: address: 0-5; storage 96bit can not write the ID number.

【User】: address: 0-31; storage 512bit data. Default address: 00 00. If the bank has not access encrypted or destroy encrypted, the data can be changed.

Note: The above description is based on Alien H3 chip. Different chip will have different specification.

See below example:

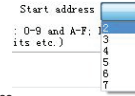
1. Put the tag on the front the antenna, distance: 3-5cm (make sure there is no other tags around)

13 / 24

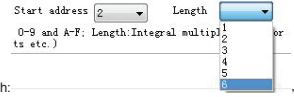
2. Choose the reading or writing area(for example EPC)



click EPC, confirm:



1. Choose the start address



2. Choose the read/write data length:

set as: 6:

3. Click 【read】

when succeed to read, there will

E2 00 30 35 10 04 01 59 23 40 24 00

show:

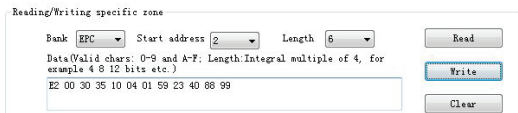


If failed to read, it will show:

At that time, user will check the tags, antenna, and connection.

If need to write the data in EPC as: start address:2, length:6, need to input the data as below:

14 / 24



When succeed to write, it will show:



If failed, it will show:

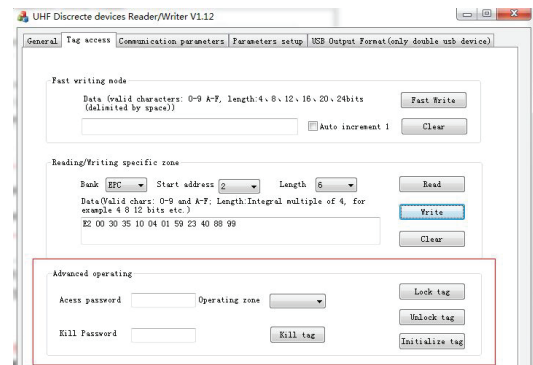
To make sure the writing succeed, click 【Clear】 then click 【read】

, there will show the data which write.

Note: when the operation has access encrypt, it should input the access password; when the operation has destroy encrypt, that can not be write.

15 / 24

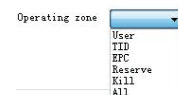
Advance Operation



【lock tag】: lock tag is the function depends on EPC, User, Reserve, Kill; password in: Reserve, address: 2-3 of Access, default is: 00 00 00 00.

Steps as below:

1. Put the tag on the front of antenna, around: 3-5cm distance. (make sure there is no other tag around)



2. Choose the operation zone,

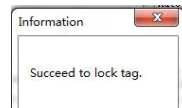
set as: EPC;

3. Input the access password, password is in Reserve, address: 2-3 of Access, default is: 00 00 00 00.(this is the changed password: 00 00 00 03)

Lock tag

4. Then click 【lock tag】

, there will show:



16 / 24

Advanced operating

Access password 00 00 00 03 Operating zone EPC

Kill Password

To verify the operation, can check like below:

- Put the tag on the front of antenna, around: 3-5cm distance. (make sure there is no other tag around)
- Set as below of the start address and length:

Bank EPC Start address 2 Length 2

- Click **read**

Reading/Writing specific zone

Bank EPC Start address 2 Length 2

Data (Valid chars: 0-9 and A-F; Length: Integral multiple of 4, for example 4 8 12 bits etc.)

E2 00 30 35

Reading succeed, the data is : E2 00 30 35.

- When need to write other data in EPC, it need unlock EPC bank.

Note: after EPC and User locked, it can not write under "unlock", but can read. Reserve(kill+Access) locked, it can not read/write without access password.

unlock : unlock the bank which be locked.

initialized tag initialize the tag.

destroy tag Reserve bank, address : 0-1 of Kill, default is: 00 00 00 00.

Communication parameter

- Click **search** , the demo will show as below:

17 / 24

UHF Discrete devices Reader/Writer V1.12

General Tag access Communication parameters Parameters setup USB Output Format (only double usb device)

No.	IP Address	Port	Device ID (MAC)
1	192.168.1.200	4196	5A4D363DA050

Serial port

Baud rate 9600 Check bits None

Data bits 8 Stop bits 1

Network

Work mode TCP Server

IP mode Static

IP address 192.168.1.200

Network mask 255.255.255.0

Port 4196

Gateway 192.168.1.1

Below params only use under client mode

Dest. IP 192.168.1.3

Dest. port 4196

- The parameter of Serial Port as

Serial port

Baud rate 9600 Check bits None

Data bits 8 Stop bits 1

below:

Baud rate: 9600; check bits: no; data bits: 8; stop bits: 1.

Only need to set the related network parameter in **network parameter** , click **set** parameter

If set the parameter many times, forget the default parameter, just click **default** parameter , then click **set** parameter

Parameter Setting

18 / 24

Working Mode

UHF Discrete devices Reader/Writer V1.12

General Tag access Communication parameters Parameters setup USB Output Format (only double usb device)

Working mode

Work mode Timing mode Timing interval 20 *10ms

Neighbour judge (1-255)

Communication mode

Conn Link RS485 Baud rate 9600bps

Reader parameters

DeviceNo (0-255) 0 Power (0-150) 150 Read mode EPC single tag

Frequency Frequency hopping

<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Work mode Timing mode Tr

Active mode

Timing mode

Trigger mode

There are three working mode: communication mode, Active mode, Timing mode and Trigger mode.

Active mode :

Working mode

Work mode Active mode

Neighbour judge (1-255)

Communication mode

Under this working mode, reader can work under connection with PC or other controller. The reader can connect the controller by RS232, RS485 or TCP/IP, WIFI communication interface. This working mode support the SDK development kit.

Timing mode :

Working mode

Work mode Timing mode Timing interval 20 *10ms

Neighbour judge (1-255)

Communication mode

Reader start to reading in a period, output the data by specified communication port.

Under this working mode, the reader is just reading the tags. In the **Timing interval** , input

19 / 24

the frequency between 2-200, default is : 20*10ms. that is inventory the tags 200ms per time. When finished the parameter setting, click **set** , after succeed , will show:succeed to set the working mode parameter. To verify the setting, can choose other working mode,

then click **read** , check the working mode.

Trigger mode :

Working mode

Work mode Trigger mode Delay time (0-240) 100 *100ms Triggering High lever trig

Neighbour judge (1-255)

Communication mode

When input high level, reader can inventory the tags in a period, and stop inventory in a period of time.

In **delay time** Delay time (0-240) 100 *100ms , input the time of delay, then set

Triggering High lever trig

Trigger off

High lever trigger

Default

trigger switch , normal working method: trigger on high level, it will close by trigger.

When finished set **read** , check the working mode.

Default setting : **timing mode** , timing as: 20*10ms. See as below:

Working mode

Work mode Timing mode Timing interval 20 *10ms

Neighbour judge (1-255) 10 s

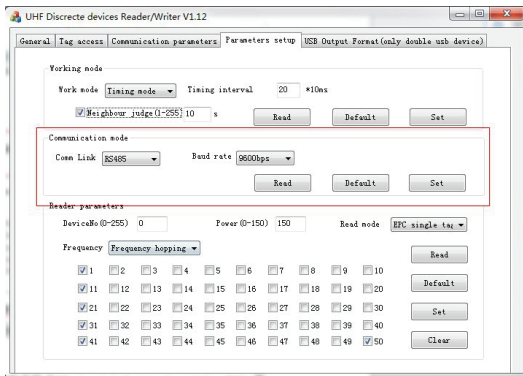
Communication mode

Neighbour judge

After set the "adjacent discriminant" (between 1-200), in that time, it will only show the same the tag 1 time, no matter read many times.

Communication Method

20 / 24



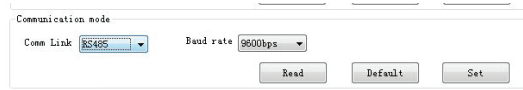
Communication method is : RS232、RS485、RJ45、Wiegand.

【RS232】:



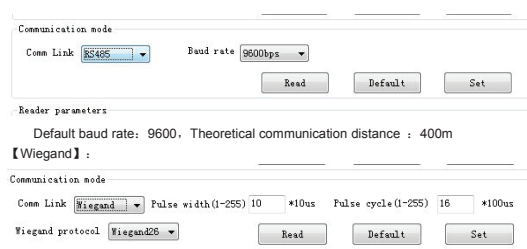
Compose with 9 pins (DB-9), normal display as COM1, default baud rate : 9600. Theoretical communication distance is: 10m

【RS485】:



Compatible with TTL level, can connect with TTL circuit . Default baud rate is : 9600. Theoretical communication distance: 400m

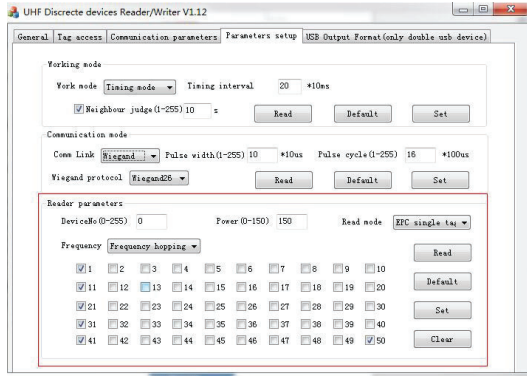
【RJ45】:



It has difficult format, standard format is 26-bit , Theoretical communication distance : 30m

Confirm the communication method, set the correct parameter, then click 【set】 :

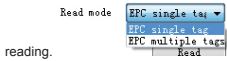
Reader Parameter



【Device No.】 : Each reader has related device No., default setting is : 0.

【Power】 : The default power: 150.

【Reading method】 : there are EPC single tag reading and EPC multiple tag

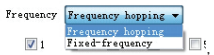


reading.

EPC single tag: fit for the single tag reading mode.

EPC multiple tag: fit for multiple tag reading mode (normal 2pcs tags).

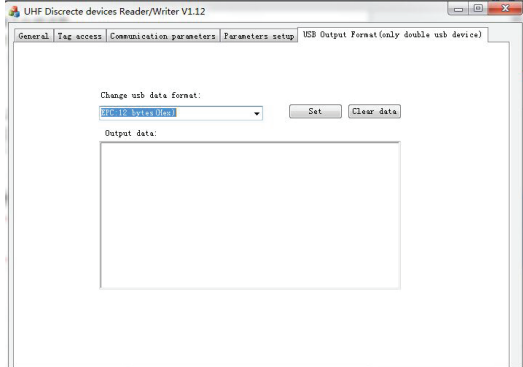
【Frequency setting】 : hopping and fixed frequency. 频



Hopping frequency: when the reader sending the signal, hopping in the selected frequency.

Fixed mode: When the reader sending the signal , hopping only in the frequency point selected.

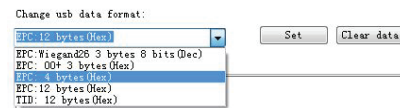
USB output format



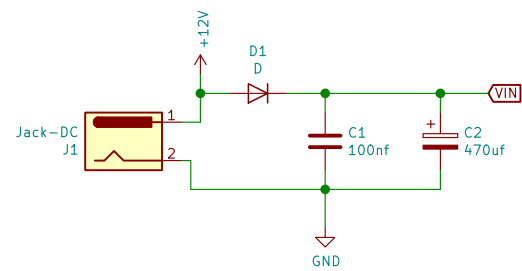
This setting only used for USB desktop reader, connect the USB reader before setting. See as below:



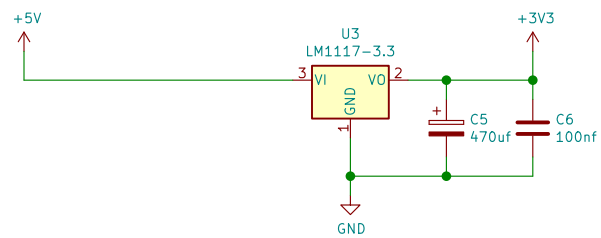
Choose the output format, click 【set】 .



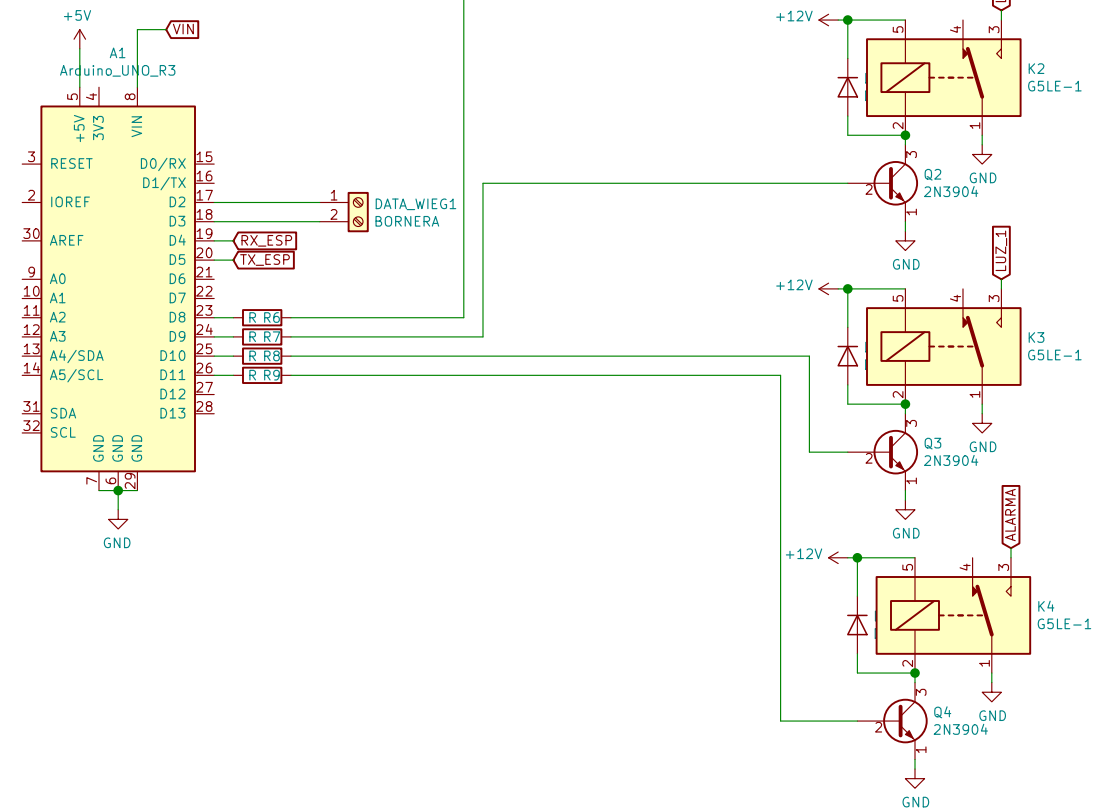
8. Esquema de circuitos electrónicos



Esquea de circuito de alimentacion de placa a 12v



Circuito electronico para regulador de voltaje



Esquema de conexiones con Arduino Uno y torre de luz

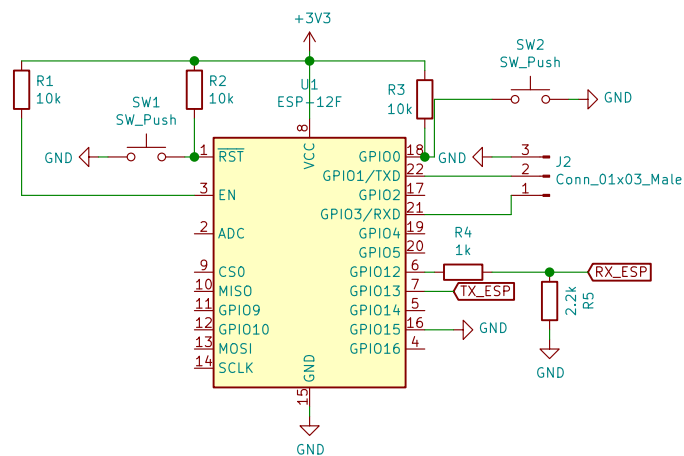
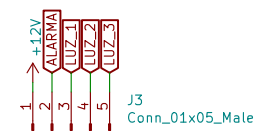


Diagrama de conexiones del módulo Wi-Fi ESP 12F



Pines de salida para torre de luz



Universidad Israel