

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

Facultad de Arquitectura e Ingenierías

Carrera: Ingeniería Mecánica en Diseño y Materiales

Diseño de una interfaz de sistemas de radiofrecuencia a bluetooth

Luis Alberto Torres

Nota del autor

Luis Alberto Torres Vivas, Facultad de Arquitectura e Ingenierías, Universidad Internacional SEK; Director Ing. Gustavo Moreno.

Cualquier correspondencia concerniente a este trabajo puede dirigirse a:

ltorres.mec@uisek.edu.ec

luist291996@gmail.com

Declaración Juramentada

Yo, Luis Alberto Torres Vivas, con cedula de identidad 1723380349, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y que se ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento. Trabajo perteneciente al programa de Desarrollo Tecnológico línea de Innovación en el Diseño de Procesos en el Ecuador.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Internacional SEK, según lo establecido por la ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Resumen

RFID es un sistema de identificación por radiofrecuencia, una de las tecnologías más extendidas para la identificación de objetos. Actualmente una de sus aplicaciones es la verificación de identidad por medio de tarjetas y lectores, este trabajo presenta la integración de la tecnología blueooth de los teléfonos inteligentes “SmarthPhones” con la RFID de los controles de acceso mediante un dispositivo que sirve como interfaz para establecer la comunicación entre ambas, lo que permite validar la identidad del usuario en el control de acceso desde su celular sin el uso de tarjetas.

Palabras clave: RFID, Bluetooth, Control de Acceso, SmarthPhones

Abstract

RFID is a radiofrequency identification system, one of the most widespread technologies for object identification. Currently one of its applications is the identity verification through RFID cards and readers, this document presents the integration of "SmartPhones" Bluetooth technology with the access controls's RFID through a device that serves as an interface to establish communication between these two, which allows validating the identity of the user in the access control from his cell phone without the use of RFID cards.

Key Words: RFID, Bluetooth, Acces Control, SmarthPhones.

Contenido

| | |
|--------------------------------------|----|
| Declaración Juramentada | 2 |
| Resumen | 3 |
| Abstract | 4 |
| Introducción | 8 |
| Antecedentes | 8 |
| Control de Acceso..... | 8 |
| Estado del Arte..... | 9 |
| Sistema RFID..... | 9 |
| Etiquetas RFID..... | 9 |
| Lectores RFID..... | 10 |
| Tecnología Bluetooth..... | 11 |
| Justificación | 13 |
| Propuesta..... | 13 |
| Objetivo General | 14 |
| Objetivos Específicos..... | 14 |
| Método | 15 |
| Diseño Electrónico..... | 15 |
| Módulo RFID/NFC PN-532. | 16 |
| Arduino Uno. | 17 |
| Módulo Bluetooth HC-05. | 17 |

| | |
|---------------------------------|----|
| Conexión Eléctrica..... | 19 |
| Diseño de Software | 22 |
| Diagrama de Flujo..... | 22 |
| Diseño Mecánico | 24 |
| Planos..... | 25 |
| Modelo..... | 28 |
| Pruebas de Funcionamiento | 29 |
| Experimento #1..... | 29 |
| Experimento #2..... | 29 |
| Experimento #3..... | 30 |
| Experimento #4..... | 31 |
| Experimento #5..... | 32 |
| Resultados | 33 |
| Diseño Electrónico..... | 33 |
| Placa..... | 33 |
| Diseño Mecánico | 35 |
| Contenedor..... | 35 |
| Cubierta..... | 35 |
| Prototipo..... | 36 |
| Pruebas de Funcionamiento | 38 |
| Discusión De Resultados | 40 |

| | |
|-----------------------|----|
| Conclusiones | 40 |
| Recomendaciones | 40 |
| Referencias..... | 42 |
| Tabla de Figuras..... | 43 |

Introducción

Antecedentes

Control de Acceso.

El control de acceso es un proceso que se desarrolla de manera autónoma en donde la identidad del usuario se comprueba y de esta manera se autoriza o restringe el paso. Este mecanismo ha estado presente muchos años en simples propiedades privadas como residencias y apartamentos hasta otras más estrictas como edificios gubernamentales, con el avance de la tecnología estos controles han evolucionado y cada vez son más complejos y seguros, en la actualidad el control de acceso a empresas, edificios o urbanizaciones demanda alta seguridad y confiabilidad hacia las personas que ingresan y a sus propietarios, ya que es un tema de importancia para las empresas, empleados o propietarios de viviendas el seguir aumentando la seguridad en conjunto con una facilidad de uso y comodidad.

A lo largo del tiempo se ha presenciado distintos tipos de controles, este trabajo se centra en el control de acceso con tecnología de identificación por radiofrecuencia o RFID, es comúnmente usado hoy en día bastante comercial y de gran accesibilidad gracias su bajo costo, fácil instalación y uso para las personas. Sin embargo, este sistema de lector y tag o etiqueta puede seguir trabajándose ampliamente en diferentes ámbitos para mejorar su eficiencia o su comodidad al uso.

Estado del Arte

Sistema RFID.

En estos sistemas se debe primero comprender sus componentes y cada actividad que realizan. La comunicación se realiza entre tags y Reader, se entiende de “tags” como las tarjetas RFID y “readers” como los lectores de tarjetas, estos son los componentes comunes que se conocen aunque además de estos se tienen: antena de tag, sistema de software e infraestructura de comunicación (Angamarca, 2009).

La figura 1.1 muestra como estos componentes actúan y como están relacionados en el sistema de control de acceso.

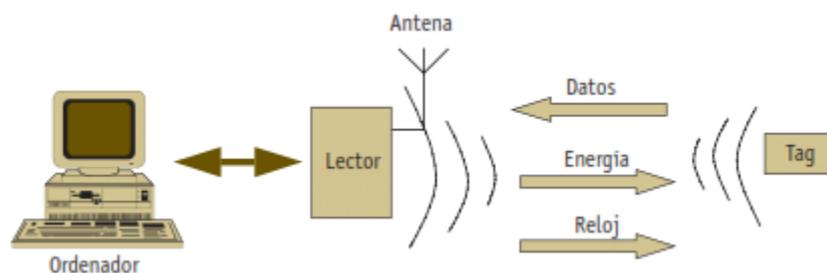


Figura 1 Esquema de funcionamiento de un sistema RFID (Peñaherrera, 2019)

Etiquetas RFID.

Las etiquetas RFID son dispositivos con los que se puede almacenar datos para después transmitirlos al lector RFID por medio de ondas de radio. Estas etiquetas se clasifican en: Activas, Pasivas y Semi-activas (o Semi-pasivas) se hablará mayormente de las pasivas porque son utilizadas en la mayoría de sistemas de control de acceso.

Las etiquetas pasivas se caracterizan por no tener una fuente de poder o batería y por esto su funcionamiento depende de la energía que nos proporciona el lector para poder transmitir los datos que existen dentro de la etiqueta. Estas etiquetas poseen una antena y un microchip.

La figura 1.2 muestra la estructura de una etiqueta pasiva y sus componentes previamente mencionados.

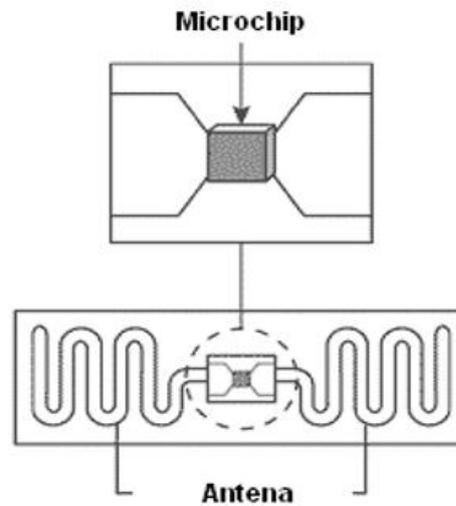


Figura 2 elementos de una antena pasiva (LAHIRI, 2006)

Lectores RFID.

Los lectores RFID son dispositivos que leen y además pueden escribir información dentro de las tarjetas RFID que sean compatibles. Estos lectores emiten ondas de radiofrecuencia que son captadas por la antena de la tarjeta RFID (en el caso de que sea esta pasiva) y la energía activa el microchip de la etiqueta la cual contiene la información, luego esta información es convertida a formato digital para después ser procesada y verificada (Angamarca, 2009). El alcance de lectura que posee el lector dependerá de la potencia de este y de su frecuencia, existen diferentes frecuencias de trabajo y lectores específicos para cada una de ellas sin embargo, todos los lectores tienen principalmente estos componentes: Transmisor, receptor, microprocesador, memoria, interfaz de comunicación, fuente de poder (LAHIRI, 2006).

En la figura 1.3 se muestra el esquema de estos componentes en un lector RFID

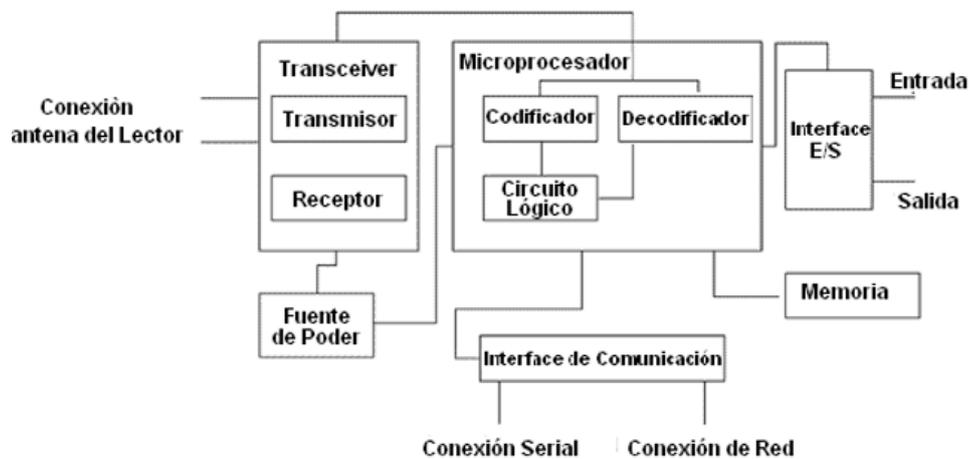


Figura 3 Componentes de un lector RFID (Angamarca, 2009)

Tecnología Bluetooth.

La tecnología Bluetooth, al igual que la tecnología RFID, es muy popular hoy en día, gracias a ella se puede intercambiar datos y voz por medio de enlaces de radiofrecuencia entre dos diferentes dispositivos. La mayoría de personas han experimentado esta conectividad con algún periférico a su computadora o directamente hacia su teléfono celular, la facilidad de uso y la obvia reducción en el uso de cables han hecho del Bluetooth algo de uso global en la mayoría de aparatos en la computación y otras ramas.

Funcionamiento.



Figura 4 Transceptor Bluetooth (Castellano, 2012)

El transceptor mostrado en la figura estará presente en todos los dispositivos que integren esta tecnología, funciona a 2.4 GHz y el rango y potencia de funcionamiento está dividido en 3 clases:

Tabla 1:

Clases de Bluetooth

| Clase | Potencia Máxima | Rango (Aproximado) |
|---------|-----------------|--------------------|
| Clase 1 | 100 mW | 100 m |
| Clase 2 | 2.5 mW | 10 m |
| Clase 3 | 2.5 mW | 1 m |

Nota: terminales que integran el módulo HC-05 (Enriquez, 2018)

Aparte existen estándares y protocolos que están designados a esta tecnología, debido a esto los dispositivos pueden entablar comunicación entre ellos dentro de los rangos mencionados en la tabla 1, además se cuenta con varias ventajas: los dispositivos no tienen que estar alineados entre sí o si quiera encontrarse en la misma habitación.

Bluetooth en los SmartPhones.

El blueooth en los Smartphones ha tenido un gran desarrollo, ya que es un dispositivo con alta presencia en el uso personal, se ha logrado conectar el celular a varios dispositivos como: reproductores de música, teclados, GPS, parlantes, etc. Y en general es una herramienta de gran uso y muy versátil. En la actualidad se ha logrado desarrollar esta tecnología hasta el punto de tener la versión “Blueooth 5.0” mejorando su rango, la velocidad de transferencia de datos y su ancho de banda.

Justificación

De esta forma, el presente proyecto propone la integración de estas 2 tecnologías mediante una interfaz que permita crear una comunicación desde un dispositivo inteligente “Smartphone”, el cual es de amplio uso por la población en la actualidad, con la tecnología RFID que ya se encuentra instalada en edificios, ascensores y todo tipo de zonas restringidas para personal autorizado, facilitando la interacción con las personas utilizando el avance que han tenido los Smartphones y mezclarlo con actividades que se realizan diariamente en este caso en particular el acceso a un departamento, residencia o edificio. Se propone renovar el sistema actual en el que se entregan tarjetas o tags RF a cada persona o a cada departamento, para así lograr una mayor comodidad sin la necesidad de tarjetas o tags dejando atrás el uso de objetos extras.

Propuesta

Se propone diseñar un dispositivo que sirva de interfaz, un único mecanismo que se puede adaptar al control de acceso habitual controlado por lectores RFID y además controlado ahora desde su celular, se pretende cambiar el sistema en el que se necesita de una tarjeta por persona, por departamento u oficina, ya que trae consigo varias dificultades una de ellas es que siempre se tendrá que adquirir nuevas tarjetas e ingresarlas a la base de datos en el caso de pérdida o cambio de dueño de la propiedad lo que conlleva a más gastos. Al final podremos establecer una comunicación entre ambas tecnologías combinando el actual sistema del lector RFID con la Bluetooth de un teléfono celular inteligente, teniendo un sistema más cómodo al usuario y con todas las ventajas que trae el Bluetooth y RFID.

Partiendo de esta propuesta se plantearon los siguientes objetivos

Objetivo General

Diseño de una interfaz de sistemas de radiofrecuencia a bluetooth para el control de acceso a interiores.

Objetivos Específicos

Diseño de software de la interfaz en el entorno de desarrollo integrado “IDE” de Arduino.

Diseño electrónico de la interfaz en una placa pcb.

Enlace entre celular-interfaz mediante una aplicación “Android” para el envío de claves de verificación.

Método

Como fue mencionado anteriormente en la descripción de la propuesta del proyecto, el sistema desarrollado pretende crear una interfaz entre las señales RFID y Bluetooth. Esto se puede apreciar en el diagrama de bloques de la figura 5 dentro de este sistema se envía una señal por medio de bluetooth el cual será recibido por la interfaz la cual enviara una señal por radiofrecuencia hacia el sistema de control de acceso. La interfaz sería la encargada de enlazar el sistema de control de acceso que existe habitualmente y los dispositivos móviles.

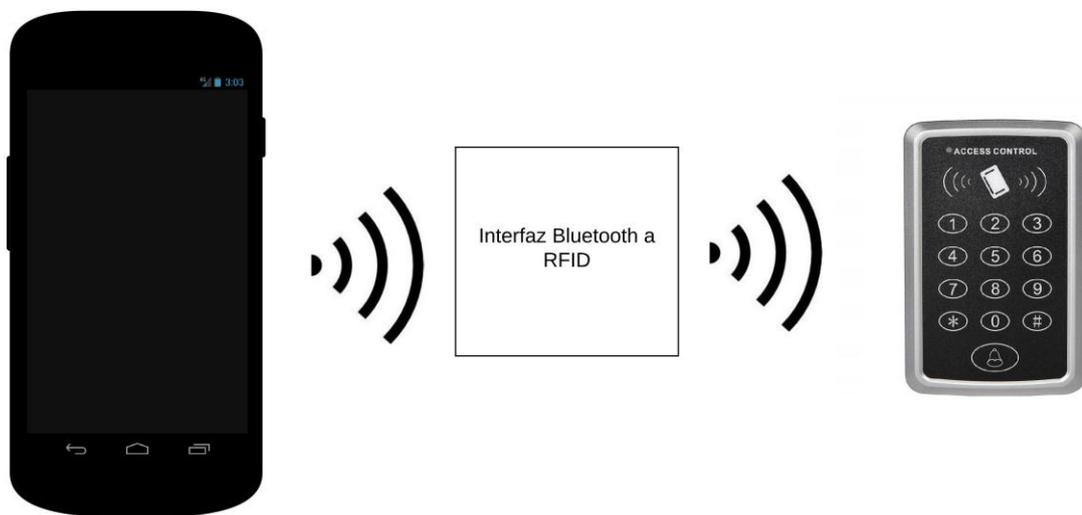


Figura 5 Diagrama de bloque General

Diseño Electrónico

Para la interfaz se utilizó:

- Bluetooth
- Micro controlador
- Identificación RFID

Para la parte de identificación RFID se utilizó un módulo RFID/NFC PN-532, escogido gracias a características esenciales para la interfaz. Al igual para la parte de micro controlador e identificación RFID se utilizaron una placa Arduino y un módulo bluetooth compatible Hc-05 respectivamente. Las características de estos componentes se detallarán a continuación.

Módulo RFID/NFC PN-532.

El módulo pn-532 es un microchip el cual tiene varias funciones como leer y escribir en tags y tarjetas RFID, se puede conectar fácilmente a un micro controlador como Arduino. Además, es también un chip NFC, la tecnología NFC se ha popularizado bastante y es bastante utilizado en una amplia gama de dispositivos comerciales.

Hablando de su funcionalidad el pn-532 es capaz de soportar interfaz (SPI, I2C Y UART) es bastante económico y fácil de encontrar, además tiene bibliotecas de código abierto. Existen algunas placas que integran el chip PN-532 las OEM o Flat.

La figura 2.2 muestra las dos placas que integran el PN-532, la primera es de una marca económica y la segunda es de la marca Adafruit (Miño, 2015).

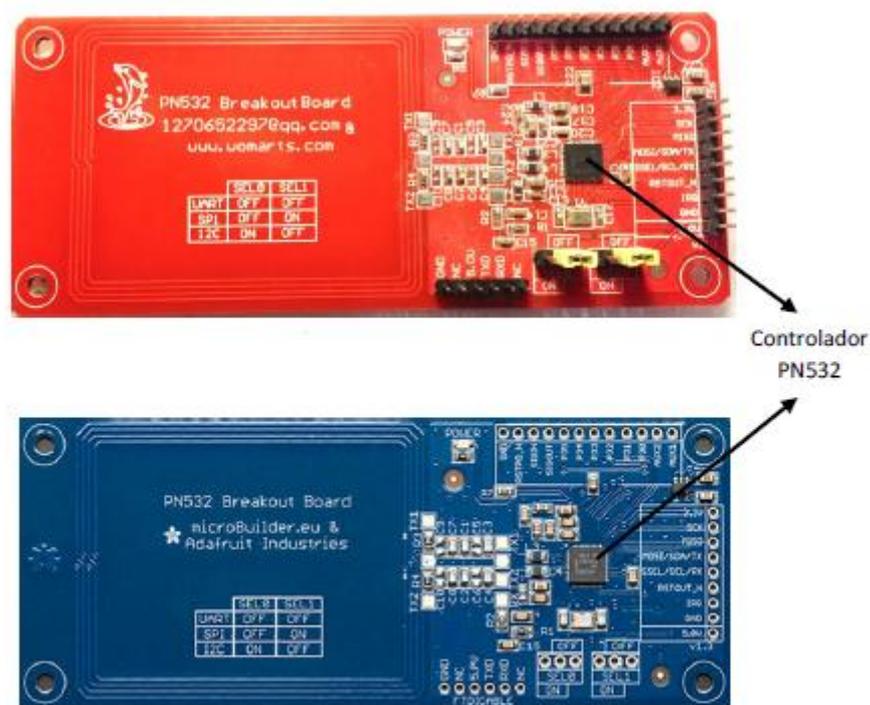


Figura 6 Shield PN-532 diferentes placas (Miño, 2015)

Arduino Uno.

Arduino uno es uno de los micro controladores más populares hoy en día, es muy accesible y puede ser comprado de varios distribuidores, posee varias características por las cuales usamos esta placa, podemos conectar módulos extras para así extender sus capacidades y sus aplicaciones y además es de software libre lo cual ayuda bastante ya que disponemos de un sin número de librerías.

Arduino puede “sentir” el entorno mediante la recepción de entradas desde una variedad de sensores y puede afectar a su alrededor mediante el control de luces, motores y otros artefactos. El micro controlador de la placa se programa usando el “Arduino Programming Language” (basado en Wiring1) y el “Arduino Development Environment” (basado en Processing2). Los proyectos de Arduino pueden ser autónomos o se pueden comunicar con software en ejecución en un ordenador (por ejemplo con Flash, Processing, MaxMSP, etc.) (Herrador, 2009).

A diferencia de la mayoría de las placas de circuito programables anteriores, Arduino no necesita una pieza de hardware separada (llamada programador) para cargar un nuevo código en la placa; simplemente puede usar un cable USB. Además, el IDE de Arduino utiliza una versión simplificada de C ++, lo que facilita aprender a programar. Finalmente, Arduino proporciona un factor de forma estándar que desglosa las funciones del micro controlador en un paquete más accesible (csulb, 2015).

Módulo Bluetooth HC-05.

El módulo HC-05 es un módulo creado para la comunicación vía Bluetooth compatible con nuestro Arduino.

Es un módulo de comunicación serial inalámbrica, tiene la característica de tener una tasa de transferencia mejorada de 3 Mbps, modulación con transceptor de radio completo de 2.4 GHz y banda de base, además de ser configurado Master (maestro) – Slave (esclavo). Quiere decir que es capaz de vincularse con terminales móviles o computadoras, y a su vez genera conexiones a otros artefactos electrónicos, a diferencia de su sucesor HC-06, que sólo puede trabajar como Slave (esclavo). Después de lo anterior expuesto, la unidad HC-05 resalta su popularidad al ser usados en aplicaciones relacionadas con micro controladores y microprocesadores (Enriquez, 2018).

En la figura 2.3 se muestra el módulo Bluetooth y como está configurado.

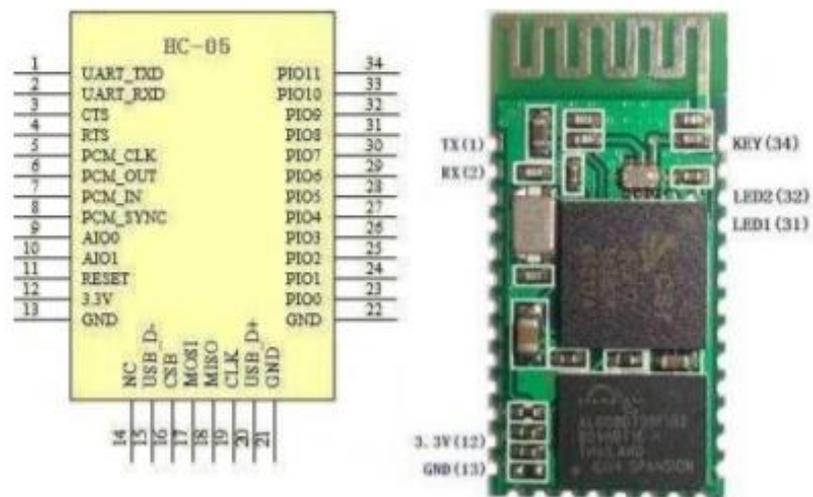


Figura 7 Modulo Bluetooth HC-05 (José Ignacio Vega, 2014)

Tabla 1:

Terminales importantes que integran el HC-05

| Módulo HC-05 | Descripción |
|--------------|---------------------|
| GND | Tierra |
| VCC | Alimentación 3.3-6V |
| TX | Transmisión |
| RX | Recepción |
| EN | Habilitar |

| Módulo HC-05 | Descripción |
|--------------|-----------------------------|
| STATE | Salida para conectar un led |

Nota: terminales que integran el módulo HC-05 (Enriquez, 2018)

Conexión Eléctrica.

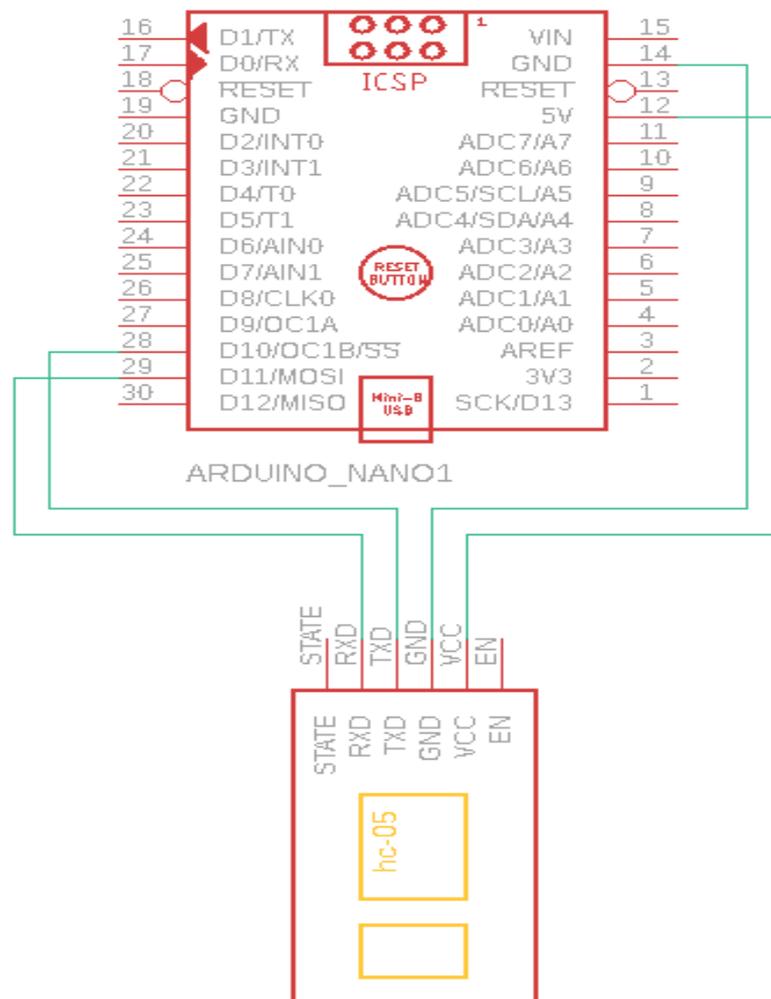


Figura 8 Arduino y Modulo Hc-05

Se puede observar en la ilustración 2.3 la conexión entre el micro controlador y el módulo bluetooth Hc-05, esto permite que el celular pueda enviar información (código o clave) hacia el micro controlador. El módulo está en modo “esclavo” ya que el celular se comporta como dispositivo maestro.

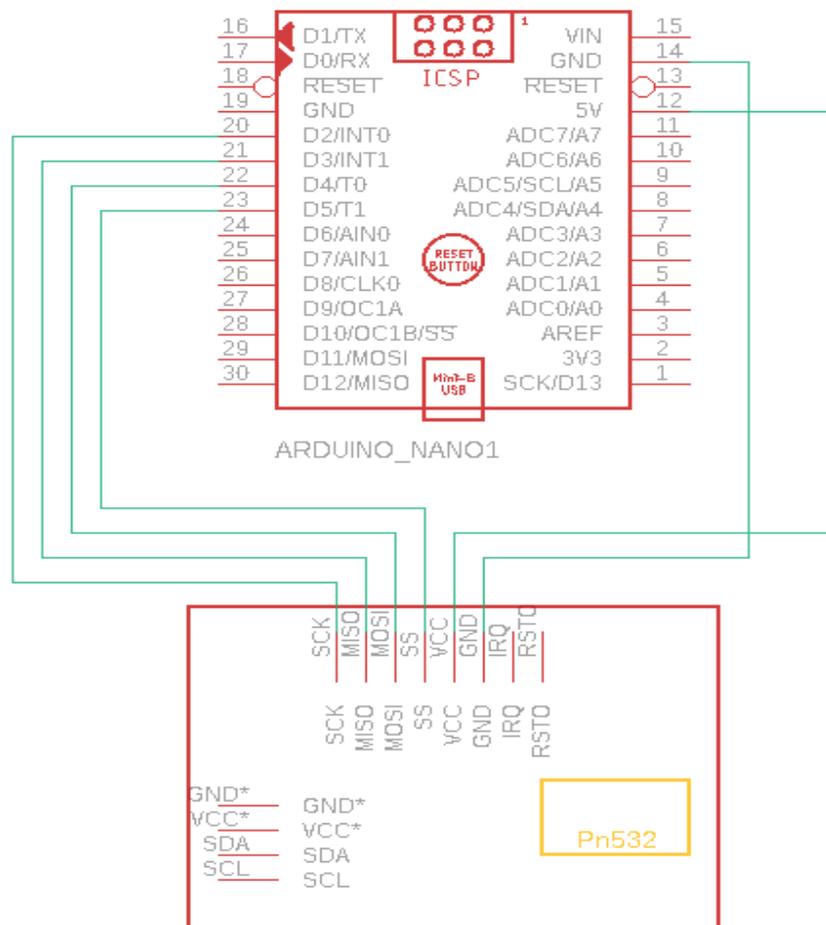


Figura 9 Arduino y Modulo Pn532

Se puede observar en la ilustración 2.4 la conexión entre el micro controlador y el módulo bluetooth Pn532, están conectador por conexión SPI soportada en Arduino y el modulo, el módulo Pn532 enviara la señal por medio de radiofrecuencia hacia el lector RFID el cual la decodificara y verificara.

A continuación, se muestra el diseño terminado.

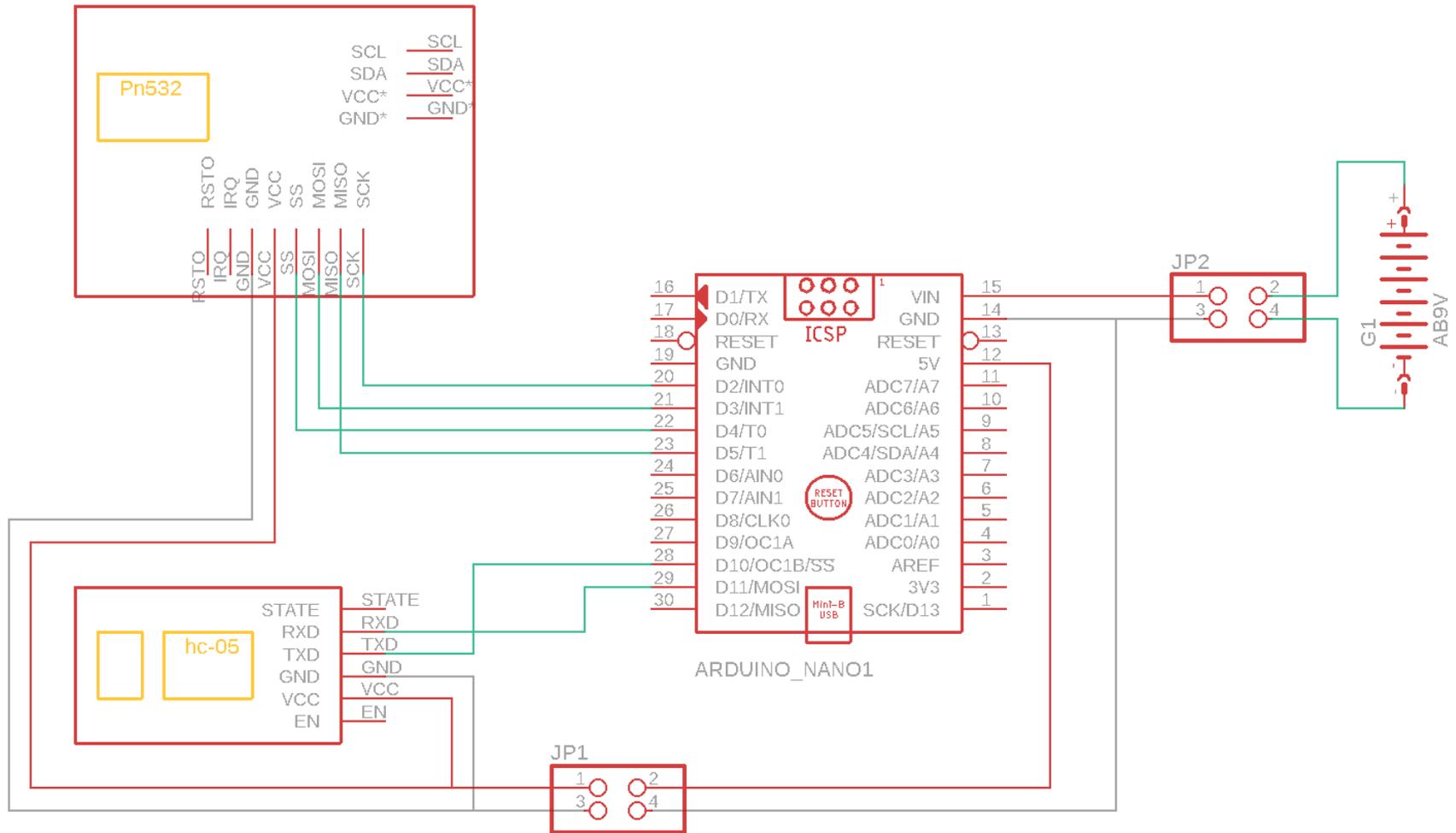


Figura 10 Diseño eléctrico General

Diseño de Software

Diagrama de Flujo.

Como se puede observar en la figura 11 se tiene el diagrama de flujo de funcionamiento del software de la interfaz, se comienza por los procesos iniciales, en el Arduino nano se instala la librería del fabricante “Adafruit-PN532” para la compatibilidad con el módulo Rf se continua con la solicitud de información vía blueooth en este paso el dispositivo móvil tiene que estar conectado al módulo Hc-05 y previamente instalar la aplicación “Bluetooth-Serial-Controller” encontrada en la tienda “PlayStore” de Android, desde la aplicación se envía un código, la interfaz recibe el código lo almacena en una variable para después compararlo con códigos ya escritos previamente, si el código no es validado se tendrá que ingresar otro nuevamente si este si es validado se enviara un señal a nuestro modulo con el cual cambiara el modo de operación a “ISO/IEC 14443A/MIFARE Card MIFARE Classic 1K y MIFARE Classic 4K Card emulation” y estará listo para enviar la señal al lector Rf, una vez enviada la señal el modulo regresara a su estado anterior y se podrá enviar un código nuevamente.

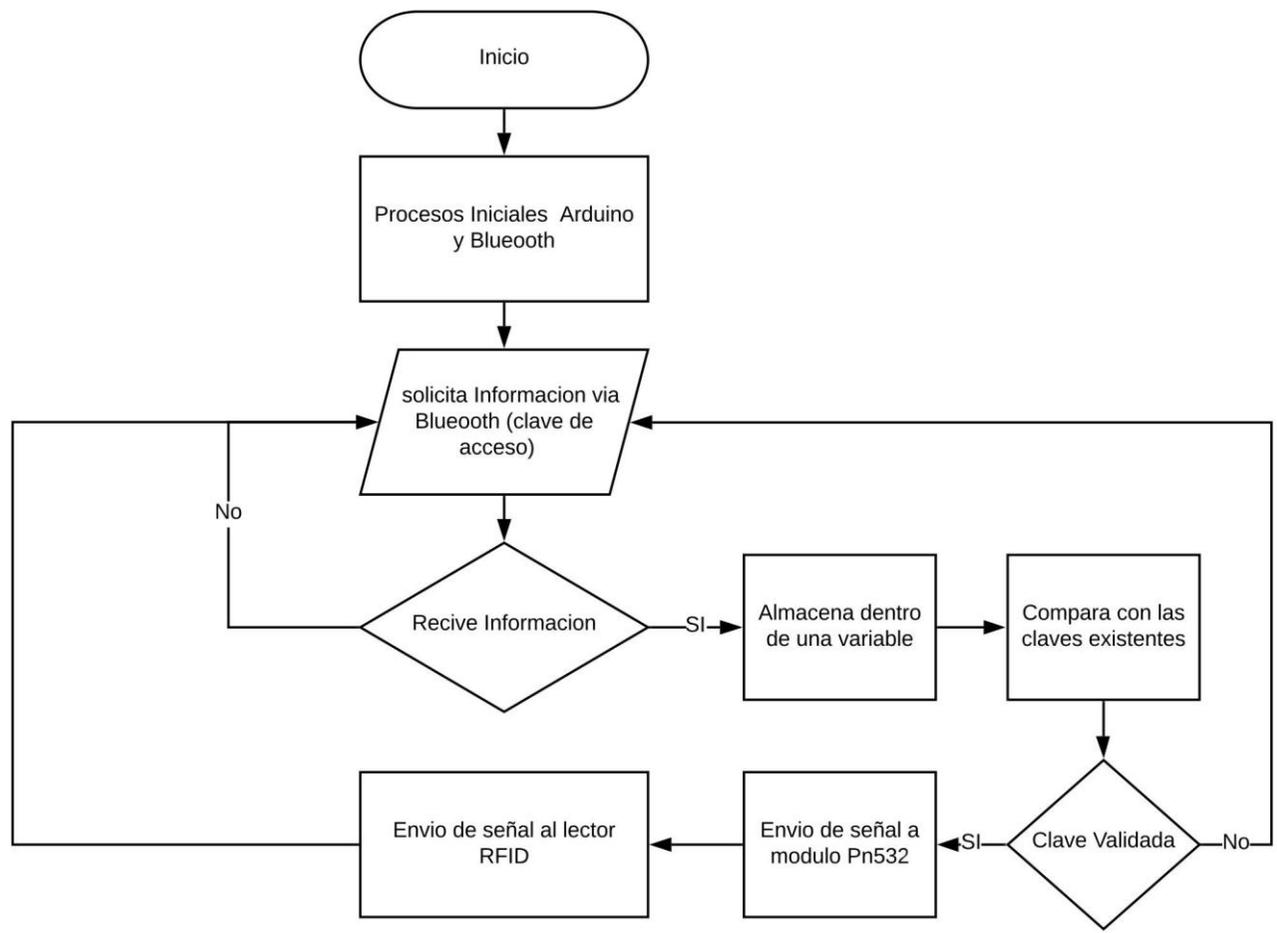


Figura 11 Diagrama de flujo de funcionamiento de la interfaz.

Diseño Mecánico

El diseño mecánico consta de 2 partes:

- El contenedor: en donde se va a colocar la placa pcb y la batería.
- La cubierta: la cual va a sostener el modulo Rf.

En la figura 12 se puede observar los planos del contenedor, para el cual se tomó en consideración las dimensiones de la placa pcb la cual va colocada dentro, también se tomó en cuenta la batería y el cableado que va hacia el modulo.

Planos.

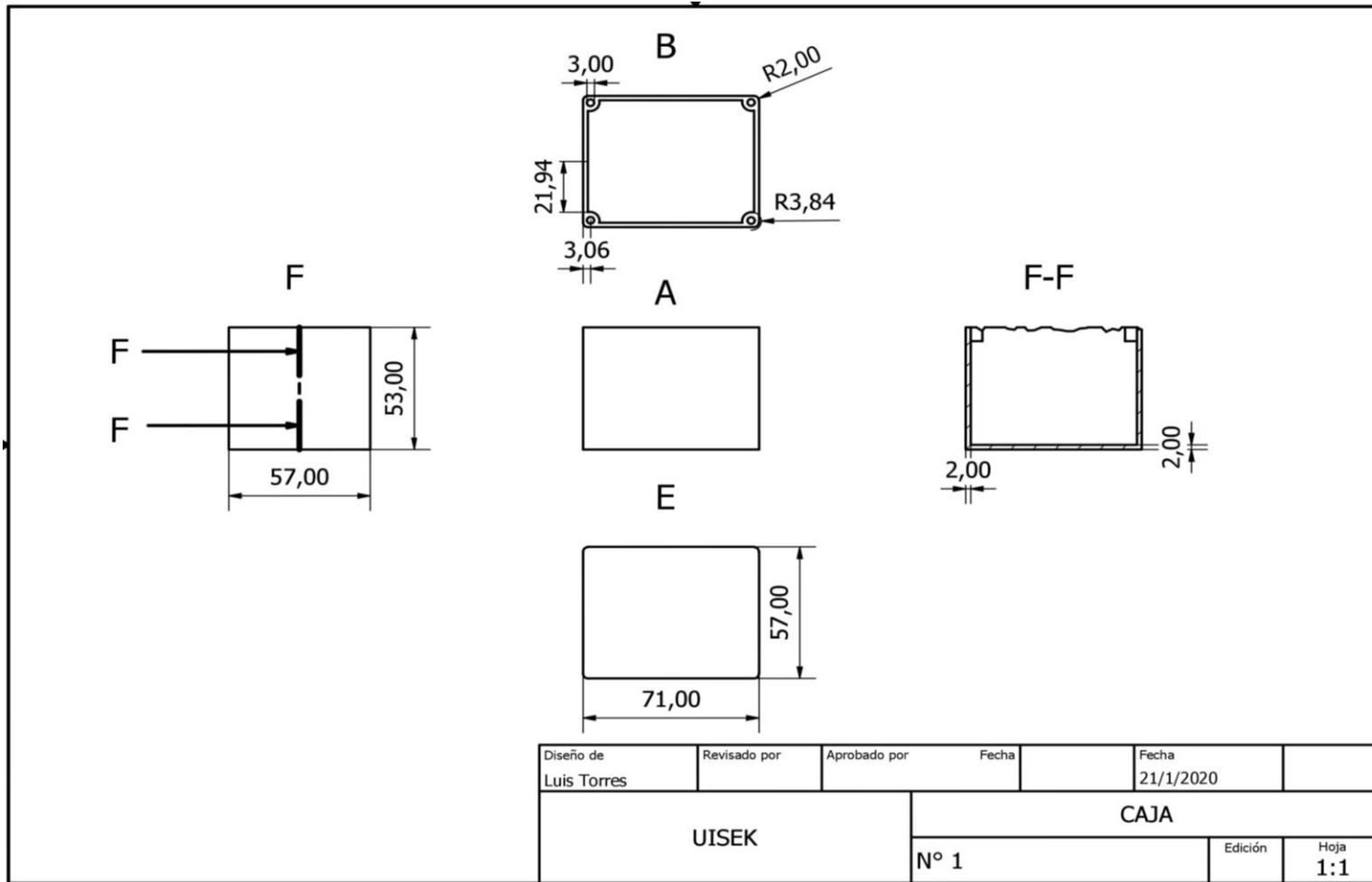


Figura 12 Plano de Contenedor

Para la cubierta se tomó en consideración el módulo Pn532 ya que tiene que ubicarse lo más cerca al lector Rf, la cubierta actúa como base de sujeción para el modulo y al mismo tiempo sella el contenedor, se diseñó una pequeña ranura para el cableado hacia el interior se puede observar el plano de la cubierta en la figura 13.

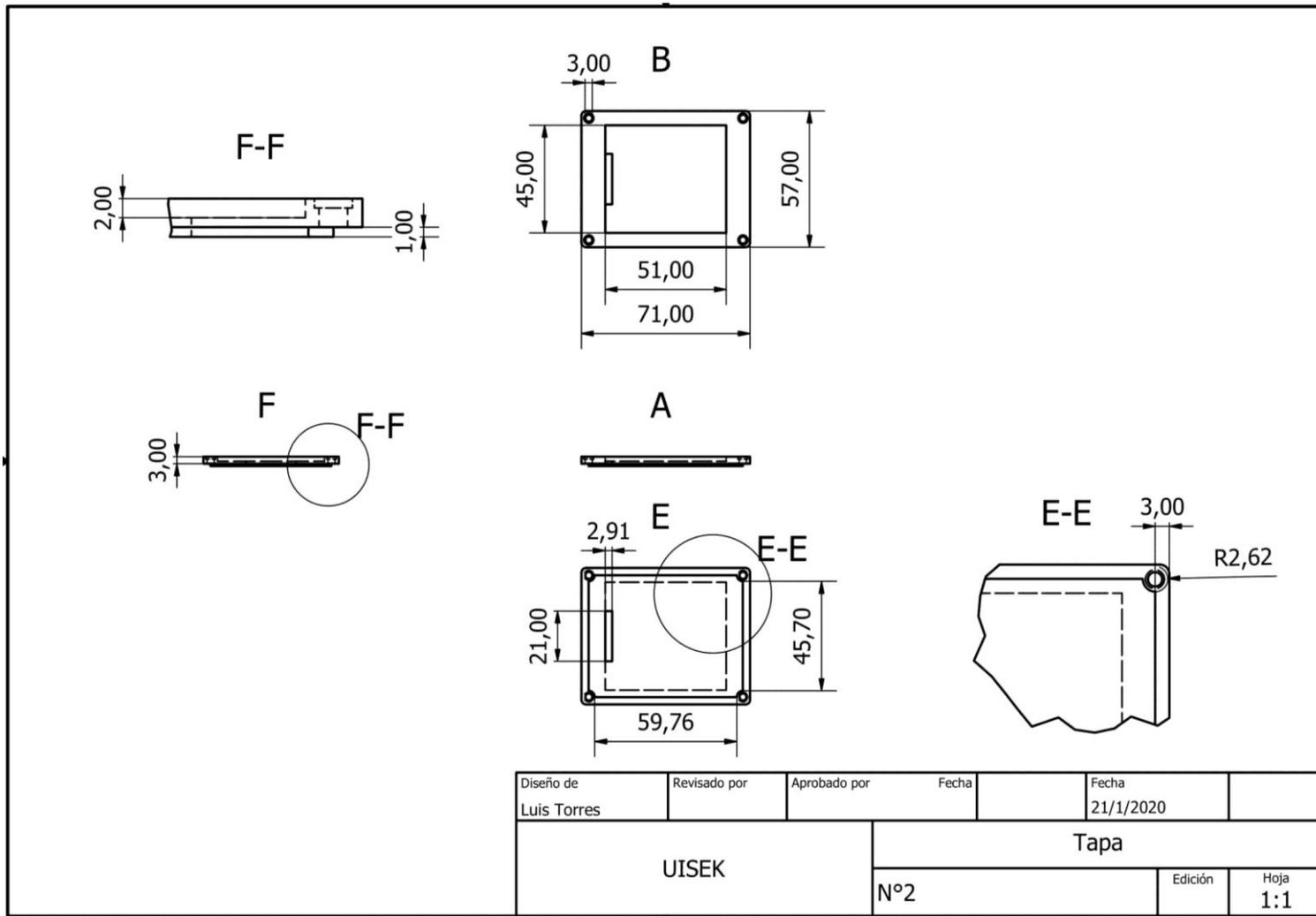


Figura 13 Plano de tapa

Modelo.

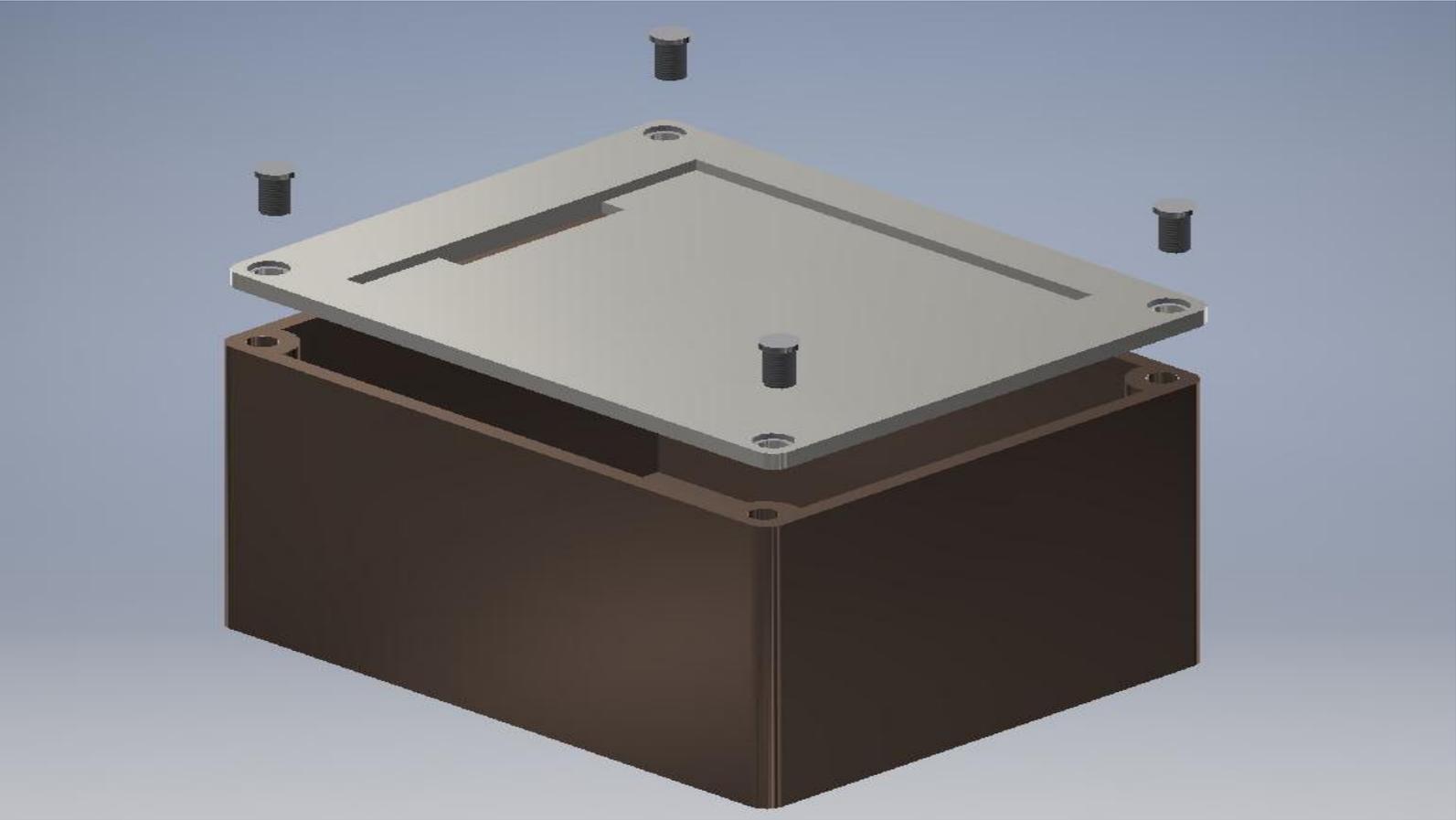


Figura 14 Modelo

Pruebas de Funcionamiento

Experimento #1.

En esta prueba se utiliza el modo de operación “ISO/IEC 14443A/MIFARE Lector/Grabador” del módulo Pn532, este modo permite grabar información en una tarjeta RFID, el objetivo es intentar cambiar la UID o clave de identificación de una tarjeta RFID para medir el alcance que tiene las características del módulo.

Se utilizó la librería del fabricante Adafruit/Adafruit-Pn532 compatible con Arduino y se trabajó con el ejemplo “iso14443a_uid” y utilizamos la línea de comando para la conexión SPI.

```
// Use this line for a breakout with a SPI connection:  
Adafruit_PN532 nfc(PN532_SCK, PN532_MISO, PN532_MOSI, PN532_SS);
```

Figura 15 líneas de comando-conexión SPI

Experimento #2.

El objetivo de esta prueba es poder emular una tarjeta RFID, su funcionalidad y comportamiento utilizando el modo de operación del módulo Pn532 “ISO/IEC 14443A/MIFARE Card MIFARE Classic 1K y MIFARE Classic 4K Card emulation”, se realiza la prueba con el lector RFID de 13.56 MHz Windows con conexión USB para facilitar la visibilidad de los datos en la computadora. La interfaz enviara la “UID” “Identificador Único” mediante una señal por radiofrecuencia al lector imitando el proceso que se tiene con las tarjetas y tags RF y esta podrá visualizarse en nuestra computadora.

Se utilizó la librería del fabricante Adafruit/Adafruit-Pn532 compatible con Arduino y se trabajó con el ejemplo “iso14443as_target” y utilizamos la línea de comando para la conexión SPI según la ilustración 2.5.

Experimento #3.

El objetivo de esta prueba es poder enviar diferentes “UID” utilizando nuestra interfaz, se hace uso del manual de usuario del módulo RFID/NFC Pn532 para el concepto de emulación de tarjetas ISO/IEC 14443-4 tipo A.

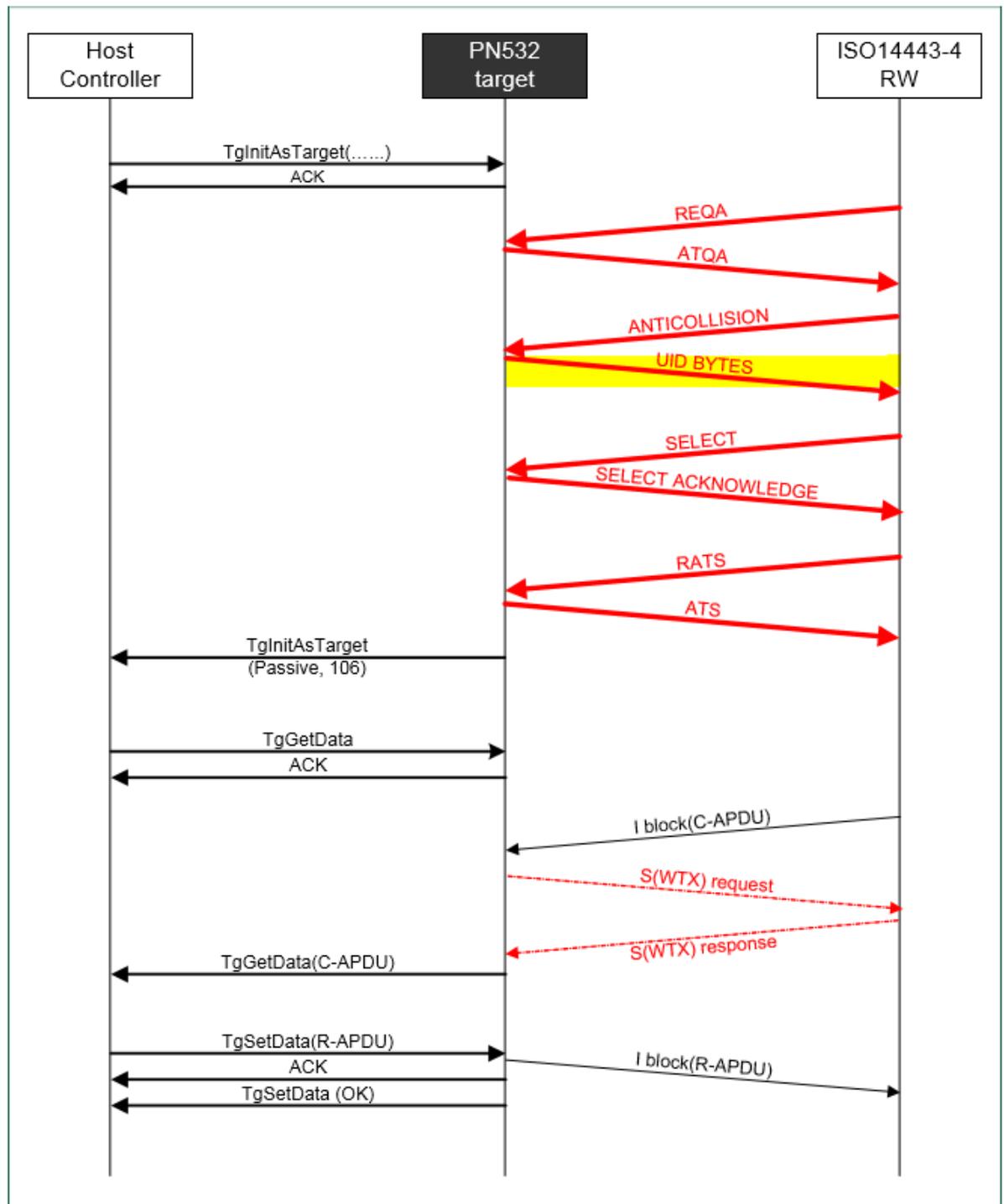


Figura 16 ISO/IEC 14443-4 PICC Emulation

Se trata de cambiar los “UID BYTES” los cuales son la “ID” que recibe el lector RFID esto mediante los comandos soportados por el modulo especificados en el manual de usuario utilizando el comando “Set-General-Bytes”.

| T a r g e t | | | |
|-----------------------|---|------|-----|
| TgInitAsTarget | X | 0x8C | 151 |
| TgSetGeneralBytes | X | 0x92 | 158 |
| TgGetData | X | 0x86 | 160 |
| TgSetData | X | 0x8E | 164 |
| TgSetMetaData | X | 0x94 | 166 |
| TgGetInitiatorCommand | X | 0x88 | 168 |
| TgResponseToInitiator | X | 0x90 | 170 |
| TgGetTargetStatus | X | 0x8A | 172 |

Figura 17 Comandos Soportados Modulo Pn532

Experimento #4.

El objetivo de esta prueba es poder emular un tag utilizando un teléfono celular con tecnología NFC. Se utilizó el modo de operación ISO/IEC 18092, ECMA 340 Peer-to-Peer ya que nuestro modulo es compatible con esta tecnología. Se utilizó la librería del fabricante Adafruit/Adafruit-Pn532 compatible con Arduino y se trabajó con el ejemplo “ntag2xx_read” y utilizamos la línea de comando para la conexión SPI según la ilustración 2.5.

Experimento #5.

El objetivo de esta prueba es probar el enlace bluetooth, se realiza la prueba con el lector RFID de 13.56 MHz Windows con conexión USB para facilitar la visibilidad de los datos en la computadora. Se utilizó la aplicación “Bluetooth-Serial-Controller” descargada desde “PlayStore” la tienda de aplicaciones de los dispositivos con sistema operativo Android para conectarse con la interfaz por medio de bluetooth y así poder enviar el código de verificación el cual será validado o no, en el caso de ser validado la interfaz enviara la “UID” “Identificador Único” mediante una señal por radiofrecuencia al lector imitando el proceso que se tiene con las tarjetas y tags RF y esta podrá visualizarse en nuestra computadora.

Resultados

Diseño Electrónico

Placa.

En la figura 18 se puede observar la placa pcb terminada, se soldaron pines a la placa y los componentes van instalados sobre estos para facilitar la extracción en caso de daño, también se realizó un puente para reducir el tamaño de la placa.

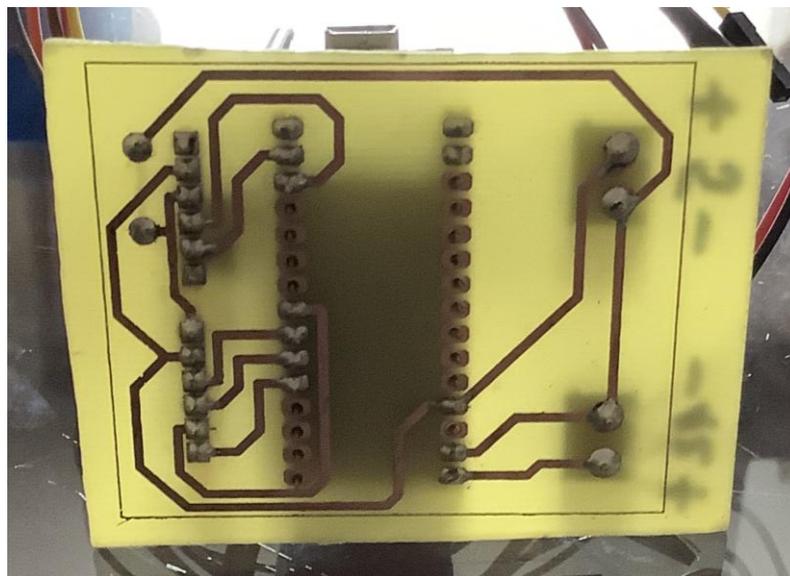


Figura 18 Placa Vista 2

En la figura 19 se puede observar las conexiones de los componentes y el cableado de datos del Arduino hacia el modulo, se optó por soldar borneras una para la entrada de energía hacia todos los componentes y otra extra en la salida del Arduino de 5v aprovechando el espacio de la placa.

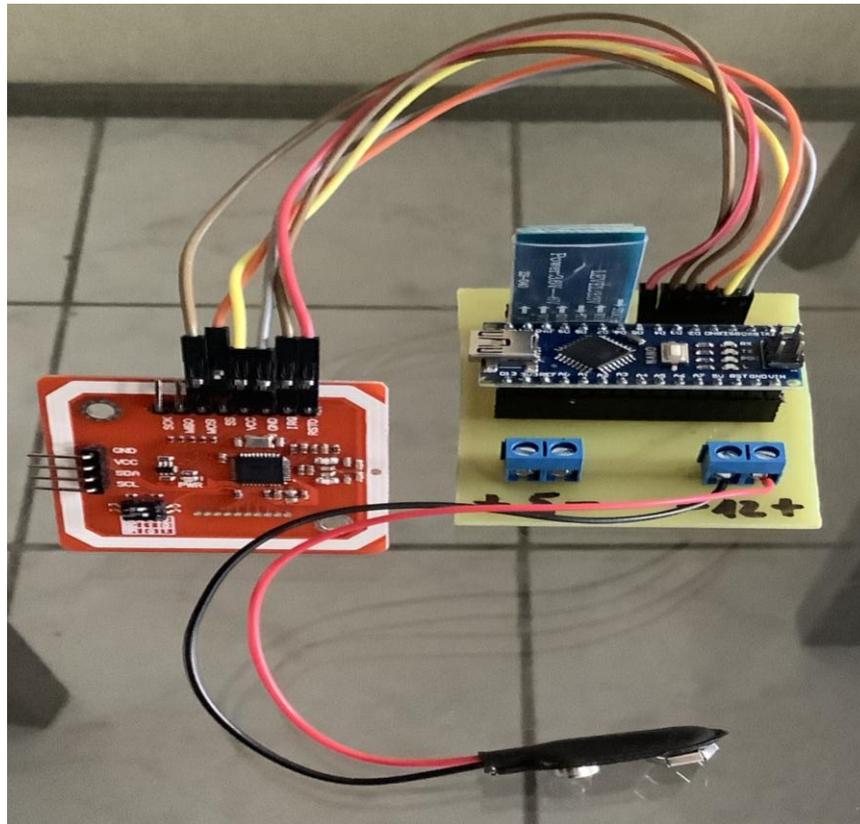


Figura 19 Placa Vista 3

Diseño Mecánico

Contenedor.

En la figura 20 se puede observar el contenedor terminado, se realizó la construcción mediante impresión 3D en plástico Pla.

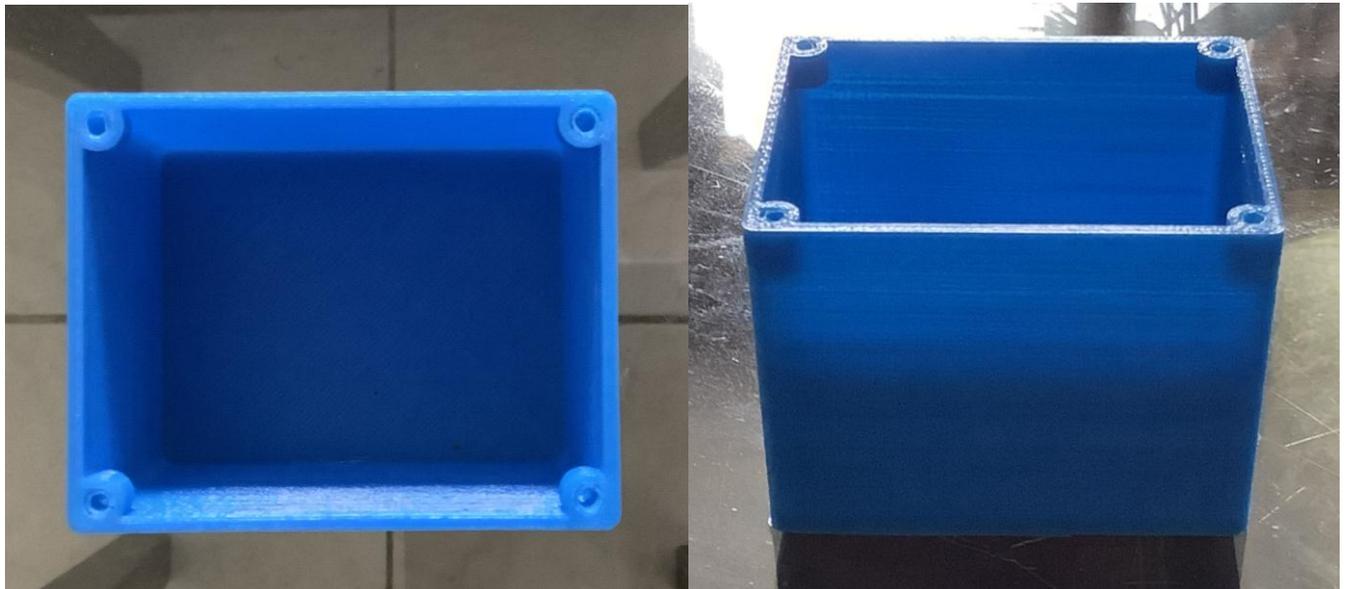


Figura 20 Contenedor Vistas

Cubierta.

En la figura 21 se puede observar la cubierta terminada, se realizó la construcción mediante impresión 3D en plástico Pla, podemos observar la ranura para el cableado hacia interior para el módulo Rf.

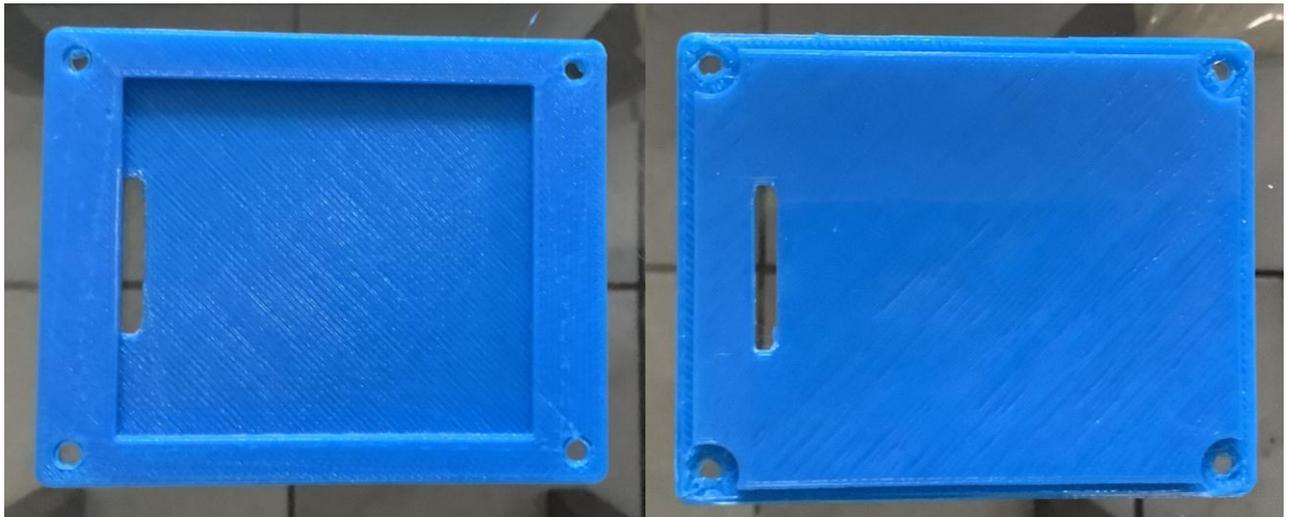


Figura 21 Cubierta Vistas

Prototipo

En la figura 22 se puede observar como es ubicada la placa pcb, la batería se coloca encima de la placa hacia el lado contrario del cableado del módulo.

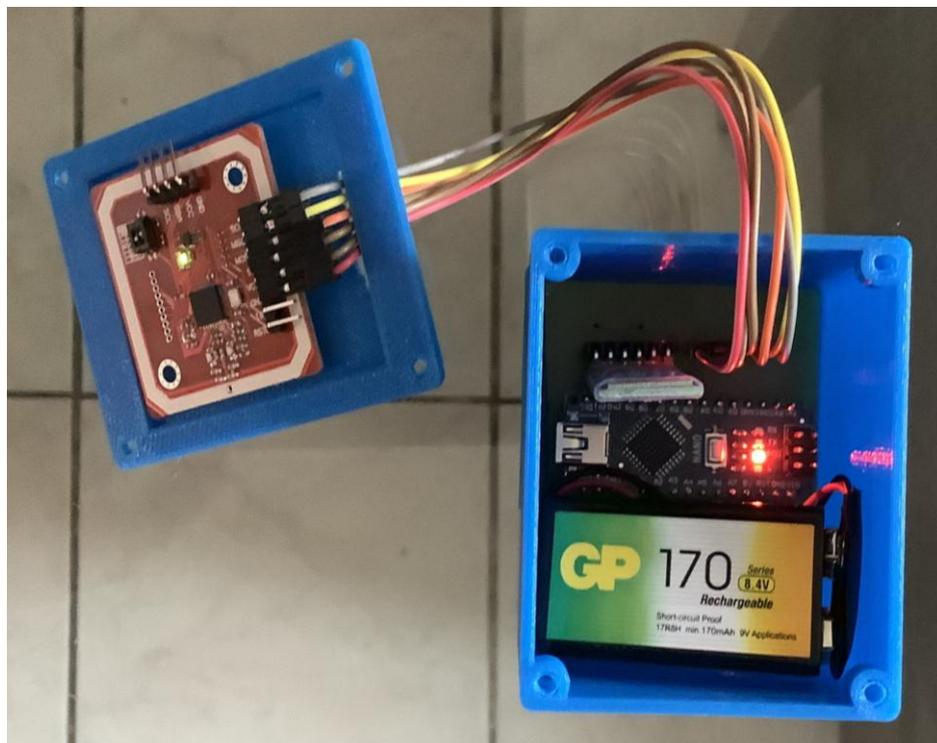


Figura 22 Prototipo Vista 1

En la figura 23 se puede observar el prototipo terminado el cableado del módulo se coloca a través de la ranura y el módulo sobre la cubierta.

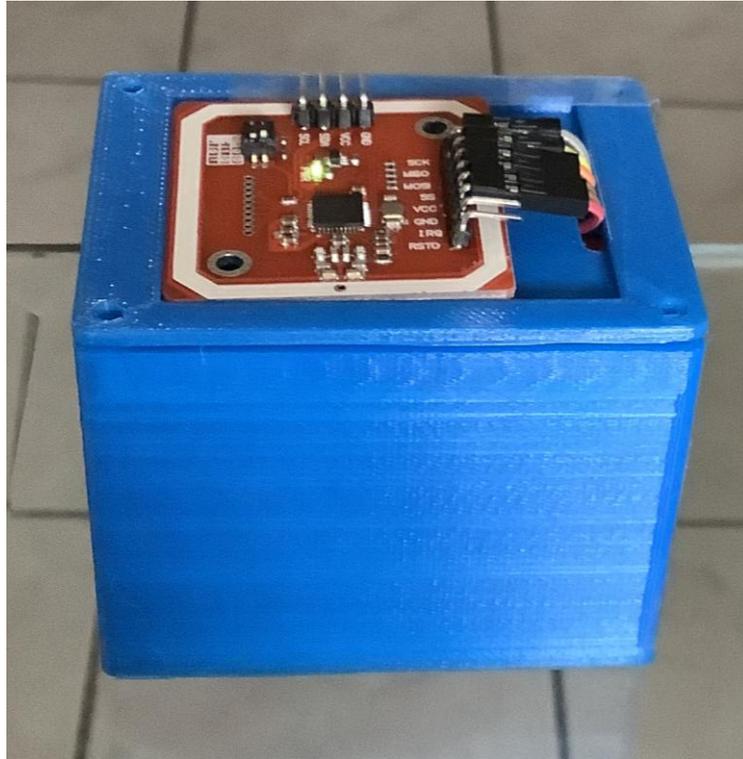


Figura 23 Prototipo Vista 2

Pruebas de Funcionamiento

En la figura 24 se puede observar cómo se realizan las pruebas de funcionamiento con el lector Rf, la interfaz tiene que estar muy cerca al lector para que este pueda recibir la señal por medio de radiofrecuencia, gracias a que es un lector RF-USB se puede conectar directamente a la computadora y visualizar la señal recibida de manera inmediata.

*Figura 24
Pruebas de
Funcionamiento*

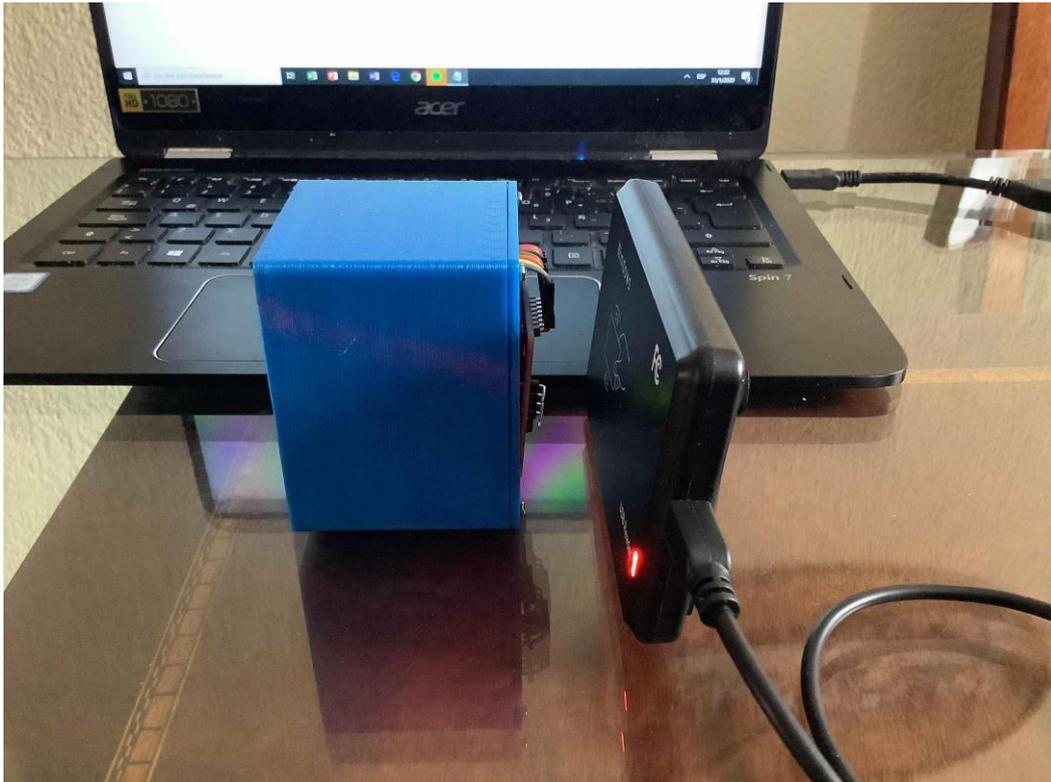


Tabla 3:

Resultados de los experimentos

| Pruebas | Resultado | Comentario |
|---------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Experimento 1 | No se logró el objetivo de la prueba. | No se logró cambiar la "ID" de la tarjeta, sin embargo, se logró leer y grabar datos dentro de la tarjeta e incluso cambiar los bloques de acceso. |
| Experimento 2 | El resultado de esta prueba fue satisfactorio | Se logró emular satisfactoriamente una tarjeta RFID, la señal fue reconocida por el lector y mostrada en pantalla |

| Pruebas | Resultado | Comentario |
|---------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Experimento 3 | No se logró el objetivo de esta prueba | No se logró poder enviar diferentes "ID" |
| Experimento 4 | No se logró el objetivo de esta prueba | No se logró emular un tag por medio NFC |
| Experimento 5 | El resultado de esta prueba fue satisfactorio | Se logró enviar un código a través de la aplicación "Bluetooth-Serial-Controller" hacia la interfaz y de esa manera activar el modulo para enviar la señal por radiofrecuencia hacia el lector. |

Nota:

Discusión De Resultados

Conclusiones

Dados los resultados de las pruebas realizadas, se logró una interfaz funcional que enlaza los lectores de radiofrecuencia de un sistema de control de acceso usado actualmente con un dispositivo celular mediante bluetooth. Se logró emular la señal de una tarjeta RFID en un lector RF, la señal es enviada solo si el código enviado vía bluetooth desde la aplicación en el celular es validado por la interfaz, no hubo inconvenientes con el diseño electrónico ni con la placa pcb. Sin embargo, no se logró el objetivo de la segunda prueba de funcionamiento el cual era poder emular varias tarjetas RFID, solo se logró emular una, tampoco se logró emular un tag NFC mediante un celular y no se logró reescribir la ID de una tarjeta magnética RFID.

Recomendaciones

Al requerir la autenticación de identidad se recomienda crear un “software” de base de datos para las claves de identificación, se puede diseñar usando la misma validación de códigos, designado un código único que al ingresarlo nuestro sistema entrara a un ciclo adicional para agregar más usuarios, este ciclo puede diseñarse para poder ingresar los nuevos códigos a través del teclado y se los podría almacenar en una lista.

El consumo de energía es un parámetro muy importante se recomienda realizar pruebas de consumo energético, se puede empezar activando el modo de funcionamiento de bajo consumo que tienen ambos el módulo Pn532 y Arduino nano.

Respeto al diseño mecánico teniendo en cuenta el aumento de temperatura durante las horas de uso se recomienda diseñar el contenedor con un mayor espacio para la batería de igual manera para la disipación de calor se puede escoger entre diseñar orificios de ventilación o conectar un ventilador a la salida de 5v del Arduino, de la misma manera se

recomienda mayor sujeción de la batería y placa pcb se puede optar por la sujeción mediante pernos dentro del contenedor.

Dados los resultados de las pruebas de funcionamiento se recomienda realizar pruebas en la interfaz con diferentes módulos RFID, el MF RC522 de Nannday podría ser un buen cambio.

Referencias

- Angamarca, P. W. (2009). *Diseño de un sistema de control de acceso utilizando la tecnología de identificación RFID para la empresa SOLUCIONES G Cuatro del Ecuador*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Castellano, A. R. (2012). *Bluetooth introducción a su funcionamiento*. Madrid: ICAI. Universidad Ponti.
- csulb. (2015). *csulb*. Obtenido de web.csulb.edu:
<http://web.csulb.edu/~hill/ee400d/Technical%20Training%20Series/02%20Intro%20to%20Arduino.pdf>
- Enriquez, F. C. (Septiembre de 2018). *ri.uaemex*. Obtenido de ri.uaemex.mx:
<http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/94905/TesisFredri.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Herrador, R. E. (13 de Noviembre de 2009). *electroship*. Obtenido de electroship.com:
http://electroship.com/documentos/Arduino_user_manual_es.pdf
- José Ignacio Vega, G. S. (Octubre de 2014). *ccadet.unam*. Obtenido de somi.ccadet.unam.mx:
<http://somi.ccadet.unam.mx/somi29/memoriassomi29/PDFS/electronica/100-SGSOMI-66-100.pdf>
- LAHIRI, S. (2006). *RFID Sourcebook*. EE.UU: IBM Press Books.
- Miño, S. P. (28 de Diciembre de 2015). *repositorio.ub*. Obtenido de repositorio.ub.edu.ar:
<http://repositorio.ub.edu.ar/bitstream/handle/123456789/8286/tesina%20926%20prioro%20mi%C3%B1o.pdf?sequence=1>
- Peñaherrera, W. (2019). *Esquema de funcionamiento de un sistema RFID pasivo*. Fuente: *Tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID)*. UNIVERSIDAD

REGIONAL AUTÓNOMA DE LOS ANDES "UNIANDES". Quevedo:

UNIVERSIDAD REGIONAL AUTÓNOMA DE LOS ANDES "UNIANDES.

Sisca Sistemas Integrales de Seguridad. (s.f.). *sisca*. Obtenido de sisca.co:

<http://sisca.co/producto/zkteco-kr300-lectora/>

Tabla de Figuras

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 Esquema de funcionamiento de un sistema RFID (Peñaherrera, 2019)..... | 9 |
| Figura 2 elementos de una antena pasiva (LAHIRI, 2006) | 10 |
| Figura 3 Componentes de un lector RFID (Angamarca, 2009) | 11 |
| Figura 4 Transceptor Bluetooth (Castellano, 2012)..... | 11 |
| Figura 5 Diagrama de bloque General | 15 |
| Figura 6 Shield PN-532 diferentes placas (Miño, 2015) | 16 |
| Figura 7 Modulo Bluetooth HC-05 (José Ignacio Vega, 2014)..... | 18 |
| Figura 8 Arduino y Modulo Hc-05 | 19 |
| Figura 9 Arduino y Modulo Pn532..... | 20 |
| Figura 10 Diseño eléctrico General | 21 |
| Figura 11 Diagrama de flujo de funcionamiento de la interfaz | 23 |
| Figura 12 Plano de Contenedor..... | 25 |
| Figura 13 Plano de tapa..... | 27 |
| Figura 14 Modelo..... | 28 |
| Figura 15 líneas de comando-conexión SPI..... | 29 |
| Figura 16 ISO/IEC 14443-4 PICC Emulation | 30 |
| Figura 17 Comandos Soportados Modulo Pn532 | 31 |
| Figura 18 Placa Vista 2 | 33 |

| | |
|-----------------------------------------------------|----|
| INTERFAZ DE SISTEMAS DE RADIOFRECUENCIA A BLUETOOTH | 44 |
| Figura 19 Placa Vista 3 | 34 |
| Figura 20 Contenedor Vistas | 35 |
| Figura 21 Tapa Vistas | 36 |
| Figura 22 Prototipo Vista 1 | 36 |
| Figura 23 Prototipo Vista 2..... | 37 |
| Figura 24 Pruebas de Funcionamiento..... | 38 |