

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación



**“DISEÑO Y PROTOTIPO PARA MOVILIDAD PEATONAL CON
TECNOLOGIA RFID Y ALARMA AUDIBLE DE LOCALIZACION PARA
PERSONAS CON DISCAPACIDADES”**

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

Presentado por:

**EDGAR PAUL BONILLA LASCANO
ERWIN DANIEL PULLAY MOROCHO**

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2022

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico en primer lugar a Dios por la vida. A mis padres por haberme otorgado la dicha de tener la oportunidad de estudiar y apoyarme incondicionalmente hasta este punto de mi vida. A mis amigos y en especial a mi novia quien ha sido ayuda idónea no solo en los momentos fáciles, sino en cada momento de mis días.

Erwin

A mi familia, que nunca dejaron de creer en lo que puedo lograr, valió el sacrificio y el no rendirse jamás. Este trabajo es el final de un camino en el que más que preparar mi vida profesional, conocí personas que hoy puedo llamar amigos, esto es para todos ustedes.

Paul

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a Dios por su bendición infinita que nos ha alcanzado hasta nuestra última etapa universitaria, gracias a nuestra universidad por forjarnos como personas profesionales con cada enseñanza impartida a lo largo de este trayecto, gracias al esfuerzo y dedicación de cada maestro quienes sin importar recibir nada a cambio se preocuparon por transmitirnos el ímpetu y valor de terminar este proyecto, que no ha sido fácil, pero su apoyo nos ha motivado a lograrlo,

A nuestro cliente, quien a cada etapa del proyecto demostró interés y aportes invaluable, Además, no podríamos terminar de expresar toda la gratitud a nuestra familia, de quienes nunca faltó una palabra de aliento y mensajes de superación.

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Edgar Paul Bonilla Lascano, Erwin Daniel Pullay Morocho* damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

Bonilla Lascano Edgar



Pullay Morocho Erwin

EVALUADORES

.....
Núñez Unda José Alfredo

PROFESOR DE LA MATERIA

.....
Soto Vera Verónica Alexandra

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

La falta de planificación de una ciudad inclusiva y la baja participación de personas discapacitadas en la movilidad del área urbana es un desafío que se debe combatir para lograr la igualdad de oportunidades, ante esta situación se ha evidenciado la necesidad de implementar un dispositivo inteligente con el objetivo de brindar seguridad al momento realizar sus actividades diarias al moverse de manera independiente.

El prototipo realizado ayuda a la localización y guía de movilidad en lugares estratégicos. Para esto, se usó un lector y antena RFID (identificación por radio frecuencia) de largo alcance junto con módulos de audio, sistema global para las comunicaciones móviles (GSM) y ethernet. Cuando el usuario portador de la etiqueta este a menos de 4 metros se detecta la presencia y se recibe una respuesta mediante un audio con la ubicación y referencia de posición. Posteriormente en 4 segundos se envía un mensaje de texto con la ubicación a una persona registrada para su cuidado y finalmente el ID asociado a la etiqueta es enviada a un servidor para el procesamiento de información.

Los elementos seleccionados y sus parámetros ajustables, tales como, número de etiquetas leídas a la vez, distancia mínima de lectura y cantidad de antenas por lector. Permitiendo la integración en un solo dispositivo portable y de fácil uso.

El enfoque realizado con este tipo de tecnología ayuda a las personas discapacitadas a otorgarles otro grado de libertad y satisfacción de ser tomados en cuenta dentro de la sociedad.

Palabras Clave: RFID, Movilidad, discapacitado, etiquetas, tecnología.

ABSTRACT

The lack of planning for an inclusive city and the almost no participation of handicapped people accessing the urban areas is a challenge that must be countered to achieve equality. Before this situation the need of developing and implementing an intelligent device with the objective of giving safety when doing their day-to-day activities when moving independently within the city.

The prototype helps with location and guidance in strategic locations. For this task, a long-range RFID (radio frequency identification) reader and antenna, adding audio, GSM and ethernet modules to perform the communication tasks were used. When the user who carries the RFID tag walks near the RF action field, near four meters of the device, the ID is verified, and the device sends the response as an audio wave stating their current location and position reference. Afterwards, with a delay of four seconds, a text message is sent to a tutoring person previously authorized and registered, stating the same information as the audio played to the RFID tag carrier. Finally, the associated ID from the tag is sent to a remote server where the information is validated.

The selected elements and adjustable parameters, such as, simultaneous tags reading capability, minimum action range field and number of antennas which can work with one RFID reader device allowed the incorporation into a single portable and easy-to-use device.

The approach made with this technology helps people with giving them a certain level of freedom and satisfaction of being considered as an important member of their community.

Keywords: RFID, mobility, handicapped, tags, technology

ÍNDICE GENERAL

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2	JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.3	OBJETIVOS.....	3
1.3.1	Objetivo General	3
1.3.2	Objetivos Específicos	3
1.4	MARCO TEÓRICO	4
1.4.1	Microcontrolador.....	5
1.4.2	Sistema RFID	7
1.4.3	Transceiver RFID	10
1.4.4	Código de producto electrónico (EPC)	10
1.4.5	Antena direccional.....	12
1.4.6	Etiqueta pasiva.....	14
1.4.7	Arduino	15
1.4.8	Estándar RS-232.....	17
2	METODOLOGIA	19
2.1	DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA	19
2.2	ESQUEMA FUNCIONAL DEL PROTOTIPO	21
2.3	PRUEBAS PRELIMINARES	22
2.3.1	Comunicación serial Lector UHF RFID YR8600	22
2.3.2	Pruebas de distancia de acción del sistema UHF RFID	23
2.3.3	Diagrama de conexiones	24
2.4	DIAGRAMA DE FLUJO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL CÓDIGO	25
2.4.1	Parte uno: Módulo de comunicación serial.....	26
2.4.2	Parte dos: Modulo Ethernet	27
2.4.3	Parte tres: Módulo de audio MP3	28
2.4.4	Parte cuatro: Módulo GSM.....	29
3	ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	31
3.1	PRUEBA DEL RANGO DE ACCIÓN DEL SISTEMA RFID	31
3.2	SOFTWARE DEL FABRICANTE “UHF RFID READER DEMO V3.62”	31
3.3	PRUEBA DE COMUNICACIÓN SOFTWARE SERIAL (DOCKLIGHT)	35
3.4	CONEXIÓN ENTRE PLACA Y MÓDULOS DEL PROTOTIPO	36
3.5	PRUEBA DE ENVÍO DE TRAMA EN LA INTERFAZ DE ARDUINO MEGA 2560	37
3.5.1	Presentación de los resultados en monitor serial.....	38
3.6	SERVIDOR LOCAL DE PRUEBA.....	39

3.7	MÓDULO DE TARJETA DE MEMORIA SD	40
3.8	MÓDULO GSM.....	40
3.9	CONDICIÓN PARA AGREGAR ETIQUETAS DE DIFERENTES USUARIOS.....	41
3.10	DESARROLLO DEL PROTOTIPO	41
3.11	PRUEBAS DE CAMPO FINALES.....	42
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	45
4.1	CONCLUSIONES.....	45
4.2	RECOMENDACIONES	46

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
COE	Centro de Operaciones de Emergencias
GSM	Sistema Global para las comunicaciones móviles
RFID	Identificación Por Radio Frecuencia
EPC	Sistema Electrónico de Control de Motor
UHF	Frecuencia Ultra Alta
IDE	Entorno de Desarrollo Integrado
CPU	Unidad Central de Procesamiento
GPR	Registro de Propósito General
ALU	Unidad aritmética lógica
LCD	Pantalla de Cristal Líquido
UPC	Código de Producto Universal
ADK	Kit de Desarrollo de Aplicaciones
CU	Unidad de Control
SMS	Servicios de Mensajes Cortos
UART	Receptor/Transmisor Universal Asíncrono
TTL	Tiempo de vida
IoT	Internet de las Cosas
IDE	Entorno de Desarrollo Integrado de Arduino
RAM	Memoria de acceso aleatorio
ROM	Memoria de solo lectura
EPROM	Memoria de solo lectura programable borrable
EEPROM	Memoria programable borrado eléctricamente

SIMBOLOGÍA

W	Potencia en Watts
V	Voltios
Ω	Ohmios
mA	Miliamperios
dBm	Potencia de antena
mm	Milímetros
cm	Centímetros
m	Metro
A/D	Análogo digital
D/A	Digital análogo
kB	kilobytes
s	Segundos
°C	Celsius
c	Velocidad de la Luz
kHz	kilohercio
MHz	Megahercio
GHz	Gigahercio
dBi	Ganancia con respecto un radiador isotrópico
λ	Longitud de Onda

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Diseño de entradas y salidas del proyecto	4
Figura 1.2 Componentes de un microcontrolador	5
Figura 1.4 Bandas de frecuencia RFID	8
Figura 1.5 Esquema de Sistema RFID [4].....	10
Figura 1.6 Ejemplo de sistema de numeración de etiqueta EPC	11
Figura 1.7 Antena RFID 908-928 MHZ 12 dBi [6].	13
Figura 1.8 Presentación física del Arduino Mega 2560 [9]	16
Figura 1.9 Presentación física del módulo Ethernet ECN28J60 [8]......	16
Figura 2.1 Diagrama de bloques del prototipo dividido en etapas.....	19
Figura 2.2 Esquema funcional: entrada de señal emitida por Lector UHF RFID y salidas de alertas programadas del prototipo	21
Figura 2.3 Superior: Conexión Lector RFID hacia Arduino Mega. Inferior: Conexión Lector RFID hacia computador.....	23
Figura 2.4 Superior: Prueba de cobertura de antena UHF, línea de vista sin obstáculo. Inferior: Prueba de cobertura de antena UHF, línea de vista con obstáculo.	24
Figura 2.5 Diagrama de topología del sistema RFID propuesto. Se indican.....	25
Figura 2.6 Diagrama de Flujo de la lectura de una etiqueta	26
Figura 2.7 Diagrama de flujo de la comunicación TCP/IP	27
Figura 2.8 Diagrama de flujo de modulo MP3	28
Figura 2.9 Diagrama de flujo del Módulo SIM800L	29
Figura 3.1 Software UHF RFID Reader Demo v3.62	32
Figura 3.2 Parámetros del software del fabricante e inventario de lectura de etiquetas.....	33
Figura 3.3 Activación del puerto del monitor serial	34
Figura 3.4 Envío y recepción de datos en el software Docklight	35
Figura 3.5 Implementación de convertidor RS232 a TTL en protoboard.....	37
Figura 3.6 Respuesta del Lector RFID en formato Hexadecimal	38
Figura 3.7 Resultado de leer una etiqueta y la activación de los módulos conectados al Arduino MEGA 2560	39
Figura 3.8 Servidor Local creado en Spyder (Python 3.8)	39
Figura 3.9 Mensaje de texto con alerta de lectura de una etiqueta	40
Figura 3.10 Definición de condición para cada tarjeta registrada.....	41
Figura 3.11 Prototipo de prueba con todos los componentes físicos	42
Figura 3.12 Armado y prueba de lectura de una etiqueta en un sector público	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Penetración de piel para varios materiales comunes	9
Tabla 1.2 Clases de tarjetas EPC.....	12
Tabla 1.3 Características eléctricas Antena 908 – 928 MHz 12 dBi [6].....	13
Tabla 3.1 Tabla de pines y características eléctricas de los módulos utilizados en el prototipo	36

ÍNDICE DE ECUACIONES

(1.1)	8
(1.2)	9

CAPITULO 1

1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se detalla la problemática y la solución propuesta para reducir el impacto de esta. Se indica además las definiciones teóricas más relevantes que abarca la aplicación de la propuesta para el desarrollo del proyecto.

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La implementación del sistema de semaforización actual en la ciudad de Guayaquil busca agilizar la movilización tanto de peatones y vehículos, pero no se ha considerado una parte de la población en estado de vulnerabilidad, que viven en condiciones de limitación física y mental que no pueden desplazarse con facilidad. Ante la necesidad de mantenerse en contacto con la sociedad, estos individuos transitan las calles valiéndose de cualquier forma posible de movilización [1].

En la Provincia de Guayas-Cantón Guayaquil existen 76.491 personas que presentan algún tipo de discapacidad que no les permite con facilidad moverse y localizarse en los trayectos que presentan intersecciones con un alto flujo de vehículos [3]. Esta falencia se debe a la falta de implementación de un sistema de tecnología confiable e inteligente que se pueda incorporar al sistema de tránsito peatonal existente.

Las ciudades en general representan un peligro para las personas discapacitadas, en la ciudad de Guayaquil el 23% de accidentes están relacionados con los peatones [4]. Particularmente en el cantón Guayaquil falla en la inclusión de movilidad, no todos los puntos estratégicos en un trayecto cuentan con alarmas sonoras o algún tipo de tecnología de señalización para personas con problemas de cualquier vulnerabilidad. La mayoría de las personas da por sentado el hecho de cruzar una intersección, pero no nos imaginamos que tan difícil resulta para ese grupo de personas vulnerables la realización de esta acción que de hecho pone en riesgo su vida, elevando la importancia de contar con un sistema de movilidad que tengan alarmas auditivas y visuales [5].

Este tipo de educación se ha evidenciado con más énfasis durante la aparición de la COVID-19, el distanciamiento social ha dejado a las personas discapacitadas a la deriva y no poder contar con la ayuda de terceros al momento de ubicarse en una intersección, además de no poder conocer su ubicación en calles no transitadas anteriormente, es necesario un sistema integrado a un dispositivo que le facilite el nombre de la intersección mediante la reproducción de un audio y además sirva de geolocalización.

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Como se ha mencionado en el punto anterior, la necesidad de brindar a las personas con discapacidades las comodidades para que puedan transitar las calles con facilidad e independencia, se ha pensado en la adición de asistencias de tipo visual, táctil o audible. De esta manera beneficiar a todos los transeúntes con vulnerabilidades.

Los dispositivos de identificación de radio frecuencia o RFID, por sus siglas en inglés, se pueden utilizar para comunicar a los peatones y los dispositivos de tránsito en las calles. La tecnología RFID brevemente se la puede describir como una etiqueta de identificación muy similar a como funciona un código de barras, en el que por medio de las ondas de radio se pueden realizar tareas de identificación y localización. Se pretende complementar a los dispositivos de tráfico alarmas de tipo audible para que los usuarios puedan identificarse y se ejecuten anuncios preprogramados.

Se le otorgara al usuario una tarjeta pasiva, la cual no necesitara colocar físicamente a una unidad receptora, permitiendo que las personas discapacitadas tengan más oportunidades de desplazarse sin afectar a su circulación. De esta manera se busca integrar al sistema de movilidad a las personas vulnerables y acortar la brecha de accesibilidad a los servicios y bienes públicos.

Se desplegará un sistema de identificación inteligente mediante la integración de los medios tecnológicos necesarios, que cumplan los requerimientos indispensables

para que las personas discapacitadas puedan recorrer los distintos trayectos de la ciudad con seguridad y de manera independiente.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Diseño e implementación de un prototipo de alta resolución de un sistema de asistencia para la movilidad para personas con discapacidades.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Diseñar enlace RFID para identificación de usuarios en situación de vulnerabilidad. Garantizar una comunicación segura y codificación entre la tarjeta RFID y el lector para permitir la lectura correcta del ID de cada portador.
- Integrar al microcontrolador periféricos de audio al cual se le asignará su tarea y el momento en el cual entrarán en acción.
- Diseñar un sistema de comunicación entre la base de datos local o remota y el dispositivo de identificación.
- Exponer y visualizar la senda segura por la cual transitan las personas discapacitadas mediante mensajes automáticos a sus familiares, para de esta forma monitorear su recorrido y notificarlos siempre que lleguen a un punto seguro.

1.4 MARCO TEÓRICO

Un sendero seguro es un espacio destinado para brindar la libertad de movimiento de un conjunto de personas, este lugar se compone principalmente por intersecciones de tráfico crítico, y es el lugar indicado donde se busca fijar el sistema con el componente principal; la tecnología RFID que se administra y procesa por medio de un microcontrolador y otro tipo de implementos agregados como una alarma audible e intercomunicación con una aplicación o servicio de mensajería por medio de red celular que contengan los datos georreferenciados del usuario, como se muestra en la Figura 1.1 el esquema de señales que entrega el sistema.

Para esta sección se abordarán las aplicaciones, conceptos y fundamentos que se encuentran relacionados con el diseño y prototipo de un sistema de movilidad que cumpla con las condiciones previas para el traslado seguro de las personas discapacitadas tanto física como mental.

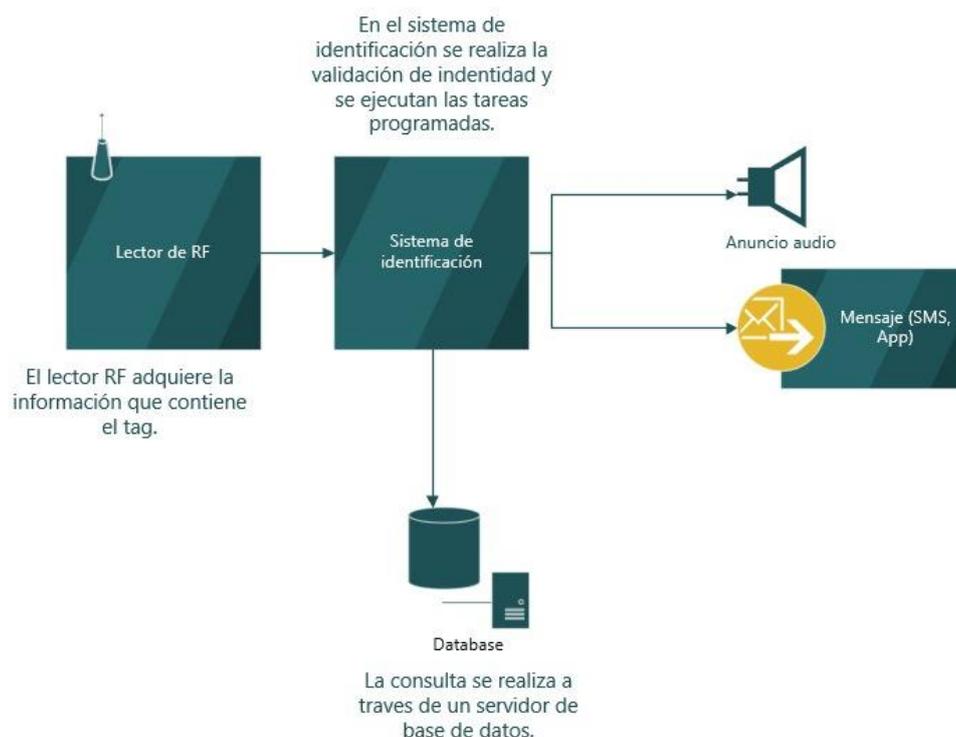


Figura 1.1 Diseño de entradas y salidas del proyecto

1.4.1 Microcontrolador

Un microcontrolador es una computadora de un único chip que se fabrica especialmente para aplicaciones de control informático. Estos dispositivos son de un bajo costo y muy fácilmente pueden usarse en aplicaciones de control digital. La mayoría de los microcontroladores tienen los circuitos integrados para aplicaciones de control informático [1]. Por ejemplo, un microcontrolador puede tener convertidores A/D así que las señales pueden ser muestreadas. También tienen puertos entrada-salida para que los datos digitales puedan ser leídos desde el microcontrolador. Algunos dispositivos tienen incorporado convertidores D/A y la salida se puede utilizar para manejar un actuador. Una vez configurado y programado puede cumplir una función específica, para este proyecto tendrá la función de controlar actuadores e interpretar información serial [2].

1.4.1.1 Partes del microcontrolador

Está compuesto principalmente de cuatro partes: unidad de proceso (CPU), memoria de solo lectura (ROM), memoria de acceso aleatorio (RAM), puertos de entrada-salida y periféricos, tal como se observa en la Figura 1.2 , los cuales se describen detalladamente a continuación.

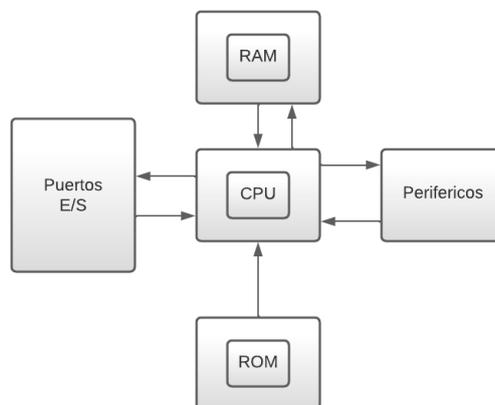


Figura 1.2 Componentes de un microcontrolador

- *Unidad de proceso (CPU)*: Es la parte la cual contiene 3 unidades básicas: la unidad lógica y aritmética (ALU), la unidad de control (CU) y el registro de propósito general (GPR). El ALU consiste en el circuito lógico necesario para llevar a cabo las operaciones lógicas y aritméticas, por ejemplo, para sumar y restar números, para comparar números y así sucesivamente. El CU supervisa las operaciones con la CPU, obtiene las instrucciones de la memoria del programa, decodifica las instrucciones y controla la ALU y otras partes de la computadora que se puedan implementar las operaciones requeridas [2].
- *Memoria de solo lectura (ROM)*: Es una memoria no volátil de solo lectura en la que generalmente se carga el programa del microcontrolador, no se puede escribir la información ya que viene escrita de fábrica. Sin embargo, hay memorias que tienen la capacidad de borrar su información tales como: (Memoria borrable programable) EPROM, (Memoria borrable eléctricamente) EEPROM, esta última es la que usa el microcontrolador seleccionado para el prototipo como se explicará más adelante.
- *Memoria de acceso aleatorio (RAM)*. – Es una memoria volátil que permite la lectura y escritura. Usada ampliamente en diferentes tipos de dispositivos electrónicos, se clasifican en dos tipos de memorias: RAMs estáticas (SRAM) y las RAMs dinámicas (DRAM).
- *Puertos entrada/salida*: Todos los microcontroladores cuentan con puertos de entrada y salida dependiendo del tipo de dispositivo, lo que les permite comunicarse con el mundo exterior. La manera que reciben o entregan información es a través de una señal de voltaje.
- *Periféricos*: Como entrada se utiliza para el monitoreo de dispositivos digitales como botones, interruptores, teclados, sensores con salida a relevador, etc., y como salida para el manejo de LEDs, displays, activación de motores, LCDs, etc.

Una vez entendido el tema acerca del microcontrolador se aclara que se hará uso del microcontrolador ATmega 2560.

1.4.2 Sistema RFID

Los sistemas RFID se componen de una antena, un lector y la respectiva etiqueta. La ventaja de este sistema de comunicación inalámbrico es que la antena y la etiqueta se comunican sin la necesidad de la línea de visión. Una vez realizada la validación de las etiquetas, la información capturada se envía al sistema central en que todos los datos se actualizan por medio de un enlace seguro y eficaz.

Los dispositivos involucrados en el sistema RFID se dividen en receptores y emisores. En los equipos emisores pueden ser pasivos y activos; para las etiquetas se tienen del tipo pasivas y activas. Las etiquetas pasivas comúnmente tienen un alcance de máximo 5 metros.

1.4.2.1 Bandas de frecuencia para RFID

Los sistemas RFID usan frecuencias donde varían por un factor de 20000 o más, entre un rango que comprende entre 100kHz a más de 5GHz como se muestra en la Figura 1.3. Raramente existen sistemas que operen fuera de este amplio espectro. Las bandas de frecuencia que se encuentran mayormente son 125/134 kHz, 13.56MHz, 860-960MHz, y 2.4-2.45GHz.

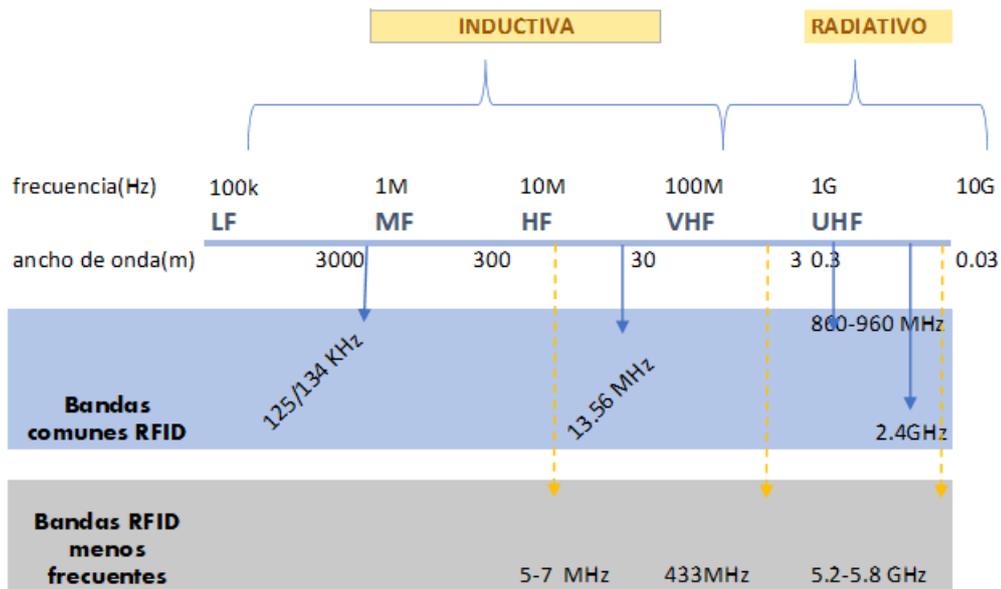


Figura 1.3 Bandas de frecuencia RFID

Lectores y etiquetas en la región de 900MHz y en 2.4GHz ambos están en la banda ultra alta frecuencia (UHF). La longitud de onda λ matemáticamente resultaría de la ecuación (1.1) que es el cociente entre la velocidad de la luz c y la frecuencia de la onda f , esta relación es importante para determinar la distancia la longitud de cobertura a diferentes frecuencias.

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (1.1)$$

Por lo tanto, una onda con una frecuencia de $f=900\text{MHz}$ y la constante c , se tendrá una longitud de onda de $(300000/\text{km/s}) / (900\text{MHz}) = 0.33\text{km}$.

Además, se puede diferenciar los sistemas RFID por la su longitud de onda, los sistemas con una longitud de onda mayor que la antena suelen estar *acoplados inductivamente*, casi toda la energía del lector será contenida en una región cercana, mientras que cuando la antena es comparable a su longitud de onda suelen utilizar un *acoplamiento radiativo* para comunicarse con el lector y la tarjeta [3].

1.4.2.2 Profundidad superficial para diferentes elementos variando la frecuencia

Al cambiar la frecuencia de operación, también se cambia la forma en que los campos son creados por la antena del lector al momento de interactuar con los materiales que encuentran a su paso. Principalmente los objetos metálicos y el agua (las plantas y animales están constituidos por esos elementos). Una onda electromagnética penetra hasta un punto conocido como profundidad superficial como se describe en la ecuación (1.2). La profundidad de la piel δ depende de la frecuencia f , la permeabilidad magnética $\mu = \mu_0$, excepto para materiales magnéticos y la conductividad eléctrica σ del objeto. El uso de la siguiente expresión es útil para determinar que superficies y que profundidad pueden atravesar las ondas del dispositivo RFID.

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{\pi \mu_0 \sigma f}} \quad (1.2)$$

Se coloca a continuación los valores aproximados de penetración en diferentes materiales en la Tabla 1.1 Tabla 1.1 Penetración de piel para varios materiales comunes.

Tabla 1.1 Penetración de piel para varios materiales comunes

Material	Profundidad de penetración a:			
	<u>125kHz</u>	<u>13.56MHz</u>	<u>900MHz</u>	<u>2.4GHz</u>
Agua del grifo	8m	2m	4cm	8mm
Tejido de animal	2m	60cm	2cm	8mm
Aluminio	0.23mm	71 μm	2.7 μm	1.6 μm
Cobre	0.18mm	55 μm	2.1 μm	1.3 μm

De la tabla anterior se consideran útiles los datos colocados en la columna de 900MHz debido a que dicha frecuencia se configurara en el dispositivo RFID, el cual se mencionara posteriormente.

1.4.3 Transceiver RFID

En el esquema presentado en la Figura 1.4 se describe cómo el lector/receptor emite una señal RF que se recibe por la etiqueta, y si está configurada para la frecuencia adecuada esta emitirá una señal RF en respuesta que incluirá el protocolo, número de serie y descripción.

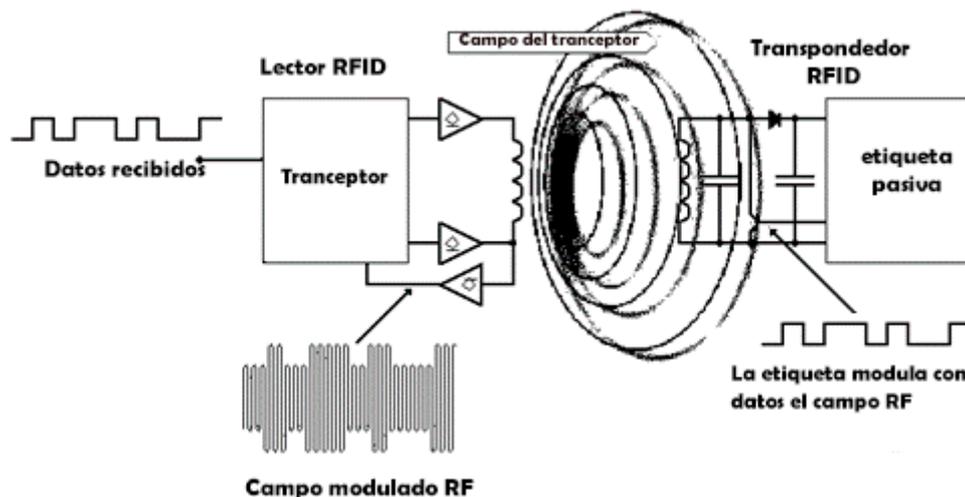


Figura 1.4 Esquema de Sistema RFID [4]

Las etiquetas pasivas no poseen una fuente de energía que carguen el circuito, el campo magnético emitido por el lector tiene que ser tres veces mayor al campo necesario para mantener la comunicación.

1.4.4 Código de producto electrónico (EPC)

El EPC puede ser considerado como la versión electrónica del UPC (el estándar del código de barras). Un número EPC este compuesto por cuatro partes como se observa en la Figura 1.5. La primera parte corresponde al encabezado. La segunda

sección corresponde al fabricante del producto. La tercera parte identifica la clase del producto. Finalmente, la cuarta sección contiene el número serial del producto [5].

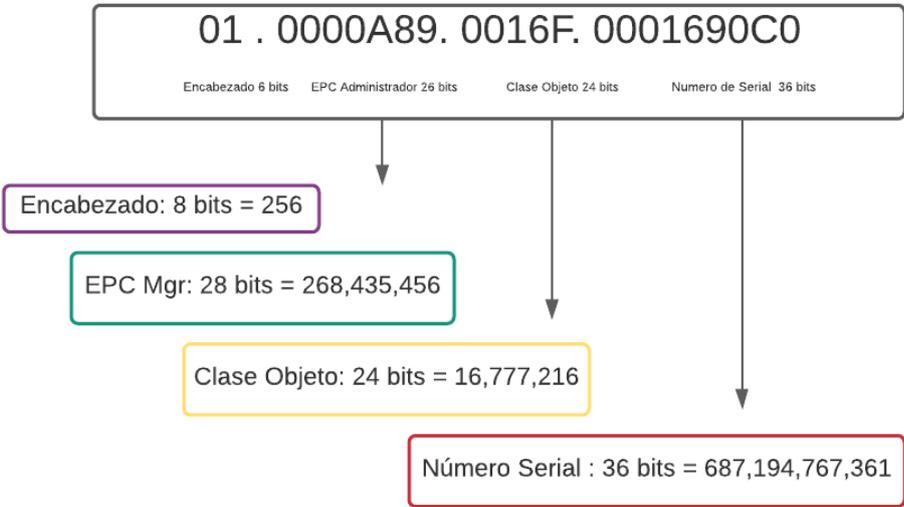


Figura 1.5 Ejemplo de sistema de numeración de etiqueta EPC

Con un código de 96 bits, 268 millones de compañías pueden registrar 16 millones de productos distintos, donde cada categoría de producto contiene hasta 867 mil millones de unidades individuales.

Hay cinco clases de EPC las cuales se resumen en la siguiente tabla 1.2:

Tabla 1.2 Clases de tarjetas EPC

Clase EPC	Definición	Programación
Clase 0	Tarjeta pasiva solo de lectura	Programado durante el proceso de fabricación de semiconductores
Clase 1	Tarjeta pasiva de una sola escritura	Programado una sola vez por el usuario final
Clase 2	Tarjetas pasivas regrabable	Puede ser reprogramado muchas veces
Clase 3	Tarjeta semi-pasiva	Puede ser reprogramado muchas veces
Clase 4	Tarjetas Activas	Puede ser reprogramado muchas veces

Para la elaboración del prototipo se utiliza las tarjetas pasivas de clase 0 ya que vienen programadas de fábrica y el sistema se restringe a recuperar la información pregrabada e interpretarla.

1.4.5 Antena direccional

La antena utilizada en el sistema RFID es de tipo direccional con polarización lineal con rango de operación de frecuencia entre 902-928 MHz y ganancia de 12 dBi. El material de construcción es de cuerpo de aluminio, resistente a golpes, a la exposición a la intemperie o ambientes complejos [6].



Figura 1.6 Antena RFID 908-928 MHz 12 dBi [6].

En la Tabla 1.3, se muestran algunas de las características eléctricas más importantes.

Tabla 1.3 Características eléctricas Antena 908 – 928 MHz 12 dBi [6].

Rango de Frecuencia	902-928 MHz
Ganancia	12 dBi
VSWR	≤ 1.3
Impedancia de Entrada	50 Ω
Potencia Máxima de entrada	100 W
Polarización	Lineal
Ancho Haz Horizontal	41°
Ancho Haz Vertical	39°

1.4.6 Etiqueta pasiva

Un transponder RFID pasivo no contiene una fuente de poder o algún tipo de almacenamiento de energía, en cambio posee la característica de que, absorbe la energía presente en el campo RF que genera la antena del sistema RF. Esta energía absorbida por el transponder será la necesaria para encender o activar el chip contenido en la etiqueta para realizar el envío de su identificación hacia el conjunto de origen del campo RF.

Las etiquetas en un sistema pasivo de RFID se accionan únicamente cuando esta atraviesa un campo de radio frecuencia que ha sido generado por el conjunto de una antena y Lector UHF. A continuación, el transponder envía una respuesta programada de retorno al generador del campo, el cual detectará esta respuesta.

Una etiqueta pasiva está conformada por tres componentes, un circuito integrado, una antena y el sustrato. Se describirá brevemente cada una de las partes enunciadas.

- **Circuito integrado o microchip:** Este elemento es el que almacena datos y ejecuta comandos específicos. La arquitectura del chip es la que dictará el modo de operación, ya sea en modo de solo lectura o lectura-escritura.
- **Antena o elemento de acople:** La antena posee una sensibilidad muy alta a la presencia de un campo RF, con el que con una cantidad mínima de energía se accionará y emitirá una señal de respuesta. El tamaño de la antena afecta directamente a la ejecución de la etiqueta, pues esto determinará el rango de acción en el que emite la respuesta ante la afectación del campo RF.
- **Sustrato:** Es el material el cual el chip y la antena de la etiqueta pasiva están contenidos, generalmente el sustrato está formado por una lámina de plástico y mylar.

1.4.7 Arduino

Plataforma electrónica de código abierto de fácil utilización. Este dispositivo es una herramienta muy utilizada para realizar prototipos, inicialmente se pensó para la utilización de personas que no tenían antecedentes en electrónica y programación. En la actualidad la evolución de este ha cambiado para adaptarse a las nuevas necesidades, para aplicaciones de IoT, impresión 3D, sistemas embebidos [7].

La extensa capacidad de adaptabilidad permite a que Arduino sea preferido para proyectos y aplicaciones. La misma utilización de microcontroladores y plataformas de microcontroladores se ha simplificado en un sistema que equipara a los demás sistemas, Parallax Basic Stamp, Netmedia's BX-24, Phidgets, MIT Handyboard, ofreciendo una funcionalidad similar [7].

Dentro de los beneficios sobre otros sistemas de microcontroladores se tiene el bajo costo de utilización, su compatibilidad con otras plataformas. Su entorno de programación es sencillo, el IDE puede ser utilizado por principiantes y usuarios experimentados.

1.4.7.1 Arduino Mega

Esta variedad de Arduino posee una gran capacidad. Presenta 54 pines digitales de entrada y salida (15 de ellos PWM), 16 entradas analógicas y un oscilador de 16MHz, conexión USB, así como un botón reiniciar y una entrada para la alimentación de la placa (ver Figura 1.7). Posee un microcontrolador ATmega 2560 a 5 V [8].



Figura 1.7 Presentación física del Arduino Mega 2560 [9]

En el anexo D se detallan las características eléctricas de la tarjeta de desarrollo Arduino ATmega 2560 que se usó en el prototipo.

1.4.7.2 Modulo ethernet

El módulo Ethernet Shield facilita la conexión de la placa de Arduino a través de un cable RJ45. Se encuentra basado en el chip Wiznet W5100 (ver Figura 1.8). La alimentación de la placa es de 5V y se consigue desde la placa Arduino. La velocidad a la que se transmite los paquetes es de 10/100 Mb [8].



Figura 1.8 Presentación física del módulo Ethernet ECN28J60 [8].

1.4.7.3 Lenguaje de programación de Arduino

Arduino tiene su propio lenguaje de programación, basado en el lenguaje C/C++ simplificado. La programación en Arduino está basada en programas que se han creado en lenguaje C/C++ que hacen uso de la librería de Arduino. Comparado con las tareas que acarrearán al trabajar con microcontroladores, el uso de Arduino se simplifica gracias a la librería que posee, y además no es necesario tener conocimientos avanzados de la documentación para poder realizar un programa [8].

Al ser su programación análoga al lenguaje C/C++, la sintaxis que se usa es la misma. Por lo tanto, todos los operadores de control de C/C++ son aplicables a todo el rango de productos Arduino [8].

1.4.8 Estándar RS-232

Protocolo de comunicación para enlazar una computadora con sus dispositivos periféricos para permitir intercambio de datos en serie. En términos eléctricos, RS-232 define el voltaje en el que los datos se transfieren entre los dispositivos, el estándar se ha desarrollado con el fin de comunicar en vía eléctrica los dispositivos utilizados en el tiempo de su desarrollo.

1.4.8.1 Especificaciones del estándar RS-232

Es un estándar completo, asegura la compatibilidad perfecta en la que se define no solo las características eléctricas sino también las características funcionales y mecánicas [2].

Los datos digitales pueden ser convertidos por un modem, en los que actualmente los cables de 9 pines solo tienen las funciones más utilizadas [2].

1.4.8.2 Características eléctricas

Las señales del RS-232 se representan por niveles de voltaje referenciadas a un común. Se define el voltaje máximo en 25V. En lado del transmisor se emiten niveles de 3V a 15V en altos, -3V y -15V en bajos. Así mismo para los niveles de voltaje en el receptor 3V y 15V en nivel alto y -3V y -15V en niveles bajos. Los niveles bajos de voltaje se consideran como un "1" lógico o estado encendido, mientras que los niveles altos se los definen como un "0" lógico o estado apagado.

1.4.8.3 Características mecánicas

Los pines del conector se han definido cada uno para permitir la compatibilidad entre el host y los dispositivos periféricos. Los conectores se categorizan en macho y hembra, los conectores hembra se distinguen por su conector que presenta orificios en su superficie, el conector macho en cambio se distingue porque en su superficie tiene pines sobresaliendo del mismo.

En la actualidad los conectores seriales han cambiado de su diseño original de 25 pines al conector actual utilizado en la actualidad de 9 pines.

CAPITULO 2

2 METODOLOGIA

Desde el punto de vista general, la estructura del proyecto consiste en una serie de pasos que se debe cumplir a cabalidad para poder ejecutarlos de una forma sincrónica. Frente a esto, primero fue indispensable conocer las situación de movilidad con respecto a las personas con discapacidades y adultos mayores para desarrollar un prototipo que brinde asistencias básicas para la movilización de forma independiente en una ruta segura, de modo que el usuario con un mínima acción dé paso a la ejecución de un algoritmo que cumpla con las funciones de precisión, velocidad de lectura y verificación eficaz se preste la asistencia en sitio y se anuncie por texto al familiar o persona tutora del usuario.

Para llevar a cabo el desarrollo del prototipo se requiere el análisis y filtrado de tramas que se envían entre el Lector RFID UHF y el IDE de Arduino Mega. El reconocimiento del usuario se deberá realizar a una distancia estimada en tres metros máximo, por tal motivo el sistema inalámbrico de lectura de etiquetas de identificación tiene que operar al mínimo de esa distancia.

2.1 DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

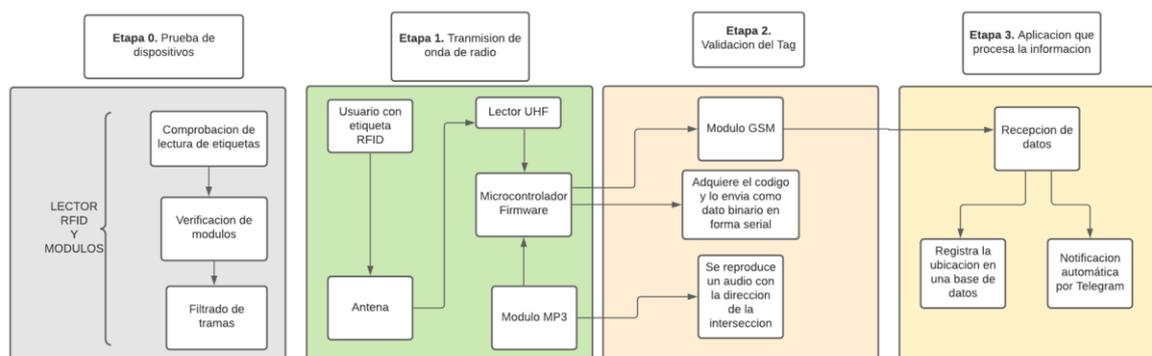


Figura 2.1 Diagrama de bloques del prototipo dividido en etapas.

El desarrollo del proyecto se ha dividido en cuatro etapas: etapa 0, etapa 1, etapa 2 y etapa 3.

Etapa 0: denominada así porque se requiere realizar pruebas de funcionalidad y compatibilidad de los equipos previo a la implantación del prototipo. Dentro de las tareas a realizar, se debe comprobar la compatibilidad entre las tarjetas RF y la antena a utilizarse, ambos dispositivos deben operar en el mismo rango de frecuencia, adicional a la verificación con las hojas de datos será necesario una prueba en sitio.

Etapa 1: Llamada transmisión de ondas de radio, ya que en este punto se integrarán todos los módulos al microcontrolador. Una vez acoplado cada pin a los puertos del microcontrolador se les asignara mediante señales de voltaje cuando actuar.

Etapa 2: Conocido como la etapa de la validación de la etiqueta debido a que en esta fase se reconocerá la presencia de un usuario. Luego de detectar a la persona portadora, se activará el módulo de la alarma audible y enviará un mensaje de texto a la persona tutora o familiar responsable.

Etapa 3: Esta fase corresponde a la información que se procesa de manera externa al prototipo. Es la fase que trabaja con los datos extraídos de la tarjeta pasiva, una vez que ha sido detectado por la antena receptora.

Conforme al plan de actividades para el desarrollo del prototipo se utilizarán módulos preensamblados para la tarjeta Arduino mega, se deberá experimentar con algoritmos sencillos de prueba la correcta recepción y envío de información según sea el funcionamiento de cada módulo a utilizar. Las pruebas se realizarán para los módulos de reproducción de MP3, ethernet, GSM, conversor Serial/TTL.

La prueba final será realizar el envío y recepción de las tramas de datos hacia y desde la tarjeta Arduino hacia el Lector RFID UHF YR8600, se debe programar un algoritmo que habilite la lectura continua de etiquetas y de la misma manera la identificación y ejecución de la secuencia de tareas.

2.2 ESQUEMA FUNCIONAL DEL PROTOTIPO

En la Figura 2.2 se presenta un esquema simplificado de la entrada y las salidas del sistema. La tarjeta de desarrollo Arduino realiza la ejecución del algoritmo, ejecutando las tareas de alerta por medio de los tres módulos indicados en este.

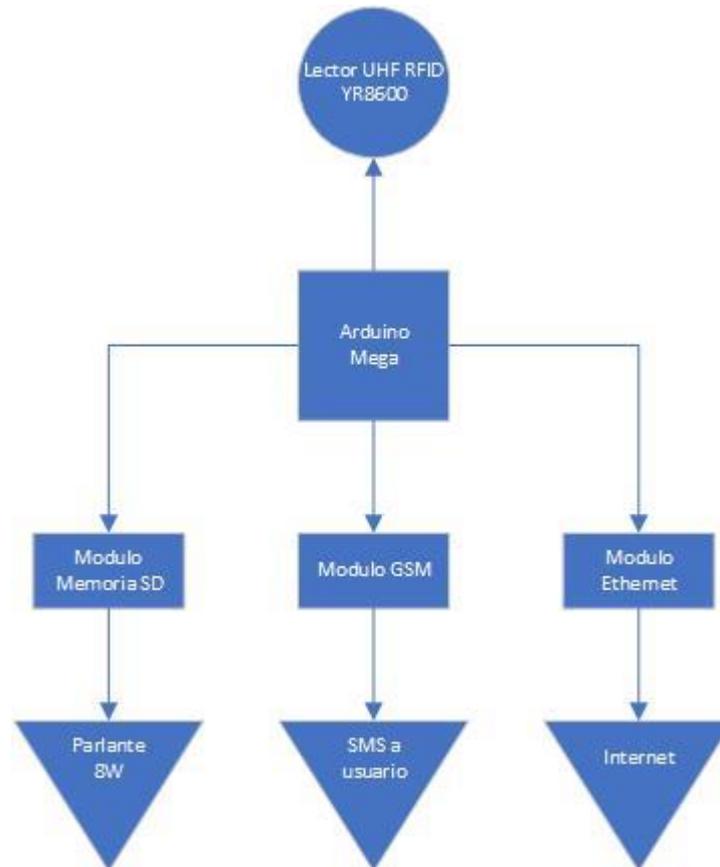


Figura 2.2 Esquema funcional: entrada de señal emitida por Lector UHF RFID y salidas de alertas programadas del prototipo

Los datos se reciben por medio de la antena UHF que funciona en conjunto al Lector RFID UHF YR8600, todos los datos se envían en forma de tramas de bytes hacia la tarjeta Arduino, la comunicación entre ambos dispositivos se realiza por protocolo de comunicación serial.

El algoritmo cargado en la memoria realiza el filtrado y adecuación de los datos recibidos, en que se realiza la comunicación con el servidor por medio de comunicación TCP para la verificación del usuario en la base de datos remota. El módulo GSM realiza el envío de un mensaje de notificación corto para el usuario en el que se indica que ha sido verificado en el punto de intersección en la 'ruta segura'. En paralelo se ejecuta el comando de reproducir el anuncio audible con información acerca de la posición referenciados respecto a las calles en la que se ubica el usuario.

2.3 PRUEBAS PRELIMINARES

2.3.1 Comunicación serial Lector UHF RFID YR8600

Para verificar el funcionamiento del dispositivo se requerirá realizar dos pruebas independientes, la primera prueba consiste en comunicar el Lector UHF directamente al computador utilizando el protocolo de comunicación, utilizando un emulador de consola como Putty. Adicional, se utilizará el software UHF RFID Reader Demo v3.62 desarrollado por el fabricante como se visualiza en la Figura 2.3. Las dos pruebas servirán de verificación suficiente para asegurar el correcto funcionamiento del dispositivo.

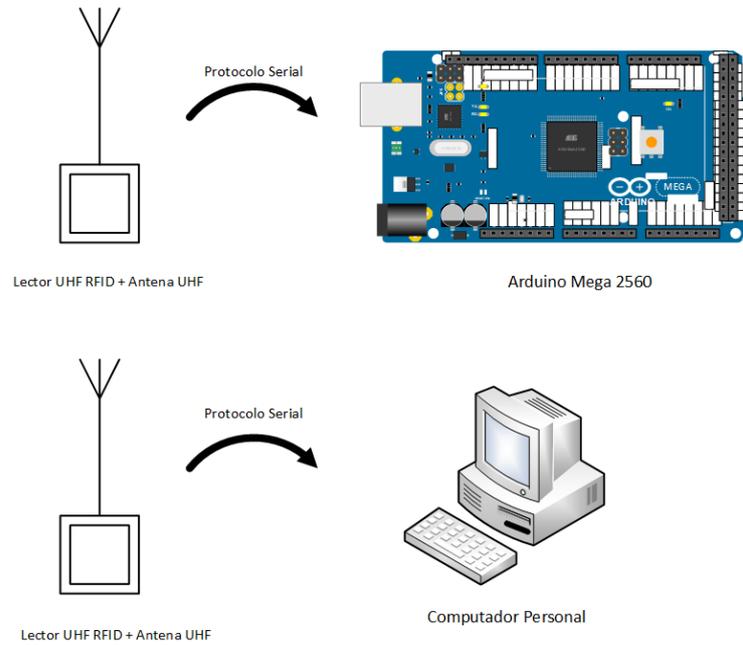


Figura 2.3 Superior: Conexión Lector RFID hacia Arduino Mega. Inferior: Conexión Lector RFID hacia computador.

La segunda parte de las pruebas a realizar consiste en comunicar el Lector UHF RFID directamente con la tarjeta de desarrollo Arduino Mega para asegurar la compatibilidad entre ambos, la tarjeta de desarrollo Arduino no posee un puerto serial RS232, por lo que se utilizarán los puertos designados para comunicación serial además de un módulo conversor RS232/TTL. Se espera poder obtener la lectura correcta de las tarjetas RF al ingresar a la región de reconocimiento que provee la antena.

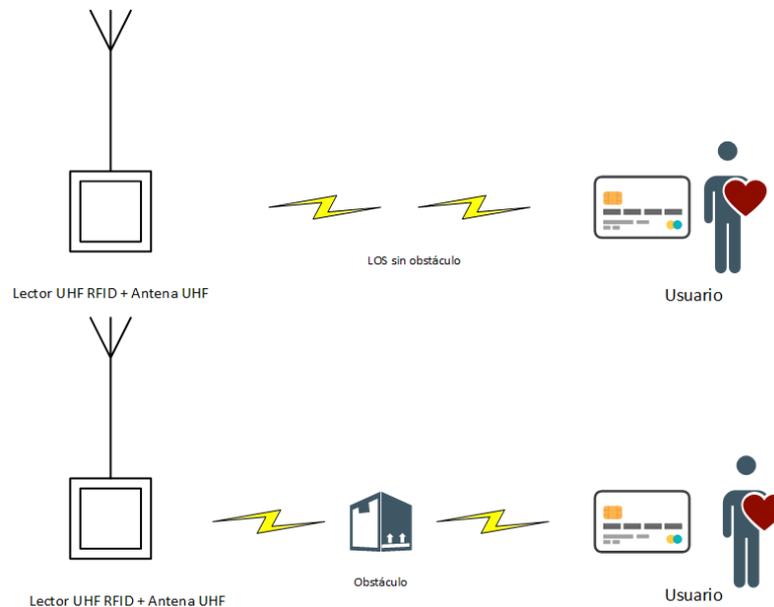
En el Anexo B y C se colocan imágenes del Lector UHF RFID YR8600 para una mejor comprensión de cada una de las entradas, salidas y características técnicas.

2.3.2 Pruebas de distancia de acción del sistema UHF RFID

Para las pruebas de rango de cobertura de detección de los tags, para la aplicación se requiere que el sistema realice la identificación a una distancia de al menos tres metros. Se realizarán pruebas sencillas con línea de visión sin obstáculos, y una

prueba adicional con línea de visión con obstáculos mínimos como se observa en la Figura 2.4.

Rangos de cobertura mayores a los tres metros son suficientes para garantizar la operación correcta de lectura e identificación de las tarjetas de identificación.



**Figura 2.4 Superior: Prueba de cobertura de antena UHF, línea de vista sin obstáculo.
Inferior: Prueba de cobertura de antena UHF, línea de vista con obstáculo.**

2.3.3 Diagrama de conexiones

La Figura 2.5 representa las conexiones que soporta el tipo de Arduino seleccionado (Arduino MEGA 2560), debido a que es necesario usar varias conexiones tipo serial, para la entrega y recepción de datos se debe proporcionar la comunicación sincrónica entre todas las salidas del Arduino. Primeramente, se recibe una señal proveniente de la tarjeta pasiva, que indicará el inicio del proceso de identificación y las tareas programadas posterior a la verificación de identidad de los usuarios.

El sistema como tal está conformado por varias salidas como; la alarma audible en la que se reproducirá el mensaje de asistencia para los usuarios, la comunicación con el servidor e interacción con la antena RFID con el que se enviará la consulta para la

verificación de los usuarios y un módulo de comunicación inalámbrica para realizar el envío de notificaciones al familiar que el usuario ha solicitado que reciba estas alertas.

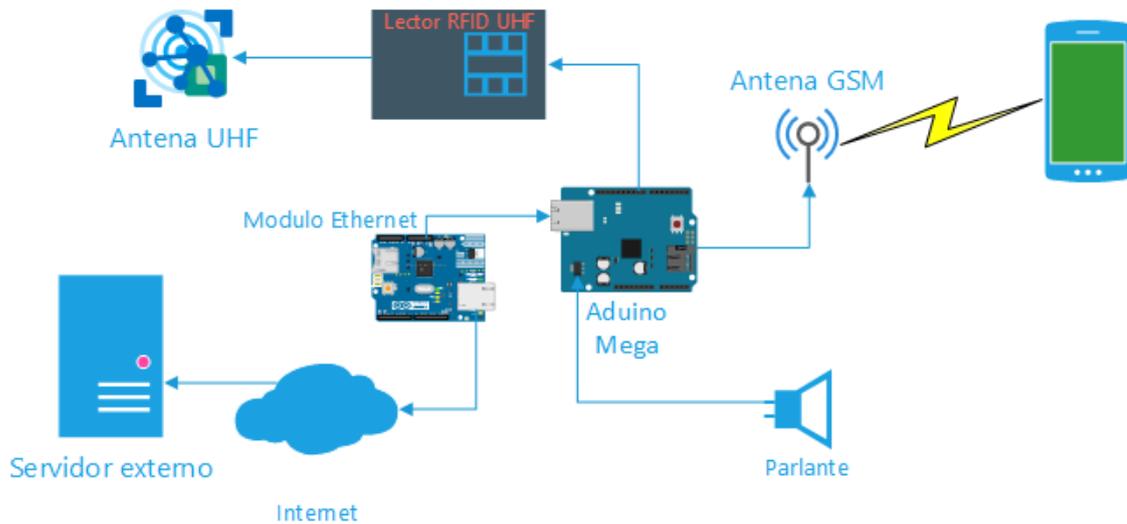


Figura 2.5 Diagrama de topología del sistema RFID propuesto. Se indican los módulos y salidas del sistema

2.4 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL CÓDIGO

Para facilitar el entendimiento del diagrama de flujo se ha seccionado en cuatro partes, las cuales se ejecutan de manera simultánea. A continuación, se describe cada parte a detalle.

2.4.1 Parte uno: Módulo de comunicación serial

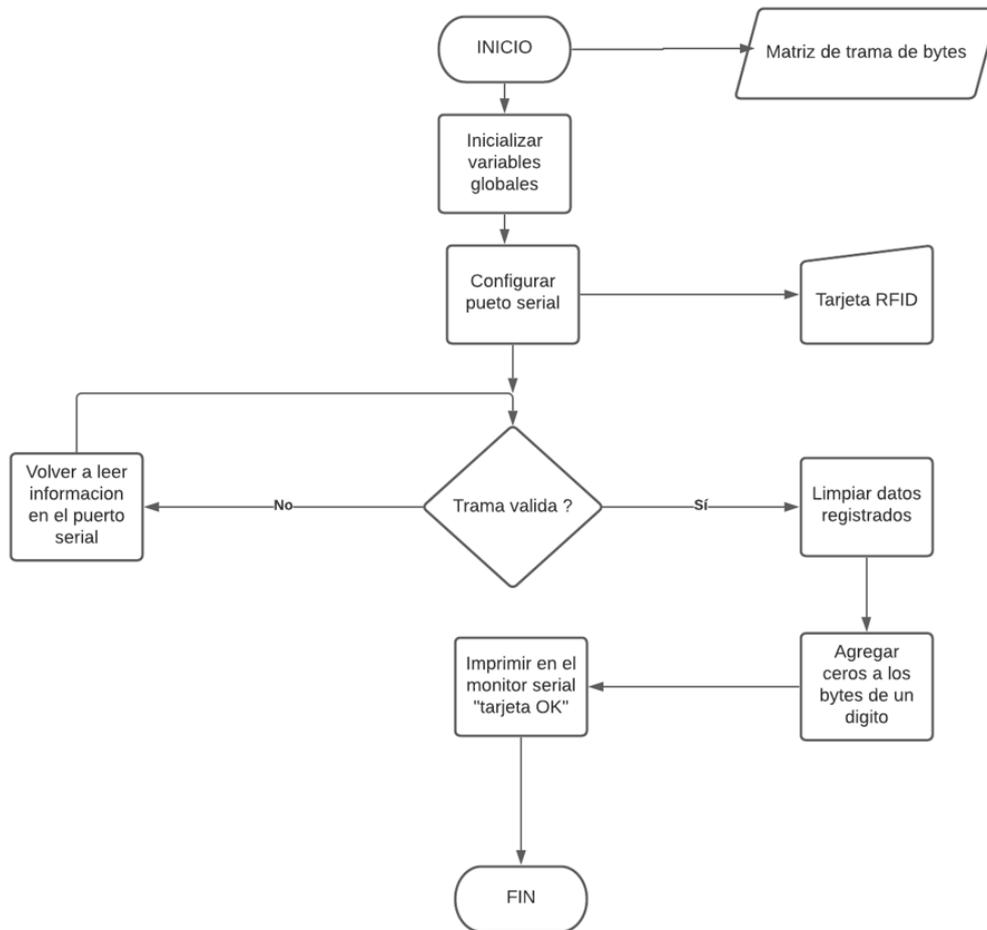


Figura 2.6 Diagrama de Flujo de la lectura de una etiqueta

Cada lectura del lector genera una trama de 21 bytes de información incluido el ID de la tarjeta. Por lo tanto, es necesario fijar la cantidad de tarjetas simultaneas que se lograran leer. Para el caso particular del proyecto se ha determinado que se detectara hasta un máximo de 5 lecturas. Si la trama cumple con la condición de ser una tarjeta valida se realizará el proceso de agregación en una matriz y seguidamente imprimir el ID de la tarjeta como se observa en el diagrama de flujo de la Figura 2.6.

2.4.2 Parte dos: Modulo Ethernet

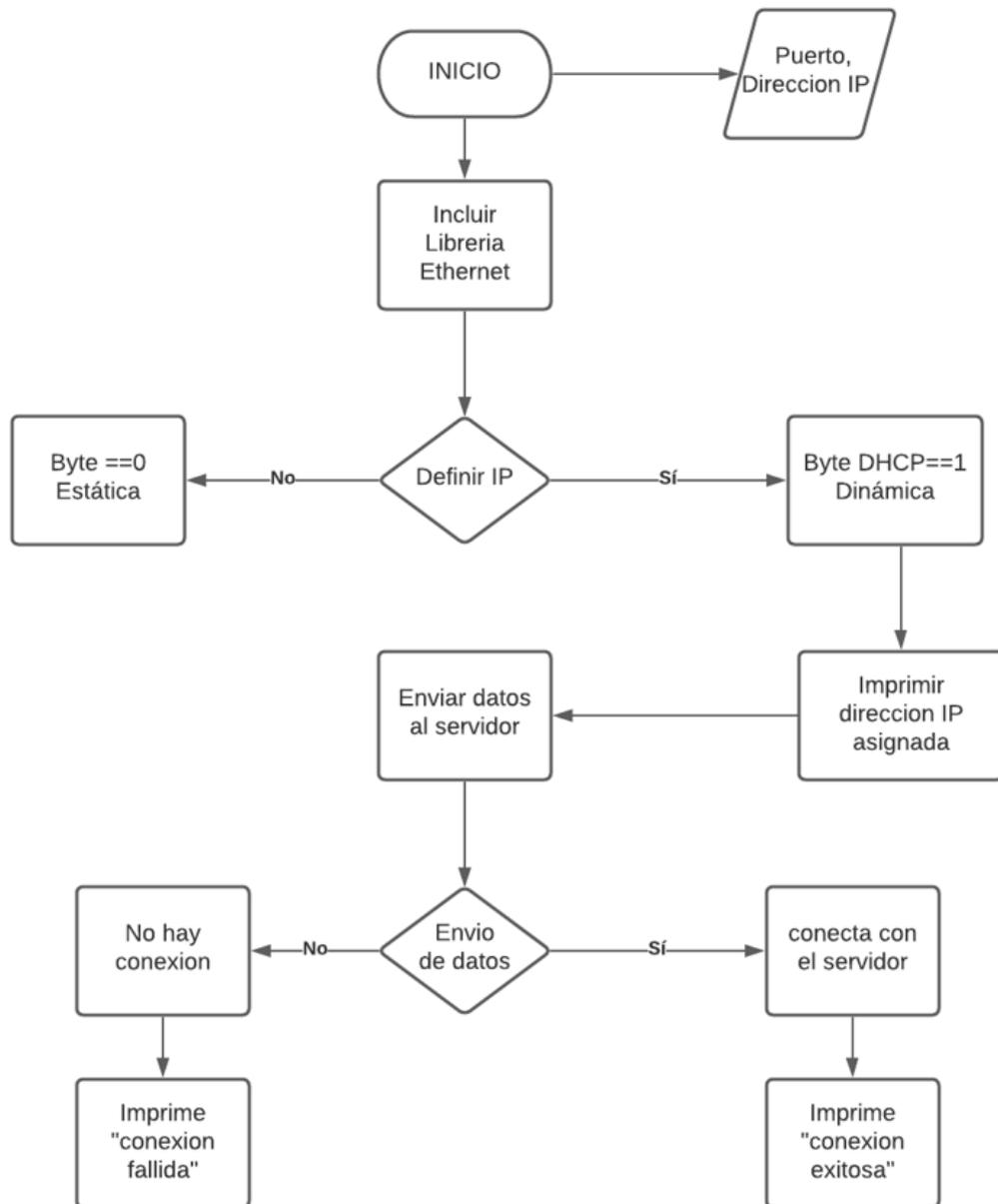


Figura 2.7 Diagrama de flujo de la comunicación TCP/IP

La comunicación TCP/IP se realizó con un “Módulo Ethernet Shield W5100”. Se conecta a un puerto ethernet en el Router y se le asigna una dirección IP dinámica, la cual es útil para establecer comunicación con un servidor. Una vez definido los datos; como puerto y dirección del servidor si se detecta una tarjeta en el Lector RFID, será la

condición para que se envíe el ID de la etiqueta como texto plano. Se adjunta el algoritmo de manera detallada en la Figura 2.7.

2.4.3 Parte tres: Módulo de audio MP3

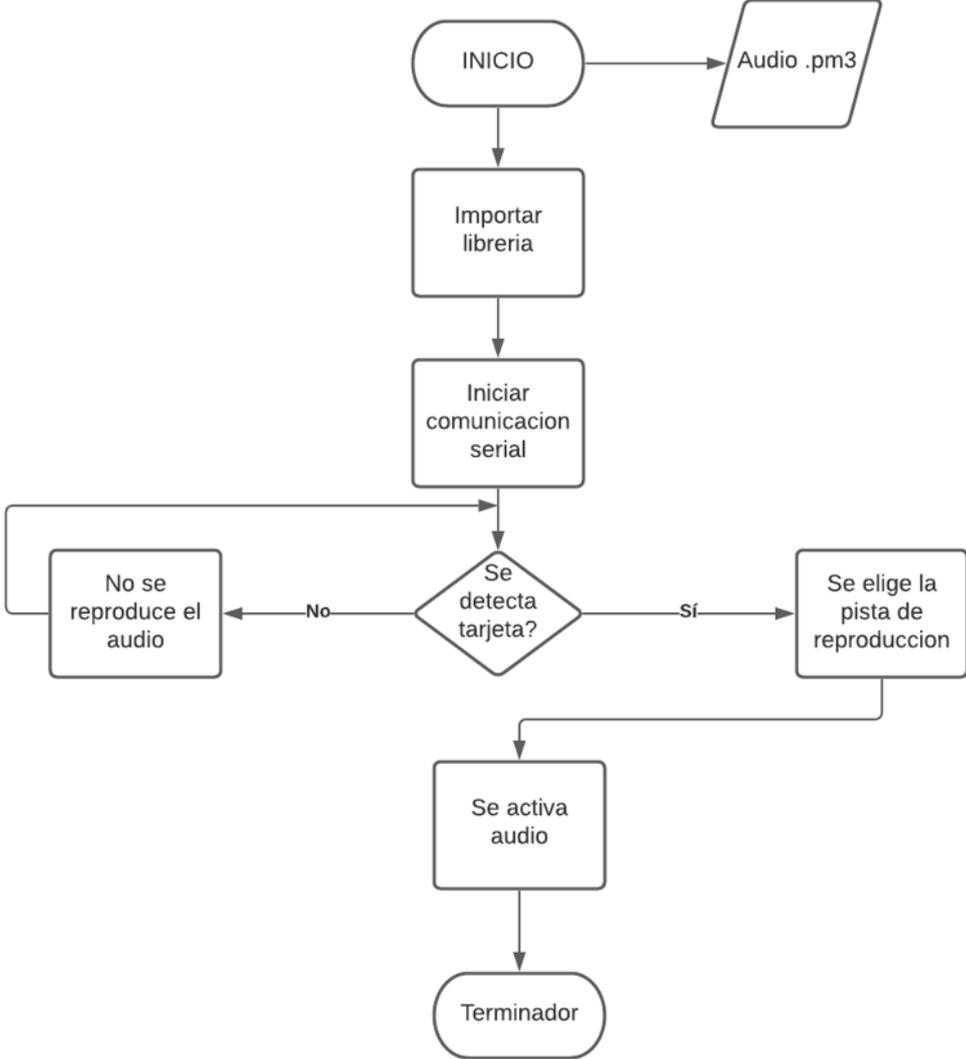


Figura 2.8 Diagrama de flujo de modulo MP3

Es necesario insertar la librería "DFRobotDFPlayerMini.h", después se configura al puerto serial del Arduino Mega (Serial3). Reproduce la pista asignada una vez que se

ha detectado una tarjeta. Se reproduce el audio .mp3 y finalmente se cumple este ciclo para cada etiqueta tal como lo se lo indica en la Figura 2.8.

2.4.4 Parte cuatro: Módulo GSM

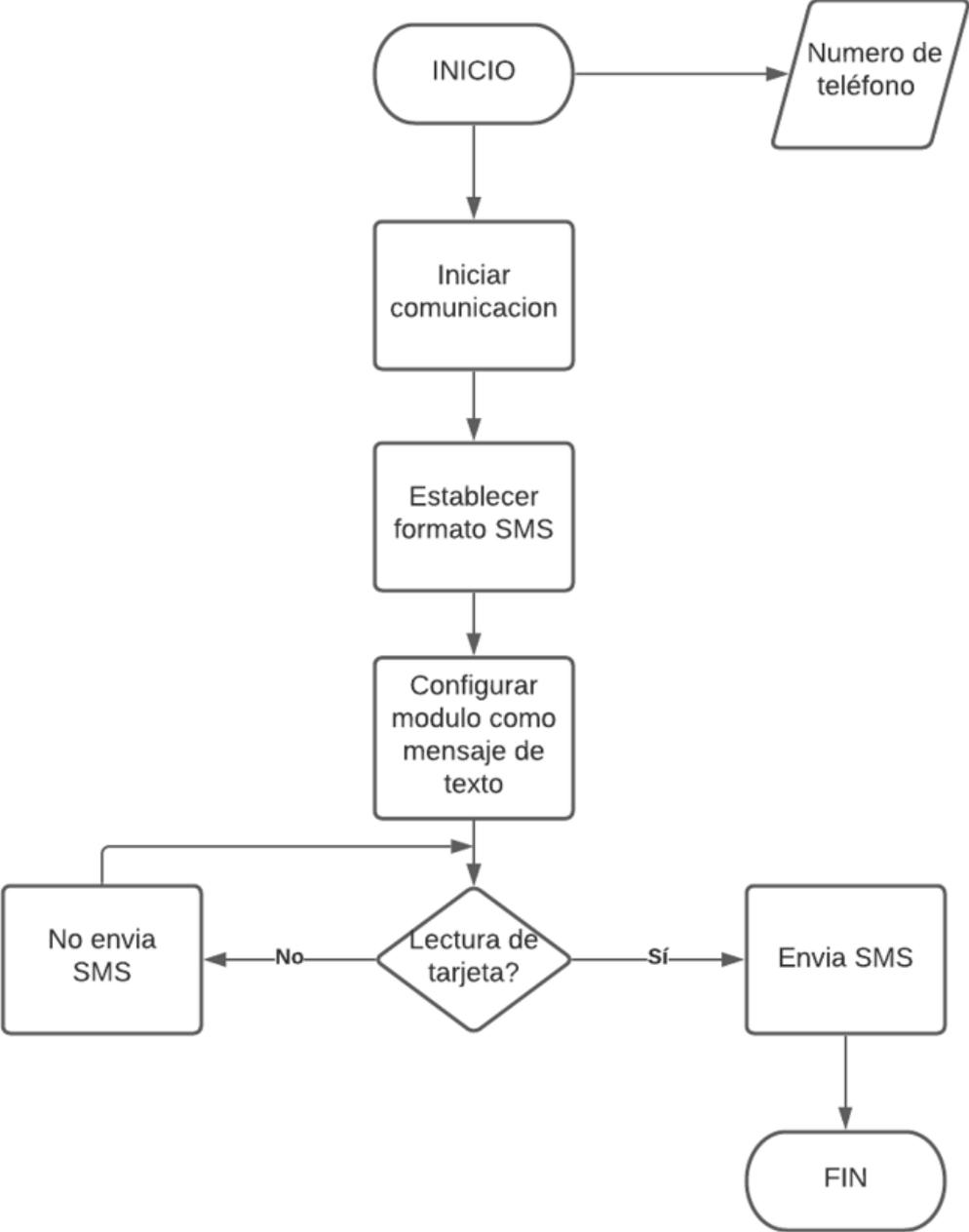


Figura 2.9 Diagrama de flujo del Módulo SIM800L

Se usa el “Módulo SIM800L”, el cual es trabaja con un Chip GSM. Como muestra la Figura 2.9, se ha colocado para que trabaje con mensajes del tipo de mensajes cortos (SMS). Finalmente, cada vez que se detecte la condición de lectura de una tarjeta, se enviara automáticeme un texto a un destinatario fijado en el inicio del código.

CAPITULO 3

3 ANÁLISIS Y RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos a partir de la realización de pruebas y la lectura satisfactoria de las etiquetas RFID, la presentación de la trama de identificación de cada etiqueta en el monitor de puerto serial del entorno de desarrollo de Arduino, el envío de esta trama hacia un servidor local con su correspondiente respuesta de denegación de acceso o permiso y el uso de los módulos mencionados en los capítulos anteriores, para finalmente probar el prototipo en un ambiente apropiado.

3.1 PRUEBA DEL RANGO DE ACCIÓN DEL SISTEMA RFID

Se realizó la prueba en función de distancia entre la persona que porta la etiqueta RFID y la antena, se consideró una lectura correcta siempre que en el monitor se presente la trama completa de 21 bytes que contiene la tarjeta como identificador. Adicional se prueba la efectividad de lectura en un escenario con obstáculos que provoquen mínima interferencia y con bloqueo de la línea de vista.

3.2 SOFTWARE DEL FABRICANTE “UHF RFID READER DEMO V3.62”

El software proporcionado por el fabricante es una herramienta con el cual se pueden realizar pruebas básicas de lectura y reconocimiento de las etiquetas. Se requiere únicamente la conexión del Lector UHF al computador por medio del puerto serial y ejecutar el programa. Caso contrario se tendría que recurrir a los métodos clásicos de conexión vía puerto serial y la realización del proceso extensivo de obtención mediante un emulador de terminal.

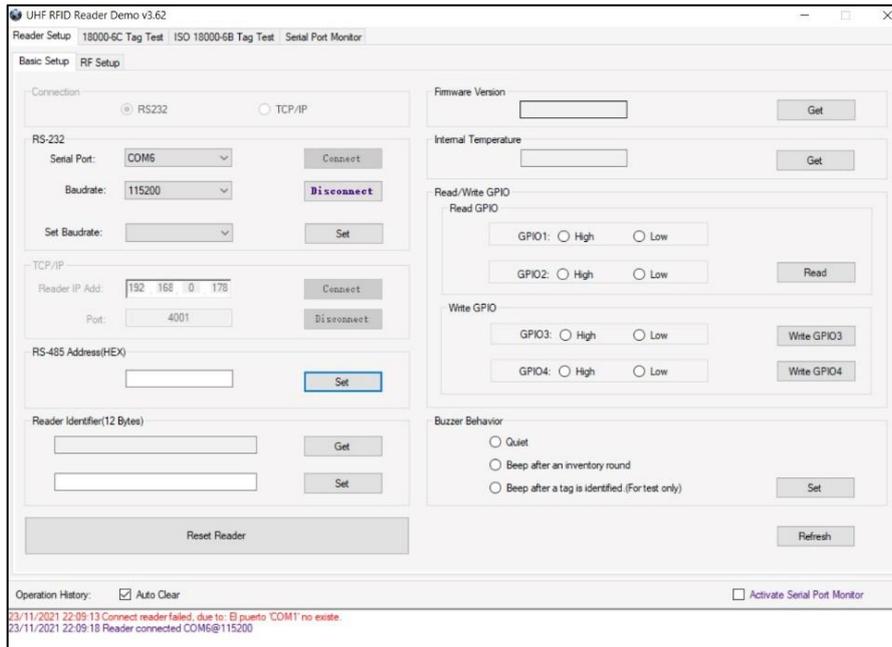


Figura 3.1 Software UHF RFID Reader Demo v3.62

En la Figura 3.1 se presentan la pantalla principal del software del fabricante *UHF RFID Reader Demo v3.62* en el que se observan las configuraciones principales para la lectura de etiquetas RFID de varias clases. En esta primera pantalla se realizaron las configuraciones básicas de los parámetros como; el puerto serial, la velocidad de transmisión de datos y rango de operación de la antena. Por otro lado, está la Figura 3.2 que muestra la captura de datos que realiza el lector en conjunto con su antena posterior a la configuración inicial realizada en las acciones anteriores.

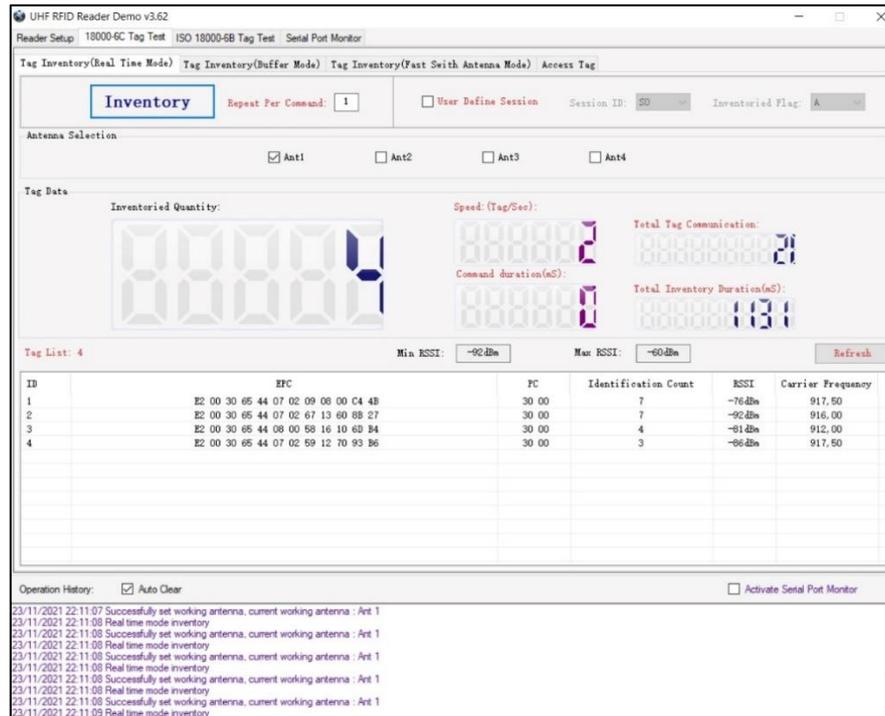


Figura 3.2 Parámetros del software del fabricante e inventario de lectura de etiquetas

Se disponen de 4 etiquetas pasivas que fueron entregadas por el cliente del proyecto. Para esta prueba se hace uso de la información ubicada en la sección EPC (Código de producto Electrónico). Este dato es la identificación en formato hexadecimal y que se usó para validar los datos de cada usuario dentro del algoritmo programado en la tarjeta de desarrollo Arduino ATmega 2650.

```
UHF RFID Reader Demo v3.62
Reader Setup 18000-6C Tag Test ISO 18000-6B Tag Test Serial Port Monitor
23/11/2021 22:21:23 A0 04 01 74 00 E7
23/11/2021 22:21:23 A0 04 01 74 10 D7
23/11/2021 22:21:23 A0 04 01 89 01 D1
23/11/2021 22:21:24 A0 0A 01 89 00 00 00 00 00 00 CC
23/11/2021 22:21:24 A0 04 01 74 00 E7
23/11/2021 22:21:24 A0 04 01 74 10 D7
23/11/2021 22:21:24 A0 04 01 89 01 D1
23/11/2021 22:21:24 A0 13 01 89 E0 30 00 E2 00 30 65 44 07 02 59 12 70 93 B6 2A A1
23/11/2021 22:21:24 A0 13 01 89 88 30 00 E2 00 30 65 44 07 02 59 12 70 93 B6 28 FB
23/11/2021 22:21:24 A0 0A 01 89 00 00 05 00 00 00 02 C5
23/11/2021 22:21:24 A0 04 01 74 00 E7
23/11/2021 22:21:24 A0 04 01 74 10 D7
23/11/2021 22:21:24 A0 04 01 89 01 D1
23/11/2021 22:21:25 A0 0A 01 89 00 00 00 00 00 00 CC
23/11/2021 22:21:25 A0 04 01 74 00 E7
23/11/2021 22:21:25 A0 04 01 74 10 D7
```

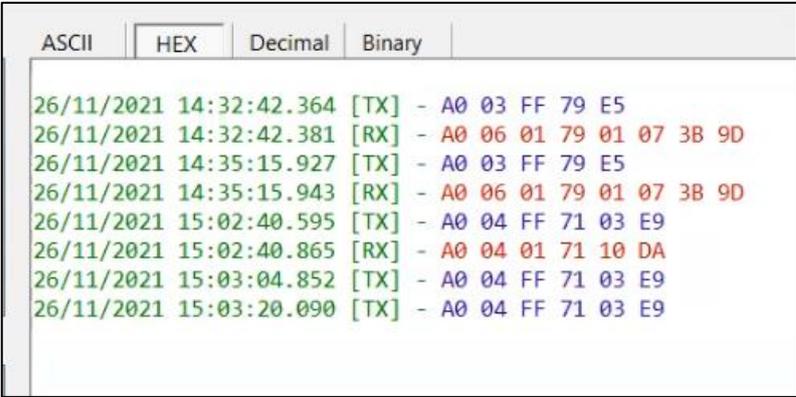
Figura 3.3 Activación del puerto del monitor serial

Un método más efectivo en el desarrollo de las tramas seriales es la visualización de los paquetes enviados y recibidos por el dispositivo. De esta sección se puede deducir o interpretar los comandos enviados y las respuestas que transmite el equipo a las peticiones enviadas. Se reviso también los comandos respectivos por medio de una comparación básica de cada bloque en conjunto con el manual de comandos que habilitan la lectura de una etiqueta, la transmisión y ciertos comandos útiles para la configuración del equipo RFID-UHF Impinj r2000, caso contrario sería difícil saber los datos que han sido enviados mediante comunicación serial.

Seguidamente para la comunicación con la tarjeta Arduino Mega se utilizaron estas tramas de bytes con el fin de incorporar al código de desarrollo y además permitió que se visualice en el monitor serial la información hexadecimal. Esta tarea es indispensable realizar, pues se requiere que se envíen los comandos necesarios que aseguren que el sistema se encuentre en estado de escucha de manera continua, esto significa que en todo momento se encuentre habilitada la lectura de las etiquetas para ser detectadas en el rango de detección.

3.3 PRUEBA DE COMUNICACIÓN SOFTWARE SERIAL (DOCKLIGHT)

Se hizo uso del software Docklight Scripting como segunda opción, el cual permite realizar ingeniería inversa, es decir es capaz de simular el envío de tramas con el dispositivo que necesitamos conectar para de esta manera saber con certeza los datos que viajan a través de la comunicación serial y qué respuesta se obtiene a partir de la solicitud enviada. Se realizaron pruebas variando la velocidad de transmisión de datos para acomodarse a una velocidad acorde al nivel de procesamiento de la tarjeta Arduino Mega y al Lector RFID UHF Impinj r2000. En el caso de seleccionar una tasa de datos errónea en el monitor serial se observó la recepción de tramas basura, con caracteres ininteligibles. Se encontró finalmente que la velocidad óptima de transmisión es de 38400 baudios en el que los datos recibidos se presentan correctamente.



ASCII	HEX	Decimal	Binary
26/11/2021 14:32:42.364 [TX]	- A0 03 FF 79 E5		
26/11/2021 14:32:42.381 [RX]	- A0 06 01 79 01 07 3B 9D		
26/11/2021 14:35:15.927 [TX]	- A0 03 FF 79 E5		
26/11/2021 14:35:15.943 [RX]	- A0 06 01 79 01 07 3B 9D		
26/11/2021 15:02:40.595 [TX]	- A0 04 FF 71 03 E9		
26/11/2021 15:02:40.865 [RX]	- A0 04 01 71 10 DA		
26/11/2021 15:03:04.852 [TX]	- A0 04 FF 71 03 E9		
26/11/2021 15:03:20.090 [TX]	- A0 04 FF 71 03 E9		

Figura 3.4 Envío y recepción de datos en el software Docklight

En las pruebas de envío de tramas, se enviaron tramas que al ser interpretadas por la tarjeta de lectura RFID los traduce e interpreta como comandos para ejecutar las tareas solicitadas. Con la realización de estas pruebas se confirmó que las tramas hexadecimales enviadas corresponden a los comandos deseados, en el caso de obtener respuestas no solicitadas se recurrió a modificar y recalcular la trama que se envía por medio del software.

3.4 CONEXIÓN ENTRE PLACA Y MÓDULOS DEL PROTOTIPO

A continuación, se muestra la tabla 3.1, la cual enlista brevemente las características eléctricas principales y los puertos que se ocupan al conectar cada módulo a la tarjeta Arduino Mega 2560.

Tabla 3.1 Tabla de pines y características eléctricas de los módulos utilizados en el prototipo

Módulos	Pines	Pines del Microcontrolador ATMEGA2560
Modulo Ethernet	Pin ETH CS	Pin 10
Modulo GSM	GND	GND
	VCC	3.3 V
	Rx	Pin 16 (Tx)
Modulo MP3	Rx	Pin 14
	Tx	Pin 15
	VCC	3.3V
	GND	GND
Modulo Max232	Rx	Pin 1 (Tx0)
	Tx	Pin 0 (Tx1)
	Vcc	3.3V
	GND	GND

3.5 PRUEBA DE ENVÍO DE TRAMA EN LA INTERFAZ DE ARDUINO MEGA 2560

Debido a un problema de limitación de hardware se procedió a armar el convertidor de datos (UART-TTL), para esto se requirió el uso del microprocesador max232 y un conjunto de capacitores implantando un circuito similar al módulo de comunicación RS232/TTL de Arduino. Una vez construido el circuito como se observa en la Figura 3.5 se conecta al Arduino Mega, y seguidamente éste debe estar conectado a un puerto COM libre en la computadora.

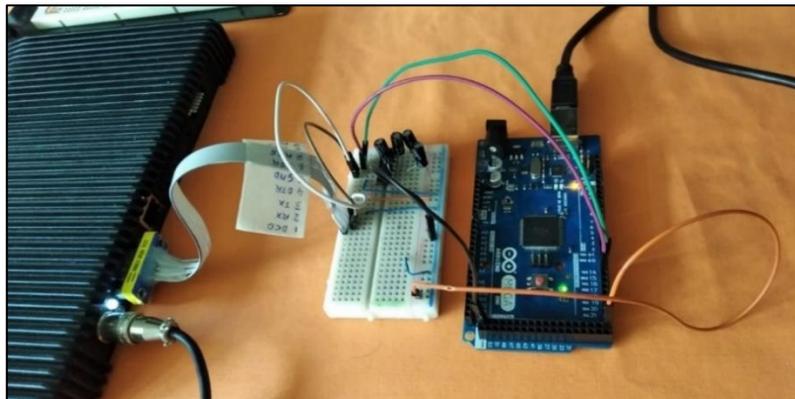


Figura 3.5 Implementación de convertidor RS232 a TTL en protoboard

En la Figura 3.6, se puede observar la representación de los bytes recibidos del Lector RFID. Se presiona el botón reset del Arduino Mega, y se hace el envío de una solicitud con matriz de información en formato hexadecimal. Con esta prueba se puede verificar que es posible configurar los parámetros del lector mediante la codificación en el entorno de Arduino.

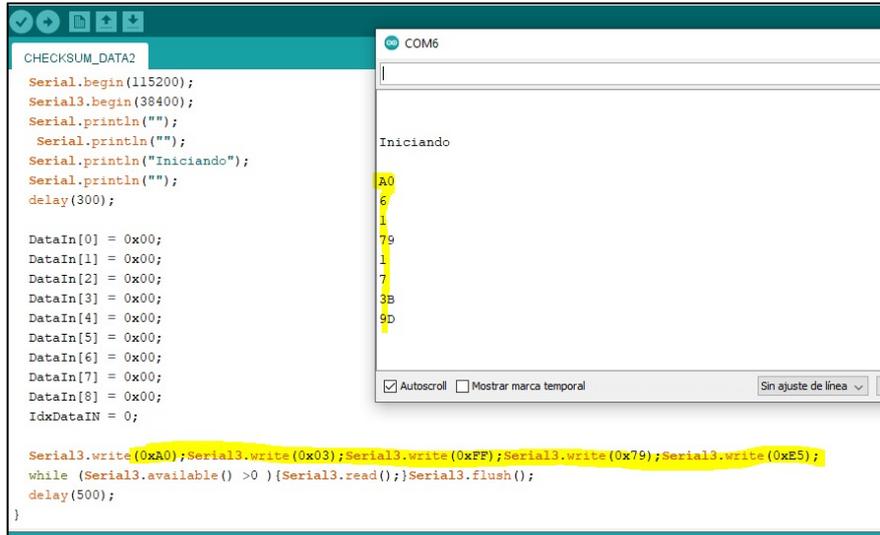


Figura 3.6 Respuesta del Lector RFID en formato Hexadecimal

3.5.1 Presentación de los resultados en monitor serial

Después de realizar con éxito el envío de una trama mediante comunicación serial mediante un algoritmo que se ejecuta simultáneamente se logra mostrar los resultados en una pantalla del monitor serial.

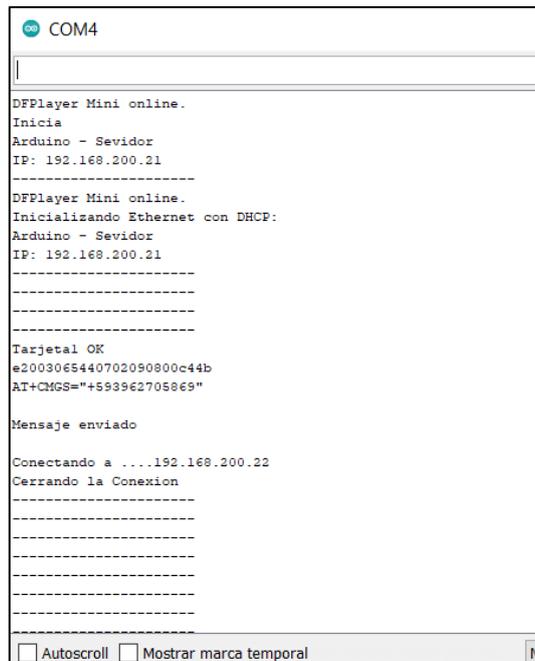
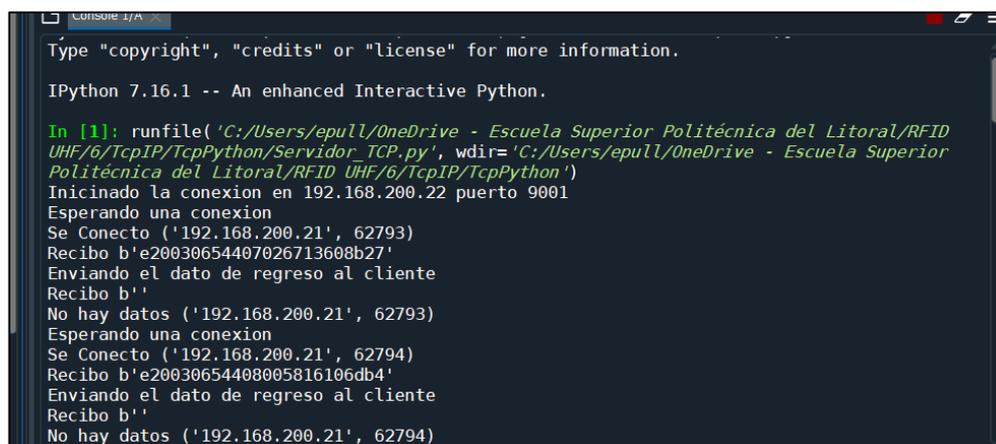


Figura 3.7 Resultado de leer una etiqueta y la activación de los módulos conectados al Arduino MEGA 2560

La Figura 3.7 es la representación del funcionamiento del prototipo, se muestra los detalles más importantes para comprobar que el algoritmo programe al Lector UHF RFID está en escucha continua para la lectura de una etiqueta. El código implementado es capaz de leer hasta cinco tarjetas a la vez, pero para esta prueba se observa cuando lee únicamente una etiqueta.

3.6 SERVIDOR LOCAL DE PRUEBA

El servidor ha sido creado como se muestra en la Figura 3.8 en un ambiente de Anaconda (Spyder (Python 3.8)), se visualiza en esta plataforma la información correspondiente al ID de la etiqueta.



```
Console 4/A
Type "copyright", "credits" or "license" for more information.

IPython 7.16.1 -- An enhanced Interactive Python.

In [1]: runfile('C:/Users/epull/OneDrive - Escuela Superior Politécnica del Litoral/RFID
UHF/6/TcpIP/TcpPython/Servidor_TCP.py', wdir='C:/Users/epull/OneDrive - Escuela Superior
Politécnica del Litoral/RFID UHF/6/TcpIP/TcpPython')
Iniciando la conexión en 192.168.200.22 puerto 9001
Esperando una conexión
Se Conecto ('192.168.200.21', 62793)
Recibo b'e20030654407026713608b27'
Enviando el dato de regreso al cliente
Recibo b''
No hay datos ('192.168.200.21', 62793)
Esperando una conexión
Se Conecto ('192.168.200.21', 62794)
Recibo b'e20030654408005816106db4'
Enviando el dato de regreso al cliente
Recibo b''
No hay datos ('192.168.200.21', 62794)
```

Figura 3.8 Servidor Local creado en Spyder (Python 3.8)

Cuando se haya agregado un servidor externo como alcance a futuro se pretende mediante el ID de la tarjeta validar la información de la tarjeta que constara en una base de datos. La información importante para una buena localización sería en este caso: número teléfono y dirección de las coordenadas del punto donde ha sido detectado el usuario.

3.7 MÓDULO DE TARJETA DE MEMORIA SD

El hardware requerido para el módulo que reproduce la pista MP3 es un parlante de 8W en el que se conectó a las salidas analógicas de la tarjeta. Se usó adicional un amplificador sencillo para el correcto funcionamiento del altavoz.

En el software o algoritmo presente en la memoria del microprocesador, se han definido los pines de salida, los tiempos y la pista a reproducirse para cada escenario. La pista de audio se guardará en una tarjeta SD y la lectura de la memoria de almacenamiento se realizó por medio del módulo de Tarjeta SD para Arduino.

3.8 MÓDULO GSM

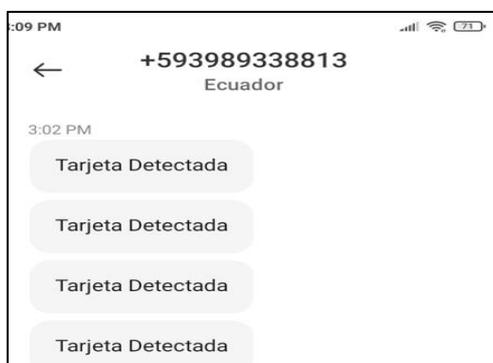


Figura 3.9 Mensaje de texto con alerta de lectura de una etiqueta

Se observa en la Figura 3.9 el mensaje de texto recibido en el receptor. Se visualiza varias líneas de texto con la frase “Tarjeta Detectada”, debido a que se ha detectado varias veces la tarjeta en el lector. El mensaje mostrado puede ser personalizado para cada tarjeta, es decir, para cada usuario. Independientemente de la operadora se recibirá un mensaje de texto y en un tiempo de 1 a 3 segundos, este parámetro es afectado por el tipo de red a la cual esté conectado.

3.9 CONDICIÓN PARA AGREGAR ETIQUETAS DE DIFERENTES USUARIOS

El algoritmo de lectura de etiquetas RFID funciona correctamente según los resultados de los módulos y servidor de prueba. A continuación, se muestra en la Figura 3.10, el ingreso de cuatro tarjetas, pero se podría agregar una mayor cantidad de identificaciones al añadir más condiciones al código, de acuerdo con la capacidad procesamiento de información de la tarjeta del microcontrolador (Atmega2560 admite 253952 bytes).

```
if((RespCk == DataRx_1[20]) && (RespCk != 0) && (DataRx_1[20] != 0))
{
  // -- A0 13 01 89 98 30 00 xxE2 00 30 65 44 07 02 09 08 00 C4 4Bxx 47 D0
  StrTar_1 = "";
  for (byte i = 7; i < 19; i++)
  {
    StrTarAux = String(DataRx_1[i],HEX); LargoString = StrTarAux.length(); if(LargoString == 1){StrTar_1 = StrTar_1 + "0";}
    StrTar_1 = StrTar_1 + String(DataRx_1[i],HEX);
  }
  Serial.println("Tarjeta OK");
  Serial.println(StrTar_1);

  if(StrTar_1 == "e20030654408005916106db4")
  {
    EnviarServidor(StrTar_1, "Mensaje uno",1);
  }

  if(StrTar_1 == "e2003065440702090800c44b")
  {
    EnviarServidor(StrTar_1, "Mensaje dos",2);
  }

  if(StrTar_1 == "e20030654408005916106db4")
  {
    EnviarServidor(StrTar_1, "Mensaje uno",3);
  }

  if(StrTar_1 == "e200306544070259127093b6")
  {
    EnviarServidor(StrTar_1, "Mensaje dos",4);
  }
}
```

Figura 3.10 Definición de condición para cada tarjeta registrada

3.10 DESARROLLO DEL PROTOTIPO

En la Figura 3.11 está el diseño físico donde reposara la placa del circuito, dicha carcasa se realizó con tecnología de impresión 3D, para lograr que los agujeros de las entradas y salidas coincidan perfectamente con las del circuito y además darle un acabado más personalizado. El material con el que se construyó es el filamento PET

debido a que debe ser resistente a factores climáticos que se pueden presentar en ambientes exteriores, tales como: lluvia y polvo.

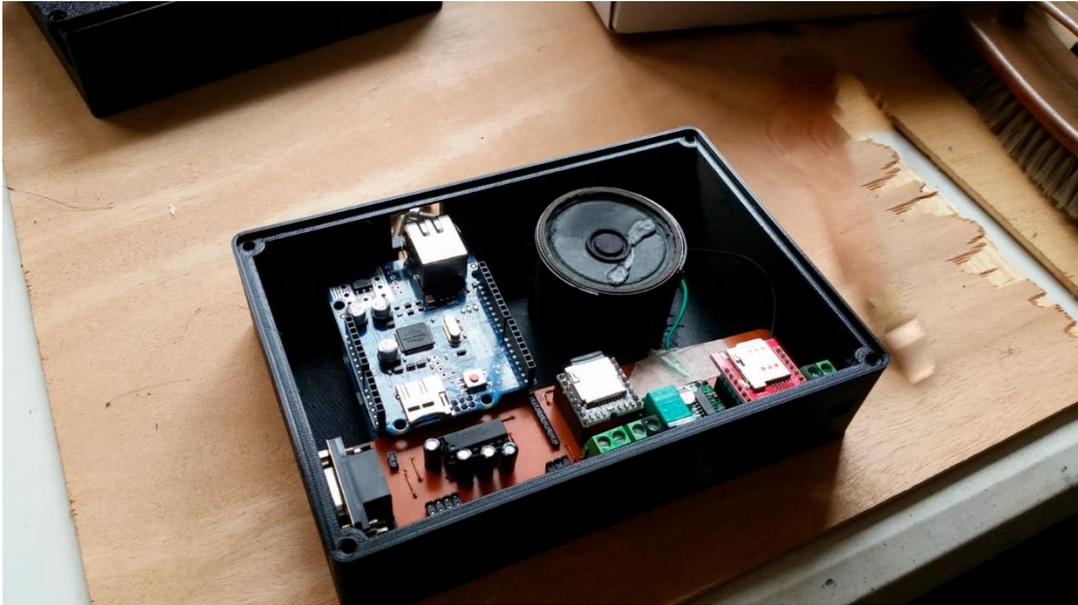


Figura 3.11 Prototipo de prueba con todos los componentes físicos

Se coloca un empaque que rodee la totalidad del perímetro en el que la tapa de la carcasa se asienta para aislar del exterior el interior del dispositivo. En los puertos de conexión de la misma forma se puede utilizar un sellante adhesivo con propiedades no conductoras para tener el mismo efecto de aislante adicional a brindarle un soporte mecánico a los puntos de conexión.

La placa usada en el prototipo se adjunta en el anexo F para una mejor comprensión.

3.11 PRUEBAS DE CAMPO FINALES

Para la prueba de campo se dispuso de todos los elementos montados en un solo escenario. Para el lugar de las pruebas se seleccionó la ruta peatonal de un parque (ver

Figura 3.12), debido a que al ser un prototipo no es posible colocar en una intersección con movilidad vehicular sin permiso de la autoridad competente. Una vez que el cliente finalice de construir la placa final que cuenta con las características necesarias para operar en un ambiente más real.



Figura 3.12 Armado y prueba de lectura de una etiqueta en un sector público

En el momento de realizar las pruebas se ubicó la antena en un poste de alumbrado público y apuntando hacia el piso, con la finalidad de que cuando la persona que transite portando la etiqueta el rango de cobertura de la antena quede limitado para cuando la persona este a 2 o 3 metros aproximadamente. Al cruzar esta zona de lectura de etiquetas, iniciará el proceso de identificación de la persona portadora por parte del Lector RFID en conjunto con la antena, sin necesidad del contacto físico, se activará el proceso en el cual se anuncie la ubicación en la cual se encuentra localizada la persona. Esta persona estará registrada en una base de datos en el servidor por lo cual la respuesta que se recibe por parte del sistema de movilización es personalizada, es decir se cargara un audio y mensaje diferente dependiendo del punto de ubicación.

En las múltiples pruebas realizadas el sistema tiene un retraso de respuesta de dos segundos aproximadamente, en el que todas las tareas se han ejecutado en su totalidad, permitiendo la lectura inmediata de un nuevo peatón o usuario que se encuentre dentro de la zona de lectura. La ubicación de la etiqueta de identificación óptima en la que el peatón ingresa a la zona de lectura y la etiqueta se activa con una lectura correcta del dato contenida en esta se sugiere portarla con un acollador a la altura del pecho.

En el anexo A se detallan una guía de usuario al momento de colocar cada componente del prototipo en su ubicación y como corregir varios problemas comunes.

CAPITULO 4

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

En el presente proyecto integrador se propone diseñar e implementar un prototipo que utilice la tecnología RFID con el fin de brindar asistencias audibles para personas con discapacidad, a lo largo del desarrollo del prototipo se define el rango de usuarios que se beneficiarían del desarrollo del proyecto, finalmente se presenta un prototipo de alta resolución en el que se han programado distintas tareas con la utilización de diferentes protocolos de comunicación enunciados y descritos en el desarrollo del documento.

En las pruebas realizadas se logró transmitir satisfactoriamente una trama de datos en formato hexadecimal, descifrando el contenido de cada byte de información que transmite y recibe el Lector RFID Impinj r2000, a través de un proceso de ingeniería inversa para su posterior aplicación en el campo de la movilización. Como se mencionó se realizó la programación de distintas alarmas auditivas exclusivas para cada usuario, se puede programar mensajes personalizados con información adicional si se requiere. La ejecución de estas alarmas ocurre inmediatamente al detectar la etiqueta RF.

Respecto al servidor en el que se alojará la base de datos de los usuarios, se limitó a realizar la comunicación con un servidor local de prueba, en el que la comunicación en todo momento fue exitosa, por el que finalmente al configurar la dirección de un servidor remoto no existirán errores de comunicación. La comunicación vía SMS dirigido al guardián o tutor del peatón se realizó con éxito, así como el componente de alarmas audibles se ejecuta de forma exclusiva para cada usuario, el anuncio SMS también es exclusivo para cada una de las personas que portan la etiqueta de identificación.

La implantación del prototipo cumple con brindar asistencia para las personas que se encuentran desafectadas con los sistemas actuales de accesibilidad, se otorga libre

movilidad y comodidad a la población objetivo del proyecto, a la vez que, como valor agregado se generó un pequeño nivel de seguridad y libertad para cada una de ellas.

4.2 RECOMENDACIONES

En el presente proyecto se pueden considerar lo siguiente:

- Agregar anuncios visuales con información adicional respecto al entorno del peatón.
- Para aumentar el número de usuarios autorizados, no se requiere modificar los accesos en el sitio de implantación del dispositivo, estos pueden ser añadidos de forma remota en el servidor externo.
- Se puede añadir un sistema de energización autónomo, en el que no dependa de la disponibilidad del sistema eléctrico convencional.
- Para posteriores diseños del prototipo se podría implementar microcontroladores que faciliten la libertad de colocar el dispositivo con una comunicación inalámbrica, es decir un sistema que cuente con comunicación wifi o bluetooth.

Bibliografía

- [1] N. Velasco, «Microcontroladores,» [En línea]. Disponible: http://www.controlesdigitales.com/Libro_Felipe_Santiago/03_Cap_1_2_3.pdf. [Último acceso: 03 11 2021].
- [2] B. Daniel, Microcontroladores, Funcionamiento, Programación y Aplicaciones Prácticas, 1 ed., Buenos Aires: ISBN 978-987-1773-22-0, 2011.
- [3] D. M. Dopkin, The RF in RFID, Burlingame: Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP, UK, 2008.
- [4] K. Nwizege, «Efficient RFID Modulation Scheme for Better Ubiquitous Network Performance,» *ijssst*, vol. 17, 2016.
- [5] G. Zamora González, Artist, *Radio Frequency Identification (RFID) Tag and reader Antennas Based on Conjugate Matching and Metamaterial Concepts*. [Art]. Universidad Autónoma de Barcelona, 2013.
- [6] Dawn Communication Co., Ltd. , «908-928MHz 12dBi RFID Panel Antenna,» Dawn Communication, 2020. [En línea]. Disponible: <https://www.dawn-antenna.com/902MHz-928MHz-12dBi-rfid-antenna-types-04.html>. [Último acceso: noviembre 2021].

- [7] ARDUINO, «What is Arduino?,» ARDUINO, 2021. [En línea]. Disponible: <https://www.arduino.cc/>. [Último acceso: noviembre 2021].
- [8] E. Lopez Aldea, Arduino Guía Practica de fundamentos y Simulación, Madrid: RA-MA, 2016.
- [9] Arduino, «Store Arduino,» [En línea]. Disponible: <https://store-usa.arduino.cc/products/arduino-mega-2560-rev3>. [Último acceso: 2021 11 14].

ANEXOS

Anexo A: Manual de usuario



Primer paso

Asegurarse que la fuente de alimentación este debidamente conectado tanto del lector como de la placa.

Segundo paso

Esperar aproximadamente un minuto hasta que se obtenga la dirección IP y el equipo lector esté listo para recibir la señal de una tarjeta.

Tercer paso

Acercar una etiqueta pasiva a una distancia de cuatro metros para comprobar mediante un “bip” del lector que se está leyendo las tarjetas correctamente.

Parámetros ajustables

Reprogramar diferentes audios.

Se debe retirar la tarjeta SD del módulo MP3 DFPlayer mini para cambiar los archivos de audio, según se requiera modificar en caso de cambiar de ubicación el dispositivo.

Aumentar etiquetas

Si se desea aumentar la cantidad de personas portadoras de las etiquetas, se debe agregar a la base de datos local para su validación al momento de cruzar por la antena.

Guía para solucionar diferentes problemas.

No inicia el dispositivo	Verificar que ese bien conectado a la fuente de alimentación.
El dispositivo enciende, pero no detecta tarjetas	Se debe verificar que se ha colocado la antena en el puerto correcto del lector.
El dispositivo enciende, pero no reproduce el audio	Se debe verificar que el parlante este correctamente soldado a los pines del amplificador.
El dispositivo enciende, pero no recibe una dirección IP	Comprobar que se está conectando correctamente el cable ethernet a un router.
El dispositivo enciende, pero no envía SMS al detectar las etiquetas	Verificar que el chip este bien colocado en el módulo SIM800I o revisar que el chip dispone de saldo disponible.

Anexo B: Grafica del Lector UHF RFID Impinj r2000

Parte Frontal/Delantera



Parte Posterior/Trasera



ANEXO C: Características del Lector UHF RFID Impinj r2000

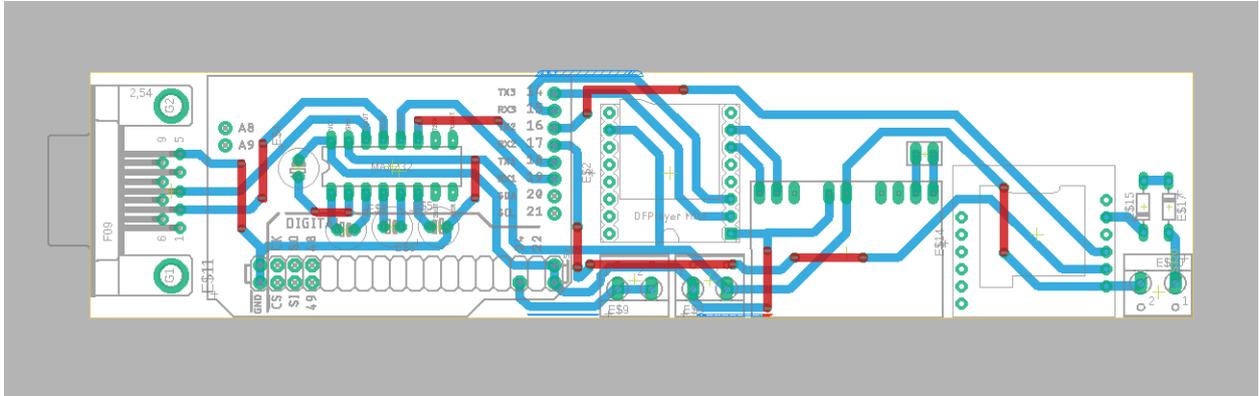
Modelo	IND8600
Tamaño	264*185*28mm
Frecuencia de Operación	860Mhz -960Mhz o 865-868mhz 902-928mhz
Chip	Indy Impinj r2000
Rango de Lectura	1-35m (depende de la etiqueta y antena)
Lectura de etiqueta	Multi-etiqueta, 1-500 etiquetas/segundo (depende de antena/etiqueta y aplicación)
Interfaz (conector)	Ethernet TCP/IP (RJ45) RS-232 (puerto serial)
Protocolo	EPC global UHF clase 1 Gen 2 ISO 18000-6C y ISO 18000 -6B
Conectores de Antena	4 puertos, TNC
Potencia de salida	30dBm
Material de la carcasa	Aluminio moldeado
Temperatura de operación	-20 ° C - +55 ° C
Temperatura de almacenamiento	-20 ° C - +85 ° C
GPIO	2 entradas, 2 salidas, aislador óptico
Fuente de alimentación	+12 DC @ 2A
Energía consumida	< 6W @ 30dBm salida RF
Disipador de calor	Aire acondicionado

ANEXO D: Características eléctricas del Arduino ATmega 2560

Microcontrolador	ATmega2560
Voltaje operativo	5V
Voltaje de entrada	7-12V (recomendada)
Voltaje de entrada (min/max.)	6-20 V
Pines digitales de entrada y salida	54 (15 proveen PWM)
Pines de entrada analógica	16
Corriente DC en pines	40mA
Corriente DC en pin 3.3 V	50mA
Memoria Flash	256KB
SRAM	8KB
Velocidad de Reloj	16 MHz
EEPROM	4kB

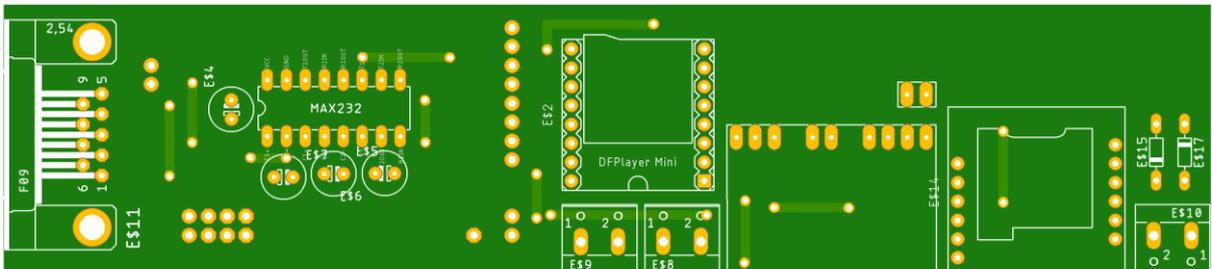
Anexo E: Prototipo en circuito impreso

Diseño del circuito impreso en Autodesk Eagle.



Se muestra en render en 2D del producto final.

Vista superior:



Vista inferior:

