

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**TEMA:
DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO PARA MITIGAR EL ROBO DE
TELÉFONOS CELULARES**

**AUTOR:
MESÍAS MIGUEL CÓNDOR GUAYGUA**

**TUTORA:
VERÓNICA EMMA SORIA MALDONADO**

Quito, julio del 2020

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo Mesías Miguel Cándor Guaygua, con documento de identificación N° 1723226906, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación intitulado: “DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO PARA MITIGAR EL ROBO DE TELÉFONOS CELULARES”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Electrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Mesías Miguel Cándor Guaygua

C.I.: 1723226906

Quito, julio del 2020

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el proyecto técnico, “DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO PARA MITIGAR EL ROBO DE TELÉFONOS CELULARES”, realizado por Mesías Miguel Córdor Guaygua, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerado como trabajo final de titulación.

Quito, julio del 2020



Verónica Emma Soria Maldonado

C.I.: 1715185961

DEDICATORIA

El proyecto técnico “DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO PARA MITIGAR EL ROBO DE TELÉFONOS CELULARES”, que me permite la obtención del título de Ingeniero Electrónico es dedicado principalmente a Dios, ya que me ha colmado de bendiciones durante toda mi vida, al tener a mi familia completa y permitirme lograr este sueño.

A mi familia por el apoyo absoluto e incondicional en toda mi carrera universitaria, así como en cada cosa realizada en mi vida, ya que, gracias a su paciencia, cariño y amor todos mis sueños se han materializado.

Mesías Miguel Córdor Guaygua

AGRADECIMIENTO

La elaboración de este trabajo técnico titulado “DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO PARA MITIGAR EL ROBO DE TELÉFONOS CELULARES”, se llevó a cabo gracias al esfuerzo de mis padres y mis hermanas que a lo largo de mi vida me han impulsado para poder afianzar mis sueños y volverlos realidad.

Agradezco a mis padres Inés Guaygua y Mesías Cóndor que con su lucha diaria han logrado ayudarme en cada cosa que he realizado, así como también han sido el motor impulsor para la materialización de este sueño, apoyándome con amor y recursos para al fin plasmar mi visión como un hecho logrado.

Agradezco a mis hermanas Cristina y Erika por el apoyo durante toda mi vida, por el cariño que me han brindado, por la preocupación de mi bienestar, así también agradezco a Marcela Vega que ha sido un cimiento fundamental en mi vida, ayudándome a levantarme en cuanta caída he tenido.

Agradezco a la Universidad Politécnica Salesiana por la acogida de mi persona en sus gloriosas instalaciones, así como también a todos los docentes que fueron parte de mi formación académica y vida universitaria.

Un agradecimiento fraterno a la Docente Verónica Soria por su gran apoyo en la elaboración de este proyecto técnico, así como la asesoría y predisposición para que el proyecto sea culminado de la mejor manera.

Mesías Miguel Cóndor Guaygua

ÍNDICE DE CONTENIDO

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	I
DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR.....	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	X
RESUMEN.....	XI
ABSTRACT.....	XII
INTRODUCCIÓN	XIII
CAPÍTULO 1.....	1
ANTECEDENTES	1
1.1. Objetivos	1
1.1.1. Objetivo general.....	1
1.1.2. Objetivos específicos	1
1.2. Problema de estudio	1
1.3. Justificación.....	2
1.4. Grupo objetivo	2
1.5. Planteamiento del problema.....	2
CAPÍTULO 2.....	4
MARCO TEÓRICO	4
2.1. El Robo	4
2.2. El Hurto.....	4
2.3. Servicio Móvil Avanzado (SMA).....	5
2.4. Estímulo Aversivo	6
2.4.1. La Evitación	6
2.4.2. El Castigo.....	7
2.5. Descarga Eléctrica.....	7
2.6. El Convertidor elevador Boots (DC a DC).....	9
2.7. Elementos del convertidor Boots.....	11

2.7.1.	El Inductor.....	11
2.7.2.	El Capacitor.....	12
2.7.3.	El Diodo	12
2.7.4.	El MOSFET	12
2.8.	Comunicación Inalámbrica	13
2.9.	La Radiofrecuencia	13
2.9.1.	Uso del Espectro Radioeléctrico	13
2.10.	Módulos RF de 433 MHz	14
2.10.1.	Transmisión por RF en la banda de 433 MHz	14
2.10.2.	Módulo Emisor	15
2.10.3.	Módulo Receptor.....	16
2.10.4.	Modulación empleada por los Módulos de RF de 433 MHz	16
2.10.5.	Modulación ASK	16
2.10.6.	Demodulación ASK	17
2.11.	Microcontrolador	18
2.12.	MikroC PRO for PIC	19
2.13.	Software de simulación Proteus.....	20
2.14.	Software de simulación SolidWords.....	20
2.15.	Software de simulación CADFEKO	21
	CAPÍTULO 3.....	22
	DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO ANTIRROBO PARA	
	TELÉFONOS CELULARES.....	22
3.1.	Derechos Humanos y Estímulos aversivos	22
3.2.	Normativa Legal del Ecuador	24
3.3.	Diagrama general de funcionamiento	28
3.4.	Etapa 1 Set de Mando (Botones/Entradas).....	30
3.4.1.	Botón 1: (ON/OFF)	30
3.4.2.	Botón 2: (AS4A)	31
3.4.3.	Botón 3: (AS4D)	31
3.4.4.	Botones 4 y 5: (DE)	32
3.5.	Etapa 2 Microcontrolador 16F628A en Emisor y Receptor.....	34
3.5.1.	Características del Microcontrolador 16F628A.....	34
3.5.2.	Microcontrolador 16F628A en el Emisor	36
3.5.3.	Programación del Microcontrolador 16F628A en el Emisor.....	36

3.5.4.	Microcontrolador 16F628A en el Receptor	43
3.5.5.	Programación del Microcontrolador 16F628A en el Receptor	43
3.6.	Etapa 3 Módulos RF de 433MHz Emisor y Receptor.....	49
3.6.1.	Módulo RF de 433MHz Emisor modelo STX882 V1.2	49
3.6.2.	Módulo RF de 433MHz Receptor modelo SRX882 V1.3	50
3.7.	Etapa 4 Antenas Emisor y Receptor.....	51
3.7.1.	Cálculo de las Antenas Emisor y Receptor	53
3.7.2.	Simulación de la antena helicoidal.....	58
3.8.	Etapa 5 Actuadores y Convertidor Boots.....	59
3.8.1.	Secuencia de leds y señal audible	60
3.8.2.	Diseño del convertidor Boots (Elevador).....	60
3.8.3.	Análisis cuando el MOSFET Q1 está conduciendo (ON)	61
3.8.4.	Análisis cuando el MOSFET Q1 no está en conducción (OFF)	62
3.8.5.	Relación entre el voltaje de entrada y el voltaje de salida	63
3.8.6.	Expresión para el cálculo del valor del Inductor.....	64
3.8.7.	Expresión para el cálculo del valor del Capacitor.....	66
3.8.8.	Cálculo de los valores del inductor y capacitor	68
3.8.9.	Ajuste del valor de capacitancia.....	69
3.9.	Diseño de la estructura del Emisor (Pulsera)	70
3.10.	Diseño de la estructura del Receptor (Estuche)	72
	CAPÍTULO 4.....	74
	ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	74
4.1.	Resultados y ajuste de la curva del capacitor.....	74
4.2.	Circuito del sistema electrónico antirrobo de teléfonos celulares.....	76
4.3.	Costo de implementación.....	79
	CONCLUSIONES	82
	RECOMENDACIONES	84
	REFERENCIAS	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Diagrama de sectores de operadoras en Ecuador	5
Figura 2.2. Convertidor elevador Boots	10
Figura 2.3. Convertidor elevador Boots primera fase	10
Figura 2.4. Convertidor elevador Boots segunda fase	11
Figura 2.5. MOSFET tipo N	13
Figura 2.6. Bloque de activación del emisor	15
Figura 2.7. Bloque de las etapas del receptor	16
Figura 2.8. Modulación ASK/OOK	17
Figura 2.9. Demodulación ASK	18
Figura 2.10. Diagrama de bloques de un microcontrolador	19
Figura 2.11. Pasos de programación en MikroC PRO for PIC	20
Figura 2.12. Script de Interfaz de SolidWorks	21
Figura 2.13. Script de Interfaz de CADFEKO	21
Figura 3.14. Dispositivos Taser	24
Figura 3.15. Diagrama general de funcionamiento	29
Figura 3.16. Set de botones de control	33
Figura 3.17. Microcontrolador 16F628A	35
Figura 3.18. Microcontrolador en el Emisor	36
Figura 3.19. Diagrama de flujo del emisor	37
Figura 3.20. Declaración de las variables y pines del microcontrolador	38
Figura 3.21. Encendido y apagado del sistema	39
Figura 3.22. Activación de la alarma y leds	41
Figura 3.23. Activación de la Descarga Eléctrica	42
Figura 3.24. Microcontrolador en el Receptor	43
Figura 3.25. Diagrama de flujo del receptor	44
Figura 3.26. Variables globales y funciones	45
Figura 3.27. Declaración de pines y habilitación de librerías	46
Figura 3.28. Ejecución para la secuencia de leds y la señal audible	47
Figura 3.29. Ejecución para el parpadeo de leds	48
Figura 3.30. Módulo Emisor RF de 433MHz	49
Figura 3.31. Módulo Receptor RF de 433MHz	50
Figura 3.32. Antenas para los módulos	52

Figura 3.33. Geometría de la antena helicoidal.....	54
Figura 3.34. Longitud de una espira.....	54
Figura 3.35. Valores de la longitud L_0 y alfa (α)	56
Figura 3.36. Creación de las variables en CADFEKO.....	58
Figura 3.37. Creación de la helicoidal en CADFEKO.....	59
Figura 3.38. Patrón de radiación de la antena helicoidal	59
Figura 3.39. Circuito de la secuencia de leds y señal audible.....	60
Figura 3.40. Curvas de conmutación de Voltaje y corriente.....	61
Figura 3.41. Circuito convertidor Boots (ON).....	61
Figura 3.42. Circuito convertidor Boots (OFF)	62
Figura 3.43. Curva de corriente del capacitor	67
Figura 3.44. Pulsera emisor y la tapa posterior.....	71
Figura 3.45. Pulsera emisor vista superior y lateral	71
Figura 3.46. Estuche receptor vistas isométricas	72
Figura 3.47. Estuche receptor vista frontal y posterior	72
Figura 3.48. Estuche receptor vistas superior, inferior y laterales	73
Figura 3.49. Compartimento para las pilas de botón	73
Figura 4.50. Convertidor Boots sin carga activa.....	74
Figura 4.51. Curva del Convertidor Boots sin carga activa	75
Figura 4.52. Convertidor Boots con carga activa.....	75
Figura 4.53. Curva del Convertidor Boots con carga activa	76
Figura 4.54. Circuito antirrobo de teléfonos celulares en ISIS	77
Figura 4.55. Circuito de la PCB del Emisor en ARES	78
Figura 4.56. Circuito de la PCB en 3D del Emisor en ARES.....	78
Figura 4.57. Circuito de la PCB del Receptor en ARES.....	78
Figura 4.58. Circuito de la PCB en 3D del Receptor en ARES.....	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Niveles de intensidad de corriente y efectos causados	9
Tabla 3.2. Impedancia del cuerpo humano	26
Tabla 3.3. Parámetros seleccionados para el diseño	27
Tabla 3.4. Características del PIC 16F628A.....	35
Tabla 3.5. Características del módulo Emisor	50
Tabla 3.6. Características del módulo Receptor.....	51
Tabla 3.7. Especificaciones técnicas de las antenas.....	52
Tabla 3.8. Potencia de transmisión del módulo	52
Tabla 3.9. Características físicas de las antenas.....	53
Tabla 4.10. Elementos electrónicos para el sistema.....	80
Tabla 4.11. Costo de impresión de los diseños	81

RESUMEN

El presente proyecto técnico, diseño de un sistema electrónico antirrobo de teléfonos celulares consta de dos partes fundamentales, de un control y de un actuador, para entender de mejor manera el funcionamiento del sistema, se lo ha puesto en los escenarios más habituales en los cuales son recurrentes los hurtos y robos en modalidad de arrebato.

El primer escenario se presenta en lugares pequeños donde existe aglomeración de personas, y por lo general en el transporte público, es ahí donde suele suscitarse con mayor frecuencia el hurto de teléfonos celulares, para ello se procede la búsqueda del móvil por medio de una señal audible emitida por el estuche que forma parte del sistema electrónico antirrobo, y se encuentra adherido al teléfono sustraído, dicha señal será activada desde un dispositivo emisor (pulsera), por comunicación de radiofrecuencia entre la pulsera y estuche, la pulsera la tendrá el dueño legítimo del móvil sustraído, desde la cual comandará las acciones del estuche, para así proceder a la búsqueda del teléfono celular.

El segundo escenario se presenta en lugares poco concurridos o cuando la víctima está distraída con su teléfono celular, es ahí donde suele suscitarse el robo por arrebato, para ellos se procederá a la interrupción de la huida del delincuente, mediante la aplicación de un estímulo aversivo (descarga eléctrica), sobre la persona que sustrajo el teléfono móvil, este estímulo será emitido por el estuche, y controlado por el dispositivo emisor que posee el dueño del teléfono móvil sustraído.

ABSTRACT

This technical project, the design of an electronic anti-theft system of mobile phones, consists of two fundamental parts: transmitter control, and an actuator. To better understand the operation of the system, it has been set in the most common scenarios in which tearing-style thefts and robberies are recurrent.

The first scenario occurs in small places with large crowding, being public transportation the most common example as we know it is there where the theft of cell phones tends to occur more frequently. For this scenario, the search for the mobile phone depends on an audible signal emitted by the phone case that is part of the electronic anti-theft system and is attached to the stolen phone. This signal will be activated from a transmitting device (bracelet), by radio frequency communication between the bracelet and the phone case. The legitimate owner of the stolen mobile will have the bracelet, which will be used to command the actions in the phone case, as the search for the mobile phone continues.

The second scenario occurs in little crowded places or when the victim is distracted by using the mobile phone, it is there where snatching usually occurs. The escape of the criminal will be interrupted by applying an aversive stimulus (electric shock) on the person who stole the mobile phone. This stimulus will be emitted by the phone case and controlled with the bracelet worn by the owner of the stolen mobile phone.

INTRODUCCIÓN

El diseño del sistema electrónico para la mitigación de hurto y robo por arrebatamiento de teléfonos celulares en sitios públicos, privados y medios de transporte en la ciudad de Quito, pretende proveer ayuda al usuario en caso de ser víctima de algún percance con su dispositivo móvil, por parte de un delincuente en alguna de las dos modalidades mencionadas.

En la actualidad en Ecuador aún no existe algún dispositivo que permita aplacar o evitar la pérdida de los dispositivos móviles por hurto o robo, y siendo este delito el más concurrente en la ciudad de Quito, por ellos se ha diseñado este dispositivo electrónico que permitirá mitigar este delito, y así proteger el teléfono celular de alguna eventualidad que pudiera ocurrir, en el transcurso de las actividades diarias o cotidianas.

El diseño del sistema está formado de dos partes fundamentales, de un dispositivo emisor el cual tendrá forma de un reloj de pulsera, y de un dispositivo receptor en forma de estuche para teléfono celular, para este diseño se tomó la arquitectura física de un teléfono Huawei y5 2017. Además, se utilizará la radiofrecuencia para que exista una comunicación inalámbrica entre emisor y receptor.

Para lograr plasmar el diseño electrónico antirrobo de celulares ha sido necesario la creación de 4 capítulos: El capítulo primero consta de los objetivos tanto específicos como el objetivo general que se desea alcanzar, así como el planteamiento del problema y la justificación. El capítulo segundo consta de los conceptos que conlleva este proyecto técnico, así como los componentes que serán utilizados en el diseño del sistema antirrobo y de los softwares que serán utilizados para la simulación del sistema. El capítulo tercero presenta el desarrollo del sistema antirrobo desde la normativa legal y de derechos humanos, el diagrama general de funcionamiento, la simulación de los circuitos electrónicos junto con su respectiva programación, y por último el diseño de la estructura física del emisor y receptor realizadas en el software SolidWorks. Por último, en el capítulo cuarto se observa el análisis, las conclusiones y recomendaciones en cuanto al diseño del sistema antirrobo de teléfonos celulares.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Diseñar un sistema electrónico para la mitigación del robo de teléfonos celulares, mediante estímulos aversivos controlados por radiofrecuencia, en sitios públicos, privados y medios de transporte en la ciudad de Quito.

1.1.2. Objetivos específicos

- Analizar la normativa vigente nacional y de derechos humanos en cuanto al uso de estímulos aversivos para la determinación de los parámetros que debe cumplir el sistema.
- Diseñar un sistema electrónico antirrobo para mitigar la sustracción de teléfonos celulares utilizando estímulos aversivos considerando la estructura del celular.
- Simular el diseño propuesto para la verificación del funcionamiento del sistema electrónico antirrobo de teléfonos celulares.
- Analizar los costos de implementación para un futuro uso práctico del sistema electrónico antirrobo de teléfonos celulares.

1.2. Problema de estudio

Uno de los inconvenientes más observados en la ciudad de Quito es el hurto y robo de las pertenencias a los ciudadanos en lugares públicos. Los delincuentes realizan estas actividades ilícitas, encubriéndolas en problemas sociales como pobreza, la falta de plazas laborales, adicciones o muchas veces son actividades aprendidas desde sus hogares, además estas acciones son vistas como un camino fácil y rápido para la obtención de recursos que cubrirán sus necesidades. Por otra parte, el aumento de la población migrante este último año 2019, ha ocasionado que estos hechos delictivos se agudicen ya que ingresan delincuentes en estos grupos vulnerables. Debido a todas estas circunstancias ha incrementado el hurto y robo de teléfonos celulares, como uno de los más apetecibles dispositivos de comercialización en el mercado negro.

Por consiguiente, es preciso la utilización de algún sistema para mitigar el hurto y robo de los dispositivos móviles en la ciudad de Quito.

1.3. Justificación

El presente proyecto tiene la finalidad de mitigar el robo de teléfonos celulares en sitios públicos, privados y medios de transporte en la ciudad de Quito, ya que esta problemática es diaria y afecta a todas las personas sin exclusión de raza, género, edad y clase social, que con mucho esfuerzo adquieren estos dispositivos que presentan elevados costos y son primordiales para las actividades diarias, desde el uso de alarmas, redes sociales, llamadas telefónicas, transferencias bancarias y aplicaciones móviles sumamente complejas y por tal motivo no se puede prescindir de él. Por lo tanto, el diseño del sistema electrónico para dispositivos celulares que se presentará como trabajo de titulación, permitirá mitigar el hurto y robo de teléfonos móviles en sitios públicos, privados y medios de transporte en la ciudad de Quito, mediante un estímulo aversivo controlado por radiofrecuencia, que obligará al delincuente a desprenderse del móvil sustraído.

1.4. Grupo objetivo

Grupo objetivo directo son los ciudadanos del distrito metropolitano de la ciudad de Quito, y el grupo objetivo indirecto incluye a docentes y estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana.

1.5. Planteamiento del problema

Una de las mayores problemáticas que presenta la ciudadanía, es el hurto y robo de su teléfono celular en los lugares públicos. El hurto del teléfono celular de los ciudadanos se manifiesta con mayor frecuencia, cuando la víctima acude a lugares públicos en calidad de cliente, y en este existe una mediana o gran afluencia de consumidores, y en consecuencia el delincuente actúa con la finalidad de apoderarse del dispositivo móvil de la víctima, sin que esta tenga la facilidad de reconocer al victimario gracias a la concurrencia de clientes en los distintos lugares públicos. El robo por arrebatamiento del celular se presenta en su mayoría cuando la víctima se encuentra distraída, y por ende el delincuente aprovecha la situación para apoderarse del móvil.

Por consiguiente, el proyecto técnico ¿Podrá mitigar la acción de hurto o robo por arrebatamiento del dispositivo celular, por medio de estímulos aversivos controlados por radiofrecuencia en sitios públicos, privados y medios de transporte en la ciudad de Quito?

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

En este capítulo 2 se presentará los conceptos y las teorías esenciales que fueron ocupadas para el desarrollo del diseño del sistema electrónico antirrobo de teléfonos celulares, así como los elementos electrónicos que forman parte del diseño a presentar y cada característica que estos aportan al sistema. También se menciona los softwares que son utilizados para lograr la simulación del sistema.

2.1. El Robo

Es una acción o evento donde intervienen dos individuos como mínimo, uno de ellos es el delincuente y el otro la víctima. Este evento es ejecutado por parte del delincuente con el propósito de apoderarse ilegítimamente de las pertenencias de su víctima, por medio de amenazas, intimidación física o verbal y por consecuencia se genera un acto de violencia el cual permitirá consumir el ilícito por parte del delincuente, este accionar desencadena en un daño económico, físico y moral para el propietario del objeto u objetos sustraídos o para la persona que custodia de ellos.

En la actualidad esta práctica se sigue realizando con más ingenio y astucia por parte de los delincuentes, ya que han creado sistemas muy sofisticados de fraude, engaños y timos para apoderarse de algún bien o dinero de la víctima, sin olvidar de los métodos tradicionales usados como es la violencia y la intimidación.

Por tal motivo el Código Orgánico Integral Penal COIP en su Art. 189, separa las penas privativas de libertad sancionatoria que deberá cumplir el delincuente dependiendo del grado de violencia ejercido hacia la víctima, así como el valor o importancia del objeto u objetos que sustrajo. (Asamblea Nacional, 2018, pág. 67)

2.2. El Hurto

El hurto es la acción donde intervenir dos personas como mínimo, una de ellas es el delincuente y la otra es la víctima. El delincuente intentará apoderarse ilegítimamente de un objeto u objetos de su víctima, la cual puede estar presente al instante de consumir el ilícito o por el contrario el evento ocurrirá sin la presencia de la víctima.

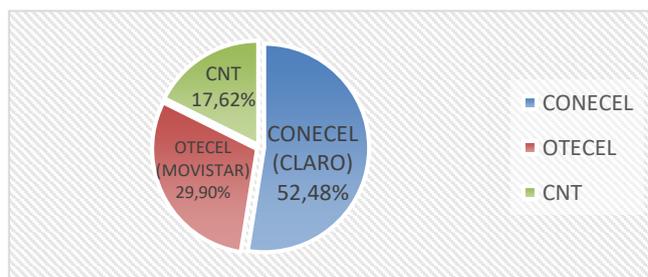
El hurto se caracteriza por que es consumado sin ejercer ningún tipo de amenaza o intimidación ni mucho menos con la utilización de la violencia, ya sea esta física o verbal hacia la víctima. Para que un evento ilícito de hurto siga siendo considerado como tal, no deberá existir fuerza bruta hacia el objeto que el delincuente intenta apoderarse, ni a la víctima, esto está estipulado en el Código Orgánico Integral Penal COIP en el Art.196, ya que las sentencias privativas de libertad para la persona que hurta, son distintas a las sentencias privativas por el ilícito de robo. (Asamblea Nacional, 2018, pág. 68)

2.3. Servicio Móvil Avanzado (SMA)

El servicio móvil avanzado (SMA) es el servicio de telecomunicaciones móviles terrestres, el cual permite a los usuarios de teléfonos celulares poder comunicarse entre ellos mediante llamadas de voz, mensajes de texto, y video llamadas, además le permite tener acceso a la red de redes (Internet) a los usuarios de dispositivos celulares. (ARCOTEL, 2018, pág. 4)

En Ecuador la entidad que regulariza el Servicio Móvil Avanzado es la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL), y las principales operadoras que ofrecen el servicio de comunicaciones para teléfonos móviles son: CNT, OTECEL y CONECEL. Con esta premisa se puede acudir a la ARCOTEL para poder identificar cuál es la densidad de líneas telefónicas móviles, que se encuentran activas en Ecuador, así como el porcentaje de usuarios del Sistema Móvil Avanzado que poseen un teléfono móvil inteligente en el país, esto se da a conocer por medio de tablas estadísticas que presentan en su página oficial.

Figura 2.1. Diagrama de sectores de operadoras en Ecuador.



Porcentaje estadístico del mercado que ocupan las principales operadoras en Ecuador, que prestan el Servicio Móvil Avanzado (SMA). Fuente: (ARCOTEL, 2018, pág. 4)

Por medio de la Figura 2.1 proporcionada por la ARCOTEL se puede visualizar el porcentaje de líneas telefónicas móviles activas en Ecuador, esto hasta la fecha de corte de septiembre de 2018, con un total de 15.548.544 líneas telefónicas activas para teléfonos móviles, así como el porcentaje del mercado que manejan las principales operadoras que ofrecen el Servicio Móvil Avanzada a los usuarios de Ecuador, como son Claro con un 52.48%, Movistar con un 29.90% y CNT con un 17.62%. (ARCOTEL, 2018, pág. 4)

A esto se agrega una infografía presente en la página oficial de ARCOTEL indicando que existe 8.107.337 usuarios del Sistema Móvil Avanzado que poseen un teléfono inteligente (Smartphone), que representa el 46.4%, esto corresponde al mes de junio del año 2017. (ARCOTEL, 2017)

Por consiguiente, se puede aseverar que el mercado de venta y prestación de servicios para teléfonos celulares es muy amplio en el país. Además, se conoce que el robo y hurto de estos dispositivos móviles inteligentes tienen un riesgo muy alto de ser sustraídos ilícitamente por parte de un delincuente. Conociendo esto se puede evidenciar que existe un amplio mercado para un sistema de protección electrónico antirrobo para los dispositivos móviles.

2.4. Estímulo Aversivo

Los estímulos aversivos son hechos que han estado presente en toda nuestra vida, ya que el miedo y el dolor son inevitables en la existencia de todos los seres humanos. Estos estímulos aversivos muchas veces son realidades enseñadas por las generaciones pasadas hacia las presentes, para así poder modificar la conducta de una persona o grupo de ellas, también los estímulos aversivos influyen en la toma de decisiones de las personas ante alguna eventualidad. Existen dos procedimientos para el control aversivo, los cuales son la evitación y el castigo. (Domjan, 2009, pág. 280)

2.4.1. La Evitación

Para un evento donde existe la evitación del estímulo aversivo, se presentará una respuesta específica que debe realizar el individuo, con la finalidad de impedir que la

incitación aversiva aparezca. Un ejemplo de la evitación de un estímulo aversivo, se presenta cuando un individuo utiliza guantes para manipular cables que circulan corriente eléctrica, con la finalidad de evitar cualquier descarga eléctrica hacia él. En este ejemplo la respuesta de evitación es colocarse los guantes para evitar la descarga eléctrica, en consecuencia, si se da la respuesta específica de evitación, el estímulo aversivo no aparecerá por lo que se puede apreciar que existe una relación inversa de presencia, entre la respuesta y el estímulo. (Domjan, 2009, pág. 280)

2.4.2. El Castigo

El procedimiento del castigo es lo contrario de la evitación, ya que en este proceso el estímulo aversivo aparecerá, siempre y cuando la respuesta específica se realice, por tal motivo se puede decir que existe una relación directa de presencia entre la ocurrencia del estímulo aversivo con la respuesta específica. Un ejemplo de esto sería, cuando un hijo desobedece a sus padres así que es muy probable que se desate una reprimenda por parte de los padres al hijo. (Domjan, 2009, pág. 280)

En consecuencia, se puede afirmar que en ambos casos ya sea por la evitación o el castigo los estímulos aversivos cambian la conducta del individuo, la evitación por medio de la realización de una acción específica, y así evitar el estímulo aversivo, y el castigo por medio de aplacar la acción específica para que se minimice la ocurrencia del estímulo aversivo, por tal motivo se llama a la evitación como evitación activa, y al castigo se la denomina como evitación pasiva, siendo en ambas el objetivo la reducción del contacto con el estímulo aversivo. (Domjan, 2009, pág. 280)

2.5. Descarga Eléctrica

La descarga eléctrica se refiere al paso de corriente eléctrica a través del cuerpo de una persona o animal, esto se suscita al instante que el cuerpo de una persona forma parte de un circuito eléctrico, mediante alguna salida de corriente eléctrica que puede ser un tomacorriente, un enchufe o cualquier sistema eléctrico con alguna falla o cable pelado, y al mismo tiempo se está en contacto con algún elemento conectado a tierra. También la descarga eléctrica ocurre cuando un individuo se pone en contacto con las fases de una red eléctrica. Los efectos que puede causar una descarga eléctrica varía dependiendo de la intensidad de corriente, el voltaje y el tiempo de exposición a la

descarga eléctrica, por mencionar las principales variables, los efectos que conlleva una descarga eléctrica, van desde un leve hormigueo hasta la muerte del individuo. (Balcells, Daura, Esparza, & Pallás, 1992, pág. 207)

En la naturaleza el más grande ejemplo de una descarga eléctrica es el rayo que se presenta por la fricción o rozamiento de las nubes, así como también entre las nubes y la tierra. También existe las descargas electrostáticas que es la repentina conducción de corriente eléctrica, con una duración leve que circula entre cuerpos de distinto potencial eléctrico. (Marroquín Santoña, 2005, pág. 1)

En la siguiente Tabla 2.1 se puede apreciar los efectos y lesiones que puede ocasionar la corriente eléctrica en el cuerpo humano, dependiendo de la intensidad de corriente, y el tipo de ella, que puede ser corriente alterna de 50Hz/60Hz o corriente continua. Estos efectos pueden variar dependiendo del estado de salud del individuo que sufra la descarga eléctrica, así como el tiempo de duración, ya que un mayor tiempo de exposición a la descarga eléctrica ocasionará lesiones graves al cuerpo de la víctima.

Tabla 2.1. Niveles de intensidad de corriente y efectos causados.

CORRIENTE ALTERNA (50Hz/60Hz) (mA)	CORRIENTE CONTINUA (mA)	EFFECTOS DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA SOBRE EL CUERPO HUMANO
0,5 - 1	0 - 4	Percepción: De la existencia de tensión sin ninguna reacción.
1 - 3	4 - 15	Sorpresa: Intensidad de reacción muscular. Los músculos reaccionan dejando de asir o separándose inmediatamente del conductor bajo tensión, tocado por la persona.
3 - 21	15 - 80	Acción refleja: Intensidad límite. Una corriente mayor a este límite, impide dejar de asir o separarse del conductor, tocado bajo tensión eléctrica.
21 - 40	80 -160	Contracciones musculares incontroladas: Se pierde el control muscular y en consecuencia los músculos no responden a las órdenes cerebrales, hay fibrilación ventricular en el corazón.
40 - 100	160 - 300	Paro respiratorio: No se puede respirar.
más de 100	más de 300	Usualmente es fatal: Muerte segura.

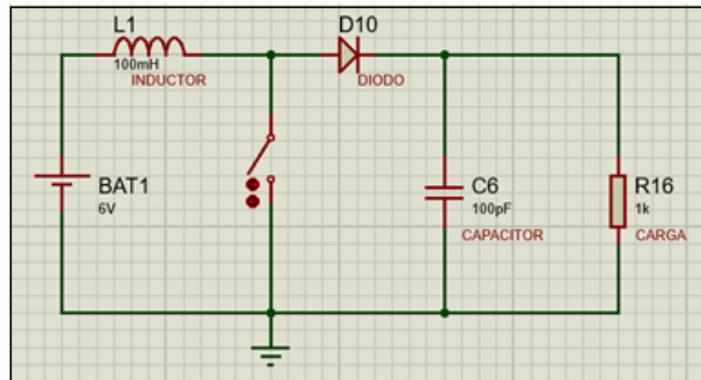
Efectos de la corriente eléctrica sobre el cuerpo humano. Fuente: (Balcells, Daura, Esparza, & Pallás, 1992, pág. 207)

2.6. El Convertidor elevador Boots (DC a DC)

El convertidor boots es un convertidor elevador de corriente directa a corriente directa (DC a DC), a partir de una entrada de voltaje se obtiene una salida de voltaje de mayor magnitud que la entrada, además la polaridad en estos circuitos no cambia, esto se debe a la propia configuración del esquema electrónico. Este convertidor es muy utilizado en circuitos donde se desea el aumento de la tensión, como en fuentes de ordenadores, sistemas que requieren niveles distintos de voltaje a los convencionales, además cuenta con la ventaja que su implementación es de complejidad baja, ya que para su construcción se requiere de dos elementos para almacenar energía, como puede ser un inductor para la primera fase del convertidor, y de un capacitor para la segunda fase.

Además de un elemento semiconductor como es el diodo, y de un interruptor, que dependiendo del estado de este circulará corriente por las distintas mallas del convertidor boots. (Rollón Rodríguez, 2014, pág. 3)

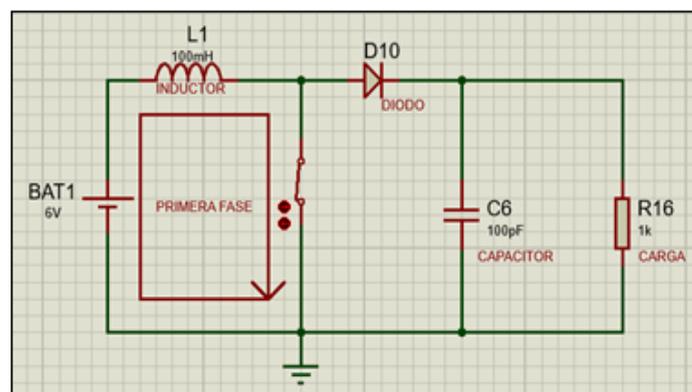
Figura 2.2. Convertidor elevador Boots.



Esquema electrónico de un convertidor elevador boots (DC a DC). Elaborado por: Miguel Córdor.

El funcionamiento del convertidor boots se lo puede definir en dos estados o fases. El primer estado es cuando el interruptor se encuentra cerrado, y la bobina o inductor almacena energía de la fuente como se observa en la Figura 2.3. En el segundo estado el interruptor se abre, y el camino que toma la corriente es a través del diodo cargando al capacitor, para que este pueda ser fuente de alimentación para la carga que será conectada al convertidor boots como se observa en la Figura 2.4.

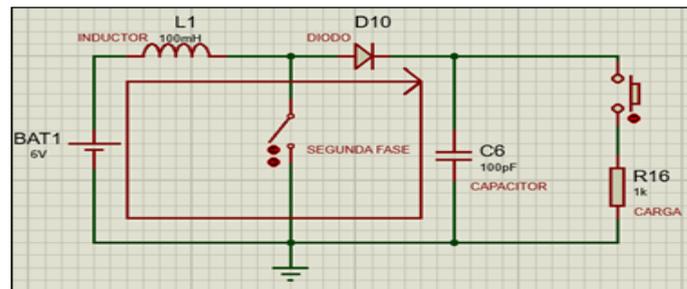
Figura 2.3. Convertidor elevador Boots primera fase.



Esquema electrónico de un convertidor elevador boots (DC a DC), primera fase con el interruptor cerrado, donde almacena energía el inductor. Elaborado por: Miguel Córdor.

Como se puede observar en la Figura 2.4, el capacitor se carga en la segunda fase del convertidor boots, el mismo que será fuente de alimentación para la carga, en el instante que se presione el botón que se encuentra en la misma rama.

Figura 2.4. Convertidor elevador Boots segunda fase.



Esquema electrónico de un convertidor elevador boots (DC a DC), segunda fase con el interruptor abierto, donde se carga el capacitor. Elaborado por: Miguel Córdor.

2.7. Elementos del convertidor Boots

Los elementos principales que forman parte del convertidor boots que se utilizará para el sistema electrónico antirrobo serán, un inductor, un diodo, un capacitor y en lugar del interruptor se empleará un MOSFET, ya que el convertidor boots será controlado por un microcontrolador.

2.7.1. El Inductor

El inductor es un elemento electrónico pasivo que almacena energía en forma de campo magnético, está fabricado de alambre conductor aislado en forma de espiras, y la principal característica en los inductores es la oposición a los cambios bruscos de la corriente que circula por él.

Es por eso que en el convertidor boots cuando se cierre y se abra el interruptor o el MOSFET, el inductor conectado a una fuente de alimentación de corriente continua, intentará mantener el estado anterior. Para medir la oposición del cambio de la corriente en un inductor, se tiene la inductancia cuya unidad es el Henrio (H), y esta dependerá del número de espiras que conforman el inductor, así como el diámetro de la espira, a mayor número de vueltas y diámetro, mayor será el valor de la inductancia que posee el inductor. (Electrónica Unicrom, 2016)

2.7.2. El Capacitor

El capacitor al igual que el inductor es un elemento electrónico pasivo, que almacena energía en forma de campo eléctrico, cuya característica de almacenamiento se la denomina capacitancia y se mide en faradios (F), y sirve para alimentar pequeñas cargas por periodos cortos de tiempo. El capacitor es cargado cuando se conecta a una batería o fuente de alimentación, y se descarga cuando se conecta de manera paralela a una carga. Esta es la característica que se usará para realizar el estímulo aversivo del proyecto técnico. (Rollón Rodríguez, 2014, pág. 14)

2.7.3. El Diodo

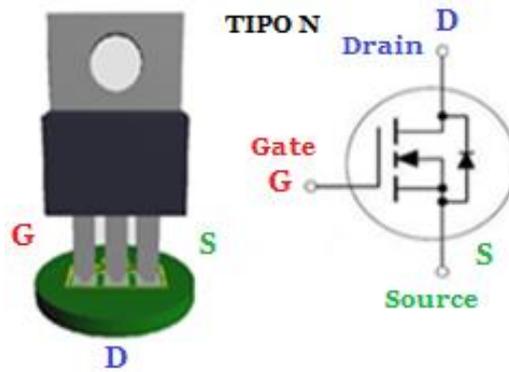
El diodo en el convertidor boots sirve como un interruptor de seguridad al instante que el interruptor o MOSFET se abre para cargar al capacitor, el diodo permitirá el paso de la corriente ya que está polarizado directamente, y bloquea el paso de la corriente en sentido contrario, haciendo que el capacitor solo tenga una manera de descargarse, siendo está a través de la resistencia conectada en paralelo hacia él.

2.7.4. El MOSFET

El MOSFET es un tipo de transistor que posee 3 pines, de los cuales dos de ellos conducen o bloquean el paso de la corriente eléctrica, dependiendo del estado de tensión que posea el otro pin, muy similar a los cruces de ferrocarril.

Los pines del MOSFET se los denomina Drain (D), Source (S), por los cuales conducen o bloquean el paso de la corriente eléctrica, dependiendo de si disponemos una entrada de voltaje por el pin Gate (G), por lo tanto, se dice que el MOSFET es un transistor controlado por una señal de tensión. Es por esta cualidad la que será el reemplazo del interruptor, ya que el sistema electrónico necesita que la activación del convertidor boots, sea controlada por el microcontrolador que forma parte del sistema antirrobo.

Figura 2.5. MOSFET tipo N.



MOSFET (Transistor de efecto de campo metal-óxido-semiconductor) tipo N. Elaborado por: Miguel Córdor.

2.8. Comunicación Inalámbrica

En toda la existencia, la humanidad ha tenido la necesidad de compartir información, y para ello se han facultado de diversos métodos para llevar a cabo dicho objetivo, uno de estos métodos es la radiocomunicación, que permite la transmisión de información por medio de la energía radiada a través de un medio guiado o no guiado, mediante las ondas electromagnéticas propagantes por la materia. (Huidobro Moya & Luque Ordóñez, 2014, pág. 67)

2.9. La Radiofrecuencia

La Radiofrecuencia se refiere a la parte menos energética del espectro electromagnético, que tiene un rango que va desde los 3 hercios (Hz) hasta los 300 gigahercios (GHz), y está dividida en diferentes bandas de frecuencia, las mismas que tienen diversas aplicaciones, y la más habitual es para comunicarse desde una estación de radio, a un vehículo. (Universidad Internacional de Valencia, 2018)

2.9.1. Uso del Espectro Radioeléctrico

El espectro radioeléctrico es un recurso natural limitado que forma parte del espectro electromagnético, y donde se generan las ondas radioeléctricas u ondas hertzianas, por las cuales se transmite información dando paso a una comunicación inalámbrica. Este recurso limitado está en la jurisdicción de cada estado, ya que por medio del espectro radioeléctrico se suministran varios servicios de telecomunicaciones. En Ecuador el

espectro radioeléctrico está considerado como un sector estratégico, dicho esto el estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar el espectro radioeléctrico. Por lo tanto, las empresas o personas no pueden transmitir información por cualquier banda del espectro radioeléctrico. (ARCOTEL, 2017, pág. 18)

2.10. Módulos RF de 433 MHz

Los módulos de radiofrecuencia de 433MHz, permiten incorporar una comunicación inalámbrica a cualquier proyecto que demande un control a distancia, y que disponga de algún microcontrolador, arduino o que posea de ciertos circuitos codificadores y decodificadores.

Además, estos módulos tienen un nivel de complejidad de uso muy baja, un tamaño físico reducido y un precio bastante económico, por lo que lo hace más apetecible y fácil incorporarlo en distintos campos de aplicaciones, con las debidas limitaciones ya que la comunicación que presentan estos módulos es símplex, es decir poseen comunicación unidireccional, enviando datos desde el módulo transmisor hacia el módulo que recepta los datos enviados, sin que este pueda responder con algún mensaje o dato. También otra limitación evidente sería el alcance que poseen los módulos, ya que logran un alcance máximo en condiciones óptimas de hasta 300 metros, con una alimentación de 12 voltios, y con una antena fabricada de cobre de 16.5cm de largo, esto según los fabricantes. (Patagoniatec, 2015)

2.10.1. Transmisión por RF en la banda de 433MHz

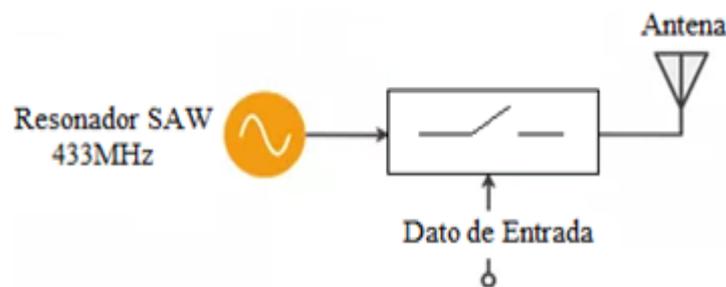
Como ya se conoce el espectro radioeléctrico es un recurso limitado, por lo que es necesario que éste sea regulado, ya que el espectro radioeléctrico rodea y afecta a todas las personas, de manera similar como es el tráfico aéreo que colapsaría si las rutas no estuvieran normadas. Por lo tanto, no se puede transmitir en cualquier banda de frecuencia ya que cada una de ellas tienen diferentes aplicaciones, y están normadas por el estado ecuatoriano, y para poder hacer uso de ellas se debe optar por la obtención de un título habilitante, o de un permiso. (Pizarro Peláez, 2019, pág. 33)

Sin embargo, existen bandas libres y reservadas para uso no comercial en las cuales se puede transmitir, llamadas bandas de frecuencias ISM (Industriales, científicas y médicas) las mismas que no necesitan de títulos habilitantes para su utilización, pero tiene ciertas restricciones y condiciones establecidas en la norma técnica aplicable. Dicho esto, se conoce que la banda de 433MHz es de uso libre por la cual se puede utilizar para la transmisión de datos sin ninguna restricción relevante. (ARCOTEL, 2017, pág. 18)

2.10.2. Módulo Emisor

Existen dos módulos que forman el sistema de emisión y recepción de la comunicación inalámbrica por radiofrecuencia. El módulo emisor es el de menor tamaño por lo general, el cual posee un estructura cuadrada y simple, en la parte inferior del módulo tiene 3 pines uno para alimentación VCC, uno para la entrada de los DATOS y uno para conectarse a GND. También consta de una entrada para soldar una antena en la parte superior izquierda del módulo. Además, consta de un transistor de conmutación y un resonador SAW el mismo que está sintonizado a la frecuencia de 433MHz, este funciona cuando se le aplica una lógica alta, es decir si por el pin de datos ingresa un pulso alto el resonador emite una onda portadora de salida, y por el contrario cuando por el pin de entrada de datos, se aplica una lógica baja o un pulso bajo el resonador dejará de emitir la onda de salida. (Patagoniatec, 2015)

Figura 2.6. Bloque de activación del emisor.

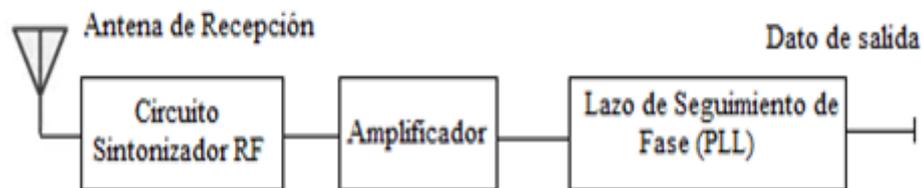


Activación del módulo emisor, la señal del resonador SAW se envía a la antena de propagación cuando existe una entrada lógica alta por el pin de dato. Fuente: (Patagoniatec, 2015)

2.10.3. Módulo Receptor

El módulo receptor de los datos posee un mayor tamaño que el módulo de transmisión, y tiene una estructura física rectangular, que posee una etapa de un circuito sintonizado de radiofrecuencia (RF), una etapa de amplificación, la cual está constituida por amplificadores operacionales, los cuales sirven para la amplificación de la señal portadora recibida. Además consta de un lazo de seguimiento de fase (PLL) donde la fase y la frecuencia son realimentadas, permitiendo obtener una mejor señal de salida decodificada, y con una alta inmunidad al ruido. (Patagoniatec, 2015)

Figura 2.7. Bloque de las etapas del receptor.



Las 3 etapas del módulo receptor de radiofrecuencia de 433MHz. Fuente: (Patagoniatec, 2015)

2.10.4. Modulación empleada por los Módulos RF de 433 MHz

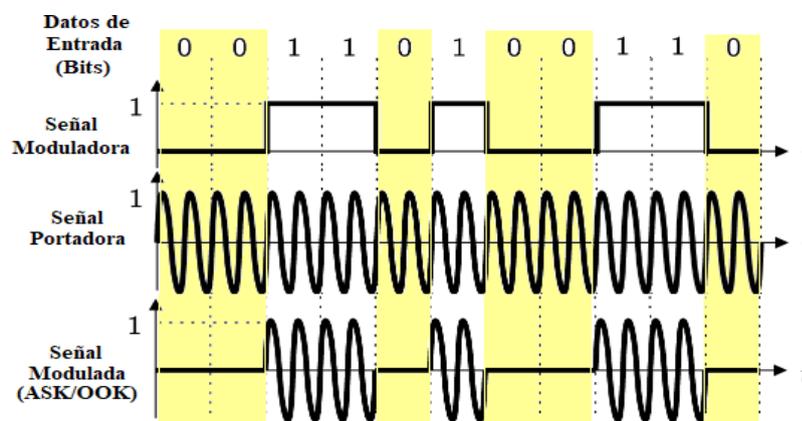
Los módulos de transmisión y recepción de radiofrecuencia (RF) de 433MHz, en su mayoría usan una técnica de modulación digital, nombrada como modulación por desplazamiento de amplitud o ASK, que corresponde a las iniciales de su nombre en inglés Amplitude Shift Keying.

2.10.5. Modulación ASK

Esta modulación digital ASK, no es más que modificar la señal portadora sinusoidal en su amplitud, mediante la información digital que se desea transmitir, dicha modificación de la señal portadora en su amplitud se presenta en 2 niveles o multiniveles, los cuales son determinados de manera directa por la señal de datos binaria, ceros y unos, o también conocida como señal moduladora. (Universidad Don Bosco, 2013, pág. 1)

Como ya se ha mencionado que el esquema de modulación ASK ocasiona que los datos a transmitir modifiquen la señal portadora, para este módulo se tendrá dos niveles de amplitud. Conociendo esto los módulos RF de 433MHz también utilizan lo que se conoce como OOK (On-Off Keying), que es la modulación binaria sencilla que denota la forma más simple de la modulación digital ASK, que transmite señal portadora en presencia de un estado lógico alto, y detiene la transmisión de la señal portadora en un estado lógico bajo de la señal moduladora. (Bolaños, 2011, pág. 5)

Figura 2.8. Modulación ASK/OOK.



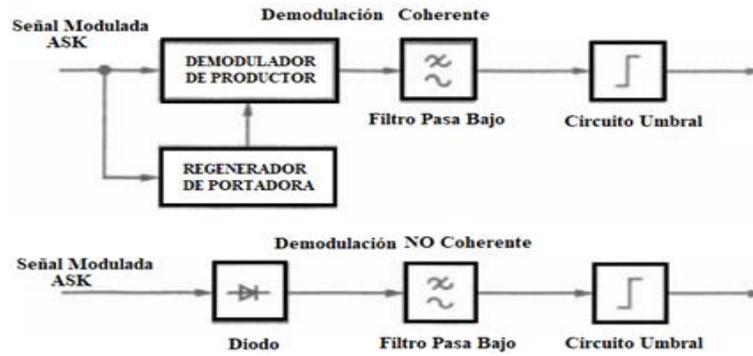
Modulación ASK/OOK del módulo de radiofrecuencia de 433MHz, en 1L transmite y en 0L no transmite. Fuente: (González Ruiz, 2013)

En la Figura 2.8. de la modulación ASK/OOK se puede apreciar que la señal moduladora digital, cuando presenta un dato lógico alto (1L) se transmite la señal modulada, caso contrario cuando existe la presencia de un dato lógico bajo (0L), la señal modulada toma un valor de cero como se aprecia en las partes resaltadas de la figura en cuestión.

2.10.6. Demodulación ASK

La demodulación ASK presenta 2 técnicas una llamada coherente y no coherente, en la modulación coherente se tiene un demodulador de producto, el cual multiplica la señal modulada ASK por una señal portadora generada en el receptor, esto ayuda que tenga una alta inmunidad al ruido que pueda causar interferencia, mientras que, en la demodulación no coherente, la envolvente de la señal modulada ASK es captada por un diodo.

Figura 2.9. Demodulación ASK



Demodulación ASK coherente y demodulación ASK no coherente. Fuente: (Universidad Don Bosco, 2013, pág. 2)

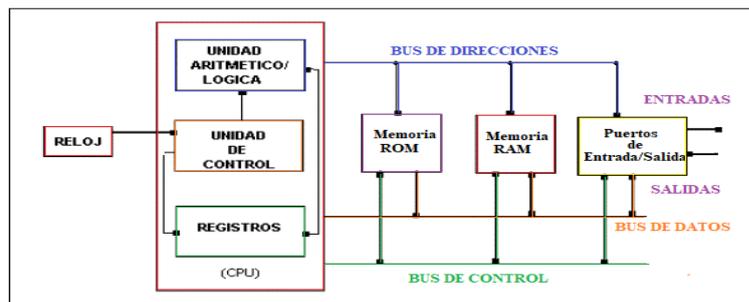
En la Figura 2.9. Se puede apreciar las etapas de la demodulación coherente y la demodulación no coherente, donde la primera etapa es la diferenciación entre ambas modulaciones, ya que después de dicha etapa se observa que las dos demodulaciones disponen de un filtro pasa bajos, para la eliminación de componentes residuales de la portadora, y un circuito umbral que sirve para conformar la señal de los datos transmitidos. (Universidad Don Bosco, 2013, pág. 1)

2.11. El Microcontrolador

El microcontrolador es un dispositivo que posee un sistema cerrado, lo que implica que en un solo encapsulado posee un sistema digital programable, y está destinado a realizar una tarea específica.

Los microcontroladores están formados por bloques muy similares a los de un computador, como es la unidad central de proceso (CPU), memorias (RAM, ROM, Memoria flas), puertos de entradas y salidas para conectarse con periféricos digitales o analógicos, módulos especiales, conversores, un generador de señales de reloj para sincronizar las operaciones del sistema, y muchos bloques más. Para que un microcontrolador posea la mayor cantidad de módulos especiales, conversores, mayor espacio de memoria o más líneas de entradas y salidas, dependerá a que gama o familia pertenezca el microcontrolador, y como es notorio si posee un microcontrolador de gama alta tendrá más prestaciones que uno de gama baja o intermedia, pero su costo será mayor. (Barra Zapata, 2015, págs. 19-20)

Figura 2.10. Diagrama de bloques de un microcontrolador



Esquema básico de un diagrama de bloques de un microcontrolador. Fuente: (ITphone Soluciones, 2013)

2.12. MikroC PRO for PIC

El programa que se usará para la realización de la programación del microcontrolador 16F628A, es un software que se denomina MikroC PRO for PIC, que fue desarrollado por la compañía Mikroelektronika el cual utiliza un lenguaje de programación similar al C estándar, cuya compañía lo ha denominado lenguaje de programación mikroC. (MIKROE, 2020). El proceso que realiza el software MikroC para poder realizar la programación del PIC se puede clasificar en los siguientes 4 puntos importantes:

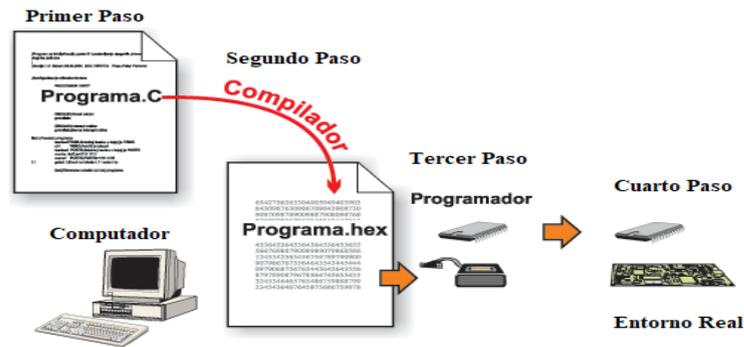
Primero: La creación del programa que correrá en el PIC, el cual tendrá un nombre escogido por el programador, que para este proyecto técnico de simulación se lo denotará como (TRANSMISOR_ANTIRROBO), y se creará un archivo .C con el nombre elegido (TRANSMISOR_ANTIRROBO.c).

Segundo: Cuando se compila el código realizado por el programador, el software crea un segundo archivo, el cual se denotará como TRANSMISOR_ANTIRROBO.hex, si bien crea el archivo con el mismo nombre, pero con diferente extensión.

Tercero: Con este segundo archivo creado por el proceso de compilación con extensión .hex, es el que se usa para poder grabarlo en la memoria del PIC, por medio de un software de simulación de circuitos electrónicos, o mediante un dispositivo llamado programadora de PIC, a través de un puerto USB.

Cuarto: Por último, el microcontrolador ya puede formar parte de una simulación con las características que se ha programado, o bien puede interactuar con el mundo real. (MIKROE, 2020)

Figura 2.11. Pasos de programación en MikroC PRO for PIC



Pasos importantes para ejecutar la programación en MikroC PRO for PIC y grabarla en el microcontrolador. Fuente: (MIKROE, 2020)

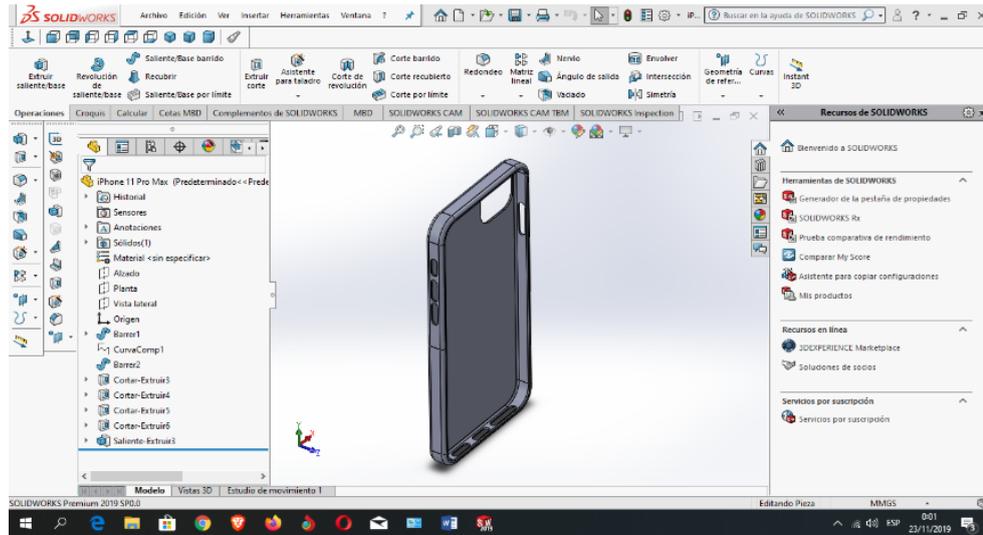
2.13. Software de simulación Proteus

El software proteus permite realizar la simulación de circuitos electrónicos, en varias etapas que consta desde la programación, el esquema del circuito electrónico, y la construcción de las placas de circuitos impresos. Además, este software consta con dos utilidades, ISIS que permite el diseño y simulación de los circuitos electrónicos, y para ello posee más de 6000 librerías de dispositivos analógicos y electrónicos, además este software permite montar librerías adicionales, y ARES que facilita la construcción de las placas de circuitos impresos con la creación de las pistas, y posicionando automáticamente los elementos del circuito. (Enerxia.net, 2019)

2.14. Software de simulación SolidWorks

El software SolidWorks permite al usuario realizar planos en dos dimensiones, o modelamiento de piezas en tres dimensiones, mediante un conjunto de herramientas que ofrece este software de diseño CAD 3D, por sus siglas de Diseño Asistido por Computadora en 3 Dimensiones. (SOLIDBI, 2019)

Figura 2.12. Script de Interfaz de SolidWorks

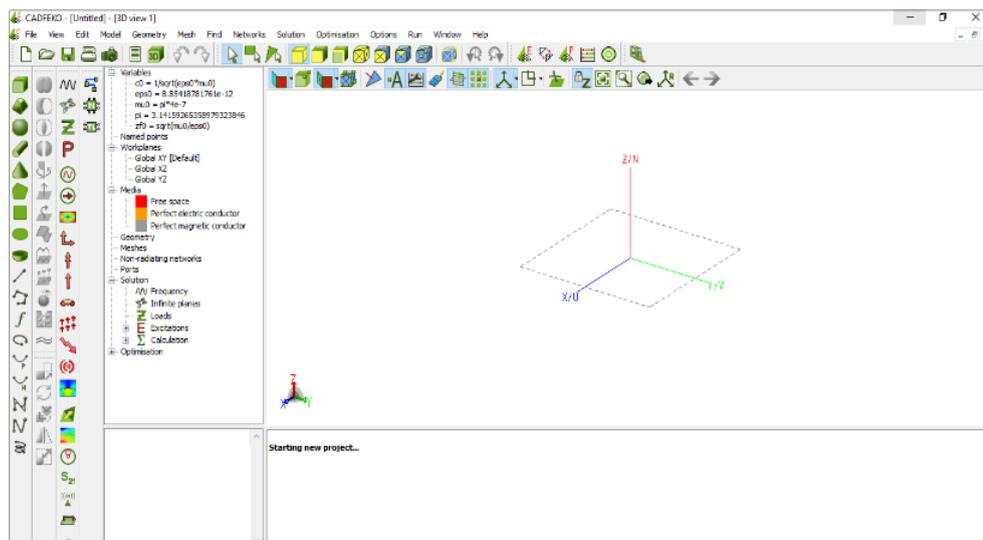


Script de la interfaz de SolidWorks, donde se observa el modelamiento de un estuche (Prueba para el diseño del proyecto técnico). Elaborado por: Miguel Córdor.

2.15. Software de simulación CADFEKO

El software CADFEKO permite realizar la simulación de antenas, partiendo desde la construcción de la estructura geométrica de la antena, y validando si las medidas son correctas y congruentes para la elaboración de la antena en la vida real. También el software permite observar el patrón de radiación, la ganancia de la antena, así como la impedancia de la misma.

Figura 2.13. Script de Interfaz de CADFEKO



Script de la interfaz de CADFEKO donde se observa la ventana principal para iniciar la construcción de la antena a simular. Elaborado por: Miguel Córdor.

CAPÍTULO 3

DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO ANTIRROBO PARA TELÉFONOS CELULARES

En el presente capítulo se efectúa el diseño del sistema electrónico antirrobo para teléfonos celulares, partiendo de la normativa del Ecuador para el uso de dispositivos que emitan estímulos aversivos o similares al planteado, además obtener las características que debe poseer el sistema antirrobo, también se recalcará sobre lo que implica la emisión del estímulo aversivo (descarga eléctrica), sobre una persona que se apodera de un teléfono móvil de manera ilícita, esto desde los derechos humanos.

3.1. Derechos Humanos y Estímulos aversivos

El diseño del sistema antirrobo, tiene como principal acción el emitir un estímulo aversivo para la mitigación de hurto y robo de teléfonos celulares, y mediante este no se llegue a consumir el ilícito por completo, por lo tanto, se debe tomar en cuenta lo que implicaría realizar la descarga del estímulo aversivo sobre la persona que ha sustraído el dispositivo, visto esto desde los derechos humanos. Esta visión a tratar es muy importante ya que los derechos humanos tipifican en la Declaración Universal de derechos Humanos en el artículo 5, que "nadie será sometido a torturas ni a penas o tratos crueles, inhumanos o degradantes." (Naciones Unidas, 2015, pág. 12)

Teniendo en cuenta que la definición de tortura fue emitida en la Convención contra la Tortura y Otros Tratos o Penas Crueles, Inhumanos o Degradantes realizada el 10 de diciembre de 1984, en la que menciona en su artículo 1 que la tortura es todo acto que cause dolor o sufrimiento a una persona y sea provocado de manera intencional, para así lograr un objetivo ya sea confesiones, información o el simple hecho de realizar un castigo por un acto que haya cometido, o se presuma que lo cometió, hay que recalcar que el dolor o sufrimiento puede ser mental o físico (...). (Naciones Unidas , 2018, pág. 1)

Además, lo que tipifica la Declaración Universal de Derechos Humanos en su artículo 5, tiene concordancia con la Constitución de la República del Ecuador en su Capítulo Sexto, Derechos de Libertad, Artículo. 23, numeral 3, inciso c, que menciona sobre el derecho a la integridad personal que incluye "La prohibición de la tortura, la desaparición forzada y los tratos y penas crueles, inhumanos o degradantes." (Asamblea Nacional, 2008, pág. 50)

También, en el Código Orgánico Integral Penal, Sección Segunda, Delitos contra la integridad personal, Artículo. 151, menciona sobre las sanciones a las personas que infrinjan tortura y por consecuencia de ella existan graves dolores o sufrimiento de naturaleza física o mental, y adjudicando una medida sancionatoria para dichas personas, también en el Artículo. 152, se presenta las sanciones por el nivel de la lesión causada, yendo desde lesiones que causarían periodos cortos de incapacidad, hasta la enajenación mental, pérdida de algún sentido, incapacidad permanente o la inutilización de algún órgano. (Asamblea Nacional, 2018, págs. 52-53)

Haciendo hincapié en la definición de tortura que presenta la Convención contra la Tortura y Otros Tratos o Penas Crueles, Inhumanos o Degradantes por la Asamblea General de las Naciones Unidas, se podría mal interpretar dicho concepto y asemejar con la definición según Michael Domjan, presentada previamente del estímulo aversivo sobre el que se asienta el funcionamiento principal del proyecto técnico, ya que esta causará una leve molestia de dolor de baja intensidad y de duración mínima por la aplicación de la descarga eléctrica, además su activación es intencional, con el único fin de que el infractor se aleje o suelte el dispositivo móvil que sustrajo. Mas no por razones de castigo, sufrimiento o trato inhumano por el acto cometido, ni mucho menos con el propósito de hacer un daño grave al individuo que cometiese el ilícito de la sustracción del teléfono móvil.

Por consiguiente, el proyecto técnico se manejó con esta delgada línea de conceptos, ya que el estímulo aversivo debe tener las características suficientes para lograr la mitigación del hurto y robo de teléfonos celulares, pero no deberá ocasionar lesiones físicas o mentales al infractor de este delito.

3.2. Normativa Legal del Ecuador

En Ecuador existen dispositivos a la venta al público que emiten descargas eléctricas, y se los denomina taser, las mismas que vienen encapsuladas como: linternas, bastones, toletes, manoplas, labiales, etc.

Estos artículos son usados principalmente como un dispositivo de defensa personal, y dichos artículos son comercializados sin ningún control en el Ecuador.

Figura 3.14. Dispositivos Taser



Modelos más comunes de encapsulación de dispositivos taser, que son comercializados en Ecuador. Elaborado por: Miguel Córdor.

Estos dispositivos taser que se observan en la Figura 3.14 ingresan al país sin ningún control de calidad o previa inspección, siendo el control una manera de conocer las características que poseen y así se pueda normar su uso, ya que muchas de ellas podrían ocasionar lesiones graves, al momento de emitir la descarga eléctrica sobre alguna parte del cuerpo humano. A estos dispositivos también se los ha denominado como armas disuasivas para uso de defensa personal, y si bien el COIP, no emite sanción alguna por la compra o porte de ellos, lo que si sanciona es el cometimiento de algún delito con estos dispositivos taser o armas disuasivas.

En Ecuador el departamento que controla la tenencia y porte de armas letales y no letales, es La Dirección de Logística del Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas, a través del Departamento de Control de Armas en el cual menciona que las armas disuasivas, también se las considera hasta cierto punto como armas no letales.

Esto se puede constatar en el REGLAMENTO A LA LEY SOBRE ARMAS, MUNICIONES, EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS, De las Especies y Actividades Sujetas a Control, Capítulo I, Clasificación de Armas, Artículo. 20.3, inciso b, donde menciona que son armas de uso civil, "Armas electrónicas que produzcan efectos pasajeros sin pérdida de conocimiento". (Reglamento a la ley sobre armas, municiones, explosivos y accesorios, 2015, pág. 13)

Como menciona que estas armas de uso civil están sujetas a control, por lo tanto, en el ACUERDO MINISTERIAL No. 270, señala en la Séptima Disposición General, que las personas que dispongan de armas eléctricas, se les otorgará una certificación correspondiente emitido por el Sistema Nacional de Control de Armas (SINCOAR). (Acuerdo Ministerial No. 270, 2016, pág. 14)

En el mismo acuerdo 270, estipula de manera conceptual lo que es un arma eléctrica, mas no las características que estas deben poseer en rangos de corriente, voltaje o tiempo de exposición a dicha descarga, para que siga siendo considerada como un arma no letal ante las leyes que rigen el Ecuador. Y la define como un instrumento que envía cargas de electricidad sobre una persona para impedir el funcionamiento de los músculos. Su letalidad depende de la intensidad de la descarga eléctrica (...). (Acuerdo Ministerial No. 270, 2016, pág. 24).

Por lo tanto, SINCOAR no especifica las características que debe poseer un arma eléctrica para no infringir algún daño físico o psicológico hacia alguna persona, o el trámite pertinente que otorga el porte de un arma eléctrica, y sabiendo que el sistema electrónico antirrobo entra de manera conceptual en la definición de arma no letal eléctrica. Así como también por parte de los derechos humanos el dispositivo no podrá tener características que generen lesiones graves, ni mucho menos produzca daños permanentes. Por ende, se ha optado que las características que deberá poseer el dispositivo electrónico antirrobo, serán obtenidas por parte de libros referentes al tema.

Para la corriente que circulará en el sistema antirrobo al instante de producir la descarga eléctrica, estará en un rango de 4 a 15 miliamperios de corriente continua, como se puede apreciar en la Tabla 2.1 sobre niveles de intensidad de corriente eléctrica y efectos causados sobre el cuerpo humano. El mismo que se denomina rango de sorpresa, cuya intensidad de corriente continua, produce que los músculos reaccionen inmediatamente con el alejamiento del conductor o dispositivo que emita la descarga eléctrica en este rango. Además, se debe tomar en cuenta la resistencia eléctrica que tiene el cuerpo humano, la misma que depende de varios factores como son: la edad, sexo, estado de salud, temperatura, humedad de la piel, área de la piel en contacto, dureza de la piel, presión de contacto entre otros.

Para el diseño del sistema antirrobo de dispositivos celulares, se ha tomado como resistencia eléctrica del cuerpo humano de 1500 ohmios, en una trayectoria de mano a mano y con la piel seca, que sería un valor medio y las condiciones más comunes al presentarse el ilícito, con una corriente continua de 10 miliamperios a una tensión de contacto de 1000 voltios. Esta tensión es suficientemente grande para que logre fluir la corriente a través del cuerpo del infractor.

El valor que se ha tomado de la resistencia eléctrica del cuerpo humano de 1500 ohmios, se debe a que el 95% de las personas presenta esta resistencia al paso de la corriente continua, esto según el Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España, el cual presenta un documento sobre los efectos de la corriente eléctrica en el organismo. (Pérez Gabarda, pág. 5)

Tabla 3.2. Impedancia del cuerpo humano

Tensión de contacto (V)	Trayectoria mano-mano, piel seca, c. continua superficie de contacto 50-100 cm ²		
	Impedancia total (Ω) del cuerpo humano que no son sobrepasados por el		
	5% de las personas	50% de las personas	95% de las personas
25	2.200	3.875	8.800
50	1.750	2.990	5.300
75	1.510	2.470	4.000
100	1.340	2.070	3.400
125	1.230	1.750	3.000
220	1.000	1.350	2.125
700	750	1.100	1.550
1.000	700	1.050	1.500
valor asintótico	650	750	850

Tabla de impedancias que presenta el cuerpo humano frente al paso de la corriente continua. Fuente: (Pérez Gabarda, pág. 5)

Cabe recalcar que los valores de impedancia que presenta el cuerpo humano, frente al paso de la corriente eléctrica, los cuales se observan en la Tabla 3.2, así como el rango de corriente eléctrica que soporta una persona, sin daños o lesiones, y el voltaje necesario para que la corriente eléctrica pueda a travasar el cuerpo de un individuo, son valores tomados del libro titulado Interferencias electromagnéticas en sistemas electrónicos, y del documento del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España, sobre los efectos de la corriente eléctrica en el organismo.

Esto debido a que el ACUERDO MINISTERIAL 270, sobre el control de armas en Ecuador, donde se presenta la normativa para requerir un permiso de tenencia o porte de armas letales, no letales o para defensa personal, así como las características que estas deben cumplir, en el cual no se especifica ningún valor o dato informativo para las armas no letales eléctricas, como si lo hace en caso de las armas letales especificando el calibre, o en el uso del gas pimienta para defensa personal, en el porcentaje de capsaicina del producto que debe ser igual o menor a 1.3 % .

Por ellos se precisó la toma de valores en los textos antes mencionados, para el desarrollo del sistema electrónico antirrobo de teléfonos celulares, que por definición estaría considerado como parte de un arma no letal eléctrica.

Tabla 3.3. Parámetros seleccionados para el diseño

Parámetros de diseño	Valores
Volteje de Alimentación	6V
Voltaje de Salida	1000V
Corriente de Salida	10mA
Impedancia promedio del cuerpo humano	1500Ω

Tabla de los parámetros de diseño seleccionados para el sistema electrónico antirrobo, para teléfonos celulares. Elaborado por: Miguel Córdor.

3.3. Diagrama general de funcionamiento.

De manera global se indicará las etapas que forman parte del diseño del sistema electrónico antirrobo para teléfonos celulares.

Etapas secuenciales del emisor del diagrama general de funcionamiento:

Set de mando (Botones/Entradas)

- Botón 1 (ON/OFF).
- Botón 2 (AS4A) Activa la Señal audible (Alarma) y Secuencia de 4 Leds.
- Botón 3 (AS4D) Desactiva la Señal audible (Alarma) y Secuencia de 4 Leds.
- Botón 4 (DE) Activa la Descarga Eléctrica en conjunto con botón 5.
- Botón 5 (DE) Activa la Descarga Eléctrica en conjunto con botón 4.

Microcontrolador 16F628A del Emisor

Modulo RF de 433MHz emisor modelo: STX882 V1.2

Antena del Emisor

Etapas secuenciales del receptor del diagrama general de funcionamiento:

Antena del Receptor

Modulo RF de 433MHz receptor modelo: SRX882 V1.3

Microcontrolador 16F628A del Receptor

Actuadores/Salidas

- Señal Audible y Secuencia de leds.
- Circuito de la Descarga Eléctrica (Convertidor Boots).

Figura 3.15. Diagrama general de funcionamiento

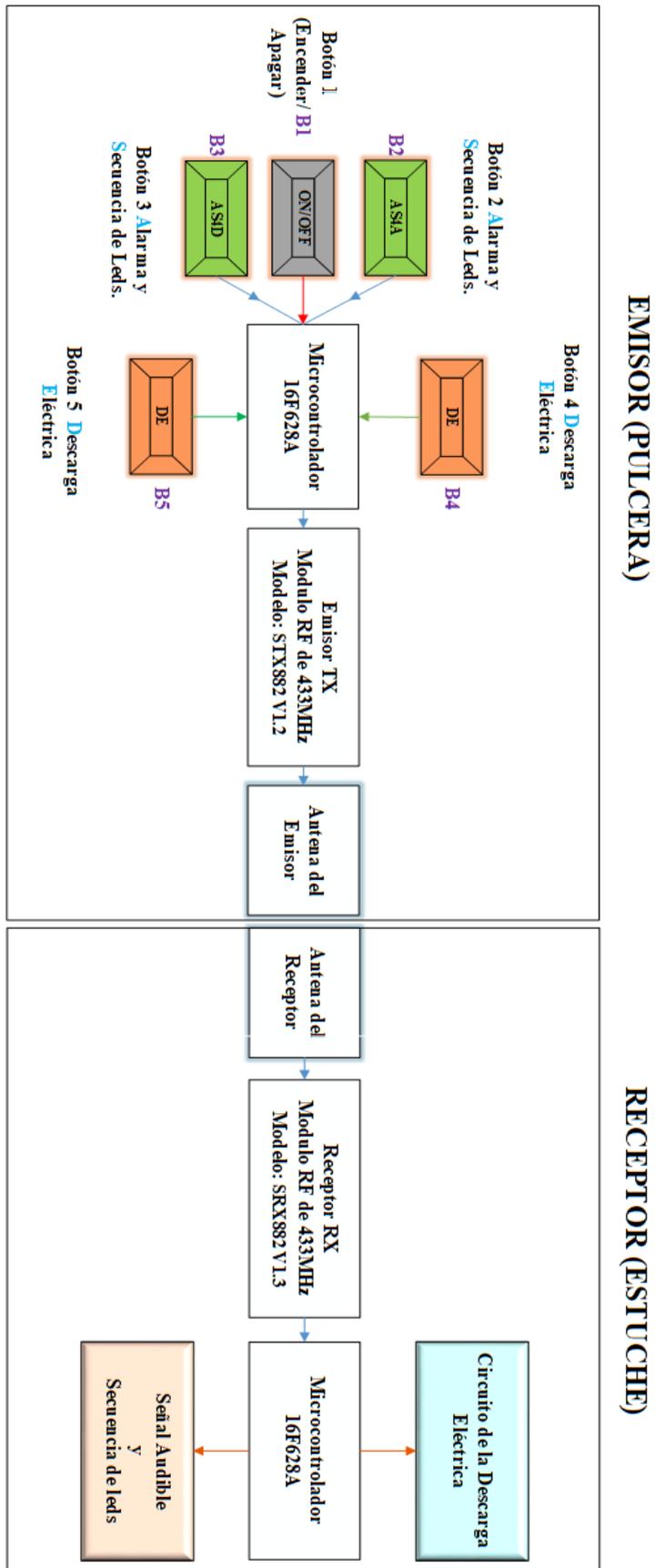


Diagrama de las etapas que forman parte del diseño del sistema electrónico antirobo para teléfono celulares. Elaborado por: Miguel Córdor.

Para entender de mejor manera el diagrama general de funcionamiento del sistema electrónico antirrobo será dividido en 5 etapas principales:

Etapa 1 Set de Mando (Botones/Entradas)

Etapa 2 Microcontrolador 16F628A en Emisor y Receptor

Etapa 3 Módulos RF de 433MHz Emisor y Receptor

Etapa 4 Antenas Emisor y Receptor

Etapa 5 Actuadores y Convertidor Boots

3.4. Etapa 1 Set de Mando (Botones/Entradas)

El set de mando del sistema electrónico antirrobo de teléfonos celulares consta de 5 botones:

3.4.1. Botón 1: (ON/OFF)

Este botón denominado ON/OFF permite encender y apagar el sistema antirrobo de teléfonos celulares, esto lo hace mediante dos pulsaciones, la primera pulsación del botón, activa el sistema para iniciar el envío de datos, y cuando se presiona una segunda vez el sistema se apaga, y deja de enviar datos desde el emisor al receptor.

El botón 1 ON/OFF se localiza en el emisor (Pulsera), parte superior central, y se encuentra marcado con el símbolo denominado “Stand-By”, que representa al 0 y 1 del sistema binario. También dispone de luces piloto para conocer el estado del sistema electrónico, si este se encuentra apagado o encendido. Las luces piloto del botón 1 ON/OFF se encuentran ubicadas una en el emisor y una en el receptor.

La ubicación de la luz piloto en el emisor, se localiza frente al botón 1 ON/OFF la cual es de color verde, y se enciende cuando presionamos dicho botón para el inicio de envío de datos, y se apagará cuando sea presionado este botón una segunda vez, en cuyo instante se detendrá el envío de los datos de operación del sistema. La luz piloto que se ubica en el receptor (Estuche), está ubicada en la parte posterior y es de color verde, y presenta las mismas características que la luz piloto del emisor.

Para activar y desactivar el sistema electrónico en el receptor, se lo hace mediante el envío de dos caracteres, el primer carácter enviado es 'A', y se lo envía cuando se presiona el botón 1 ON/OFF por primera vez, permitiendo la activación, y el segundo carácter enviado es 'B', que desactiva el sistema electrónico cuando se presiona por segunda vez el botón 1 ON/OFF.

3.4.2. Botón 2: (AS4A)

Este botón denominado AS4A por las iniciales de Alarma y Secuencia de 4 leds de Activación, ubicado en el emisor parte superior derecha, junto al botón de encendido (ON/OFF). Por otro lado, los 4 leds se encuentran ubicados en el receptor, distribuidos uno en cada lado del mismo que tiene forma rectangular, además están colocados de manera intercalada, ya que se posee dos leds de color rojo, y dos leds de color azul.

Estos colores se los eligió por la notoriedad que son los usados en las sirenas de los carros de emergencia, el color rojo por la representación del peligro, y el color azul por el mejor contraste con el rojo, ya que se encuentra al otro lado del espectro visible.

El botón 2 AS4A también se encuentra marcado con un símbolo de campana con el signo positivo en su interior, y este botón permite la activación de una señal audible ubicada en el receptor mediante comunicación de radiofrecuencia, esto con la finalidad de poder ubicar el dispositivo sustraído mediante el sonido, y además ayudado de manera visual por una secuencia de 4 leds en sentido horario y anti horario, con 5 repeticiones en cada sentido, y 30 intermitencias en pares de los leds, con un tiempo de duración de la secuencia total de 20 segundos, la misma que seguirá repitiéndose hasta que se interrumpa la secuencia, o se apague el sistema. Para activar la secuencia de los 4 leds y la señal audible el botón 2 AS4A, envía el carácter 'C'.

3.4.3. Botón 3: (AS4D)

Este botón denominado AS4D por las iniciales de Alarma y Secuencia de 4 leds de Desactivación, ubicado en el emisor parte superior izquierda junto al botón de encendido (ON/OFF). AS4D también se encuentra marcado con un símbolo de campana con el signo negativo en su interior.

El botón 3 AS4D permite interrumpir la secuencia de los 4 leds y la señal audible en cualquier instante, esto con el fin de parar estas señales una vez encontrado el teléfono celular, o a su vez pueda activarse la descarga eléctrica a la par de estas señales leves de búsqueda. Para desactivar la secuencia de los 4 leds y la señal audible, o realizar la interrupción, el botón 3 AS4D envía el carácter 'I'.

3.4.4. Botones 4 y 5: (DE)

Estos botones denominados DE por las iniciales de Descarga Eléctrica, activan y desactivan el estímulo aversivo y se encuentran ubicados en el emisor partes laterales frontal y posterior, asignados con un símbolo de rayo de peligro Alto Voltaje. Dicha descarga eléctrica solo podrá ser activada cuando botón 4 y botón 5 estén enviando un estado lógico alto, de esta manera se puede ofrecer un grado de seguridad para la activación de la descarga eléctrica, ya que si se activa con un solo botón se corre el riesgo de activaciones involuntarias que pueden causar efectos no deseados. Para activar la descarga eléctrica se envía el carácter 'D' por 2 segundos, pasado ese tiempo se enviará el carácter 'E' con el cual se desactiva la descarga eléctrica.

También estos botones 4 y 5 disponen de una señalización visual (leds), independiente para cada botón, y así poder conocer el estado de los mismos, ya que los leds se activan cuando se esté enviando un estado lógico alto, o caso contrario permanecerán apagados. Además, estos leds no se desactivarán aun cuando el sistema electrónico se apague, esto con el fin de prevenir al usuario que alguno de los dos botones 4 o 5 siguen enclavados y así proveer de una alerta de precaución. La ubicación de estos leds de señalización es en la parte superior de la pulsera, y son de color rojo.

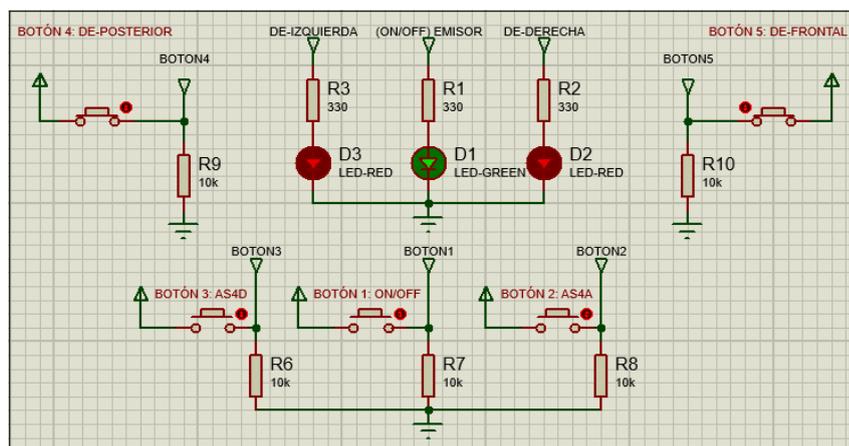
Existe una consideración muy relevante en el tiempo que durará la descarga eléctrica, la cual debe ser perceptible para el ser humano, pero de duración mínima, este tiempo será de 2 segundos como máximo, ya que no se puede permitir que un estímulo aversivo pueda causar un daño grave por exposición prolongada hacia él. Para ello se tiene que, si por algún daño mecánico que pudiera presentar en los botones 4 y 5, y estos quedarán presionados al mismo tiempo, la descarga eléctrica se activará y desactivará con duración de 2 segundos, en cada estado de manera secuencial.

Esto con la finalidad de permitir al delincuente que se aleje del teléfono móvil, y no lo vuelva a coger ya que retornará la descarga eléctrica después de transcurrir los 2 segundos del estado lógico bajo.

Consideraciones globales que se tiene con el sistema antirrobo es que, si por algún motivo dos o más botones se quedan enclavados de manera física, se puede detener el sistema con el botón 1 manteniéndolo presionado por 2 o más segundos. Ahora bien, si el sistema antirrobo está ejecutando la descarga eléctrica, y se desea activar la secuencia de leds junto con la señal audible al mismo tiempo que el estímulo aversivo, se lo hará mediante el botón 2 presionándolo por 2 o más segundos, y se desactivará al presionar el botón 3 el mismo tiempo.

Este tiempo se debe a que cada 2 segundo se envía una cadena de caracteres diferentes en la descarga eléctrica, 'D' y 'E', por la circunstancia del enclavamiento de los botones 4 y 5, por ende, para detener este envío infinito de caracteres se opta por mandar una cadena diferente de caracteres con una duración mayor, y así obligar a salir del bucle que se encuentra el sistema antirrobo.

Figura 3.16. Set de botones de control.



Script del software de simulación proteus v8.6 SP2 del set de botones de control del sistema electrónico antirrobo, y las señales visuales ubicadas en el emisor (Pulsera). Elaborado por: Miguel Córdor

En la Figura 3.16 se puede apreciar los 5 botones que forman parte del emisor del sistema antirrobo, realizado en el software de simulación proteus v8.6 SP2. También se puede observar los 3 leds de señalización que tiene dicho emisor.

3.5. Etapa 2 Microcontrolador 16F628A en Emisor y Receptor

En esta segunda etapa se conectan los periféricos que formarán parte del sistema electrónico antirrobo, ya sean estos de entrada o salida, y van conectados a un microcontrolador 16F628A, tanto en el emisor como en el receptor, ya que se manejará un microcontrolador en el emisor y uno en el receptor. También en se realiza el proceso de envío y recepción de los caracteres que sirven para el mando y control del sistema, esto mediante comunicación de radiofrecuencia, ayudados por los módulos RF de 433MHz.

Para poder ampliar y explicar de mejor manera la función de cada microcontrolador, las características que poseen, los periféricos que van conectados al microcontrolador tanto en el emisor como el receptor y la programación que poseen, la etapa 2 se dividirá en 5 partes:

- Características del microcontrolador 16F628A.
- Microcontrolador 16F628A en el Emisor.
- Programación del Microcontrolador 16F628A en el Emisor.
- Microcontrolador 16F628A en el Receptor.
- Programación del Microcontrolador 16F628A en el Receptor.

3.5.1. Características del Microcontrolador 16F628A

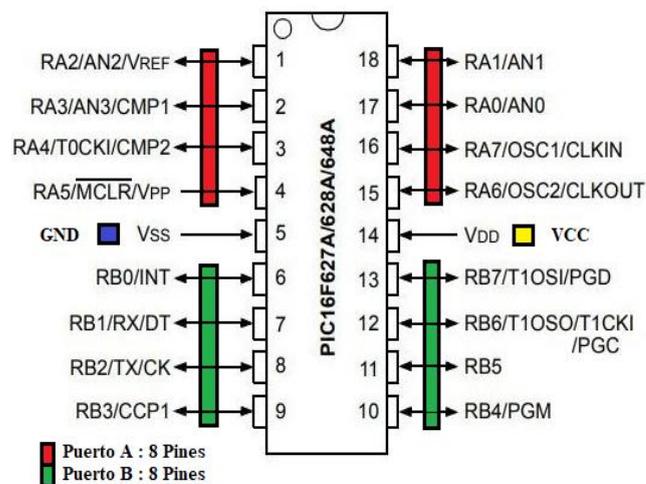
El microcontrolador 16F628A tiene una estructura física rectangular, y posee una distribución de 18 pines, los cuales se ubican en los lados de mayor dimensión, 9 pines en cada lado, además posee una arquitectura RISC que es un Grupo reducido de instrucciones para computadoras, eso quiere decir que el PIC (Circuito Integrado Programable) 16F628A posee un número limitado de instrucciones sencillas para su ejecución. (MICROCHIP, 2004, pág. 5)

Tabla 3.4. Características del PIC 16F628A

Características	Valor o Rango
RISC	35 Instrucciones
Frecuencia Máxima de Operación	20 MHz
Oscilador Interno (INTOSC, XT)	4 MHz
Memoria de programa flash (words)	2048
Memoria de datos RAM	224 bytes
Memoria de datos EEPROM	128 bytes
Módulo temporizador	3 (TMR0,TMR1,TRM2)
Comparador(s)	2
Módulos de captura/comparación/PWM	1
Comunicación Serial	USART
Referencia interna de voltaje	SI
Resistencias de pull-ups programables	Puerto B
Fuentes de interrupción	10
Pines de Entrada /Salida	16
Corriente máxima de los 16 pines	25 mA
Rango de voltaje (V)	3.0 V - 5.5 V
Brown-out Reset	SI

Características de operación del microcontrolador 16F628A. Fuente: (MICROCHIP, 2004, pág. 5)

Figura 3.17. Microcontrolador 16F628A

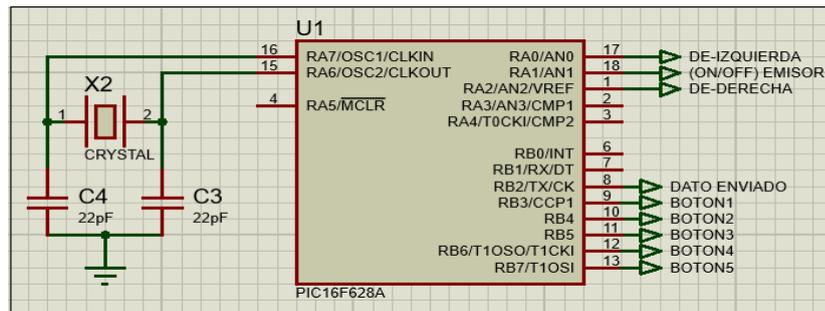


El microcontrolador 16F628A posee dos puertos A y B como se puede apreciar. Fuente: (MICROCHIP, 2004, pág. 2)

3.5.2. Microcontrolador 16F628A en el Emisor

El microcontrolador 16F628A en el emisor se conecta con los 5 botones que forman parte del sistema, estos como periféricos de entrada, y 3 leds de señalización como periféricos de salida, además cuenta con la conexión del módulo emisor RF de 433MHz del modelo **STX882 V1.2** en el pin RX (B2).

Figura 3.18. Microcontrolador en el Emisor.



Script del software de simulación proteus v8.6 SP2 del microcontrolador 16F628A, del emisor (Pulsera).
Elaborado por: Miguel C3ndor

Como se puede apreciar en la Figura 3.18, los 5 botones del sistema se ubican desde el pin 3 al pin 7 del puerto B del microcontrolador en orden ascendente, y los 3 leds que son las se1ales visuales del emisor est1an conectadas al puerto A, desde el pin 0 al pin 2. Adem1as, en el pin 2 del puerto B va conectado el m3dulo emisor de radiofrecuencia, ya que este pin tambi3n se denomina TX y se utiliza para la transmisi3n de datos por comunicaci3n serial.

Adicional se observa la conexi3n de un cristal de cuarzo de 4MHz que se conecta paralelamente a los pines 6 y 7 del puerto A, con aterrizaje a tierra a trav3s de capacitores de 22pF conectados en serie a continuaci3n del cristal, a esta configuraci3n se la denomina oscilador XT, la cual tiene un consumo medio de corriente en comparaci3n con otras configuraciones de osciladores, y sirve para indicar a qu3 velocidad va a trabajar el microcontrolador.

3.5.3. Programaci3n del Microcontrolador 16F628A en el Emisor

A continuaci3n, se explica cada parte de la programaci3n del sistema antirrobo del emisor, la misma que est1 dividida en 4 secciones, con su respectivo diagrama de flujo.

Figura 3.19. Diagrama de flujo del emisor.

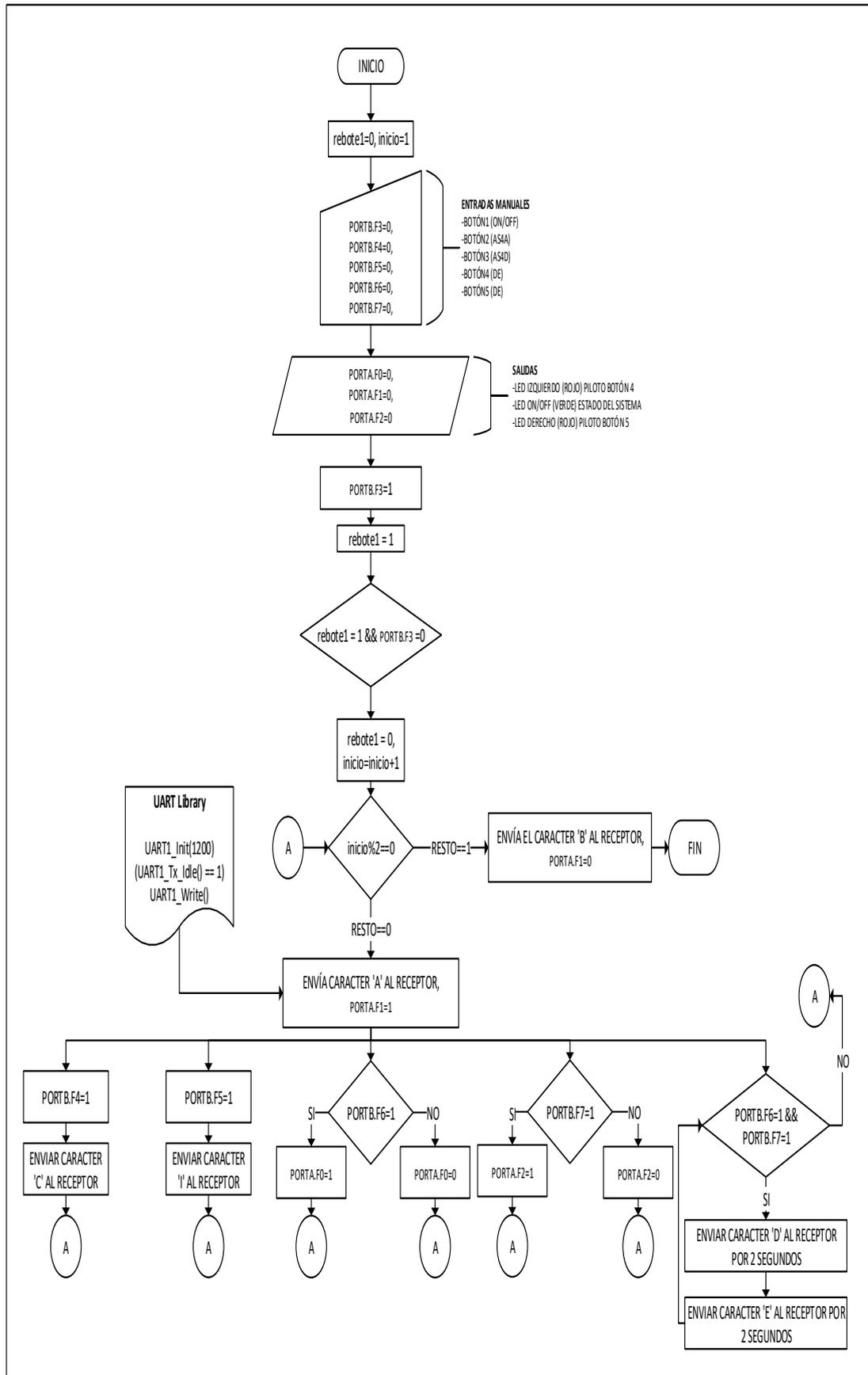


Diagrama de flujo de la programación del emisor para el sistema electrónico antirrobo para teléfono celulares. Elaborado por: Miguel Córdor.

Figura 3.20. Declaración de las variables y pines del microcontrolador.

```
void main() {  
  
    int rebote1=0; //VARIABLE DE SEGURO DE REBOTE BOTÓN 1  
    int inicio=1; //ACUMULADOR PARA PRENDER Y APAGAR CON BOTÓN 1  
  
    TRISB.F3=1; //PUERTO B3 ENTRADA BOTÓN1 (ON/OFF)  
               //TODO EL SISTEMA DE CONTROL (EMISOR)  
    TRISB.F4=1; //PUERTO B4 ENTARDA BOTÓN2 (A54A)  
               //ACTIVA LA SECUENCIA DE LEDS Y SEÑAL AUDIBLE  
    TRISB.F5=1; //PUERTO B5 ENTARDA BOTÓN3 (A54D)  
               //DESACTIVA LA SECUENCIA DE LEDS Y SEÑAL AUDIBLE  
    TRISB.F6=1; //PUERTO B6 ENTARDA BOTÓN4 (DE)  
               //ACTIVA LA DESCARGA ELÉCTRICA JUNTO CON BOTÓN5  
    TRISB.F7=1; //PUERTO B7 ENTARDA BOTÓN5 (DE)  
               //ACTIVA LA DESCARGA ELÉCTRICA JUNTO CON BOTÓN4  
  
    TRISA.F0=0; //PUERTO A0 SALIDA LED IZQUIERDA (ROJO)  
    TRISA.F1=0; //PUERTO A1 SALIDA ON/OFF EMISOR (VERDE)  
    TRISA.F2=0; //PUERTO A2 SALIDA LED DERECHA (ROJO)  
  
    PORTA=0; // TODO EL PUERTO A INICIA APAGADO  
    PORTB=0; // TODO EL PUERTO B INICIA APAGADO  
  
    UART1_Init(1200);  
    delay_ms(100);  
}
```

Script del software de simulación mikroC v6.6.3 de la programación del microcontrolador emisor, con la declaración de las variables y pines de funcionamiento. Elaborado por: Miguel Córdor.

En la primera sección, se observa la función principal void main (), toda la programación del emisor se encuentra dentro de esta función. Aquí se efectúa la declaración de las variables rebote1 e inicio como se observa en la Figura 3.20, las mismas que se les otorga un valor de inicialización.

La variable rebote1 se le asignó el valor de 0, y sirve para asegurar que el botón 1 envíe los caracteres de control solo cuando exista flancos de bajada, es decir la transición de 1 a 0, además ofrece un seguro contra rebotes del botón 1. Por otro lado, la variable denominada inicio, empieza con un valor de 1, la cual es usada como acumulador que dependiendo del valor que tenga se le asignará una operación diferente, esto será ampliado en la segunda sección.

También en la Figura 3.20, se observa los pines que son utilizados como entradas y salidas. El puerto B se lo utiliza como entrada desde el pin 3 al pin 7, y el puerto A como salida desde el pin 0 al pin 2. Esta asignación de los pines como entradas y salidas se lo realiza mediante el registro TRISA y TRISB, los mismos que determinan el comportamiento que tendrán los pines, entrada o salida, mas no el estado lógico del pin que poseerán en cada parte del programa.

Al poner el registro TRIS a cero, el pin del puerto escogido se configurará como salida, y si el registro TRIS se lo pone a uno, se lo configurará como entrada. Por ejemplo, TRISA.F2=0, esto quiere decir que el pin 2 del puerto A esta configurado como salida.

Por último, en esta primera sección se observa el registro PORTA y PORTB puestas a cero, esto con la finalidad que todo el puerto A y el puerto B inicien con un estado lógico bajo (0). También se inicializa el módulo UART (Transmisor/Receptor Asíncrono Universal), que sirve para la comunicación serial con una velocidad de transmisión de 1200 baudios.

Figura 3.21. Encendido y apagado del sistema.



```
while(1){
//----- ENCENDIDO DEL SISTEMA EMISOR-----//
if(PORTB.F3==1){ // SI B3 VALE 1L
    rebotel = 1; //VARIABLE REBOTE DEL BOTÓN1 VALE 1L
}
if(rebotel ==1 && PORTB.F3==0){
    rebotel = 0; //RESETEO DE LA VARIABLE REBOTE
    inicio=inicio+1; //ACUMULADOR
    delay_ms(500);

if(inicio%2==0){ //CUANDO EL RESTO SEA IGUAL A CERO (PAR)
    PORTA.F1=1; //ENCIENDE LED VERDE ON/OFF

    if(UART1_Tx_Idle() == 1){
        UART1_Write('A'); //ENVIAR CARACTER 'A' PARA ENCENDER
        //EL SISTEMA
    }
}
else //CUANDO EL RESTO SEA IGUAL A 1(IMPARG)
{
    PORTA.F1=0; //APAGA LED VERDE ON/OFF

    if(UART1_Tx_Idle() == 1){
        UART1_Write('B'); //ENVIAR CARACTER 'B' PARA APAGADAR
        //EL SISTEMA
    }
}
}
```

Script del software de simulación mikroC v6.6.3, con la programación del encendido y apagado del sistema electrónico antirrobo. Elaborado por: Miguel Córdor.

En la segunda sección se inicia con el bucle while (1), esto para que la programación que se encuentra dentro del bucle se pueda ejecutar infinito número de veces, como se aprecia en la Figura 3.21. Además, se observa la programación del encendido y apagado del sistema electrónico antirrobo, mediante el botón 1 ON/OFF del puerto B pin 3 (B3), para ello se utilizó los operadores if e if-else, los cuales están marcados con barras de diferentes colores, para delimitar cada operador y entender el funcionamiento de cada uno en la programación.

Como se puede apreciar de izquierda a derecha existen dos barras principales de color verde y rojo, las mismas que delimitan a los operadores principales if. El if que está delimitado por la barra verde, permite que la variable rebote1 tome el valor de 1 lógico, cuando se presiona el botón 1 ON/OFF, pin B3 es decir con un estado lógico alto (1), y para lograr el ingreso al operador condicional if delimitado con la barra roja, es necesario que el pin B3 tenga un estado lógico bajo (0), por lo tanto al dejar de presionar el botón 1 ON/OFF, justo en ese instante se ingresa al operador if de barra roja ya que se cumple con las condiciones, variable rebote1 igual a 1 y pin B3 igual a 0.

Una vez dentro de este if se reinicia la variable rebote1 al valor de inicialización, y a continuación, se encuentra el acumulador inicio=inicio+1 que posee un valor igual a 2 en la primera vez que es presionado el botón 1, y si se presiona por segunda vez este acumulador incrementa su valor en una unidad, es decir igual a 3. Este valor que posee el acumulador en cada instante que es presionado el botón 1, es el que se toma para el ingreso al operador if-else delimitado por la barra azul, ya que la condición de ingreso es (inicio%2==0), lo que quiere decir que el valor contenido en la variable inicio es dividido para 2, y si el resto de esta división es igual a 0, se ingresa al primer segmento que es if, caso contrario ingresa al segundo segmento que es else.

Cuando la condición es verdadera del operador if-else, se enciende el led de color verde de la luz piloto del botón 1 ON/OFF, esto mediante colocar un estado lógico alto (1) en el pin 1 del puerto A (A1), luego se ingresa al operador if delimitado con la barra de color purpura, cuya condición es (UART1_Tx_Idle() == 1), la cual permite conocer si el transmisor está disponible para enviar nuevos datos, esto siempre y cuando la condición esté igualada a 1. Una vez dentro de este if se envía el dato por medio de la función UART1_Write('A'), donde el carácter 'A' es el dato o mensaje que se transmite al receptor para iniciar el control del sistema electrónico antirrobo.

De manera similar funciona cuando el operador if-else no cumple con la condición, dirigiéndose al segmento del operador else, Una vez dentro del else se apaga el led de color verde del botón 1 ON/OFF, colocando un estado lógico bajo (0) en A1, y envía el carácter 'B' para terminar la transmisión de datos al sistema receptor.

El envío de todos los caracteres para el control del sistema receptor, se lo realiza de la misma manera en el resto de la programación.

Figura 3.22. Activación de la alarma y leds.

```
60 . //-----ACTIVAR ALARMA Y SECUECNA DE 4LEDS-----//
. if(PORTB.F4==1 && inicio%2==0){ //OPERADOR AND
.     delay_ms(500);
.
.     if(UART1_Tx_Idle() == 1){
.         UART1_Write('C'); //ENVÍO DEL CARACTER 'C' PARA ACTIVAR AS4A
.     }
. }
. //-----DESACTIVAR ALARMA Y SECUECNA DE 4LEDS-----//
70 . if(PORTB.F5==1 && inicio%2==0){
.     delay_ms(500);
.
.     if(UART1_Tx_Idle() == 1){
.         UART1_Write('I'); //ENVÍO DEL CARACTER 'I' PARA DESACTIVAR AS4D
.     }
. }
```

Script del software de simulación mikroC v6.6.3, con la programación de la activación de la señal audible (Alarma) y la secuencia de los 4 leds. Elaborado por: Miguel Córdor

La tercera sección representada por la Figura 3.22, en la cual se observa la programación para activar y desactivar la señal audible y la secuencia de leds, esto mediante dos operadores if, uno delimitado por una barra de color rojo el cual realiza la activación por medio del envío del carácter 'C', cuando la condición (PORTB.F4==1 && inicio%2==0) se cumpla, y un operador if delimitado por una barra de color azul, el cual desactiva la señal audible y la secuencia de leds enviando el carácter 'I', esto ocurre cuando la condición (PORTB.F5==1 && inicio%2==0) sea verdadera.

Figura 3.23. Activación de la Descarga Eléctrica.

```
//-----ACTIVAR LA DESCARGA ELÉCTRICA-----//  
  
switch(inicio%2==0){  
  
case 1: //CASO 1 ACTIVA EL LED DE SEÑALIZACIÓN IZQUIERDO  
        // (ROJO)  
        if(PORTB.F6==1){  
            PORTA.F0=1;  
        }  
        else {  
            PORTA.F0=0;  
        }  
  
case 2: //CASO 2 ACTIVA EL LED DE SEÑALIZACIÓN DERECHO (ROJO)  
        if(PORTB.F7==1){ // BOTÓN 5  
            PORTA.F2=1;  
        }  
        else {  
            PORTA.F2=0;  
        }  
  
case 3: // CASO 3 ACTIVA LA DESCARGA ELÉCTRICA POR 2SEGUNDOS  
        // SIEMPRE Y CUANDO SE PRESIONE BOTÓN 4 Y 5  
        if(PORTB.F6==1 && PORTB.F7==1 && inicio%2==0){  
            delay_ms(100);  
  
            if(UART1_Tx_Idle() == 1){  
                UART1_Write('D'); //ENVIAR CARACTER 'D' PARA ACTIVAR  
                //LA DESCARGA ELÉCTRICA  
                delay_ms(2000); // TIEMPO DE LA DESCARGA ELÉCTRICA 2S  
            }  
            if(UART1_Tx_Idle() == 1){  
                UART1_Write('E'); //ENVIAR CARACTER 'E' PARA SUSPENDER  
                //LA DESCARGA ELÉCTRICA  
                delay_ms(2000); //TIEMPO DE SUSPENCIÓN DE  
                //LA DESCARGA ELÉCTRICA 2S  
            }  
        } ;break;  
}  
  
//-----//
```

Script del software de simulación mikroC v6.6.3, con la programación para controlar la descarga eléctrica. Elaborado por: Miguel Córdor.

La cuarta sección representada por la Figura 3.23, se encuentra la programación para el control de la descarga eléctrica, para ello se utilizó el operador switch cuya condición de ingreso es tener el sistema activo para envió de caracteres el cual es (inicio%2==0). Una vez se ingrese al operador switch se encontrará con 3 posibles casos (case).

Caso 1: Se encuentra delimitado por la barra de color rojo, cuya programación permite visualizar el estado lógico del botón 4 ubicado en el puerto B pin 6 (B6), esto mediante el encendido y apagado del led de color rojo en el puerto A pin 0 (A0), y ubicado en la parte frontal izquierda de la pulsera.

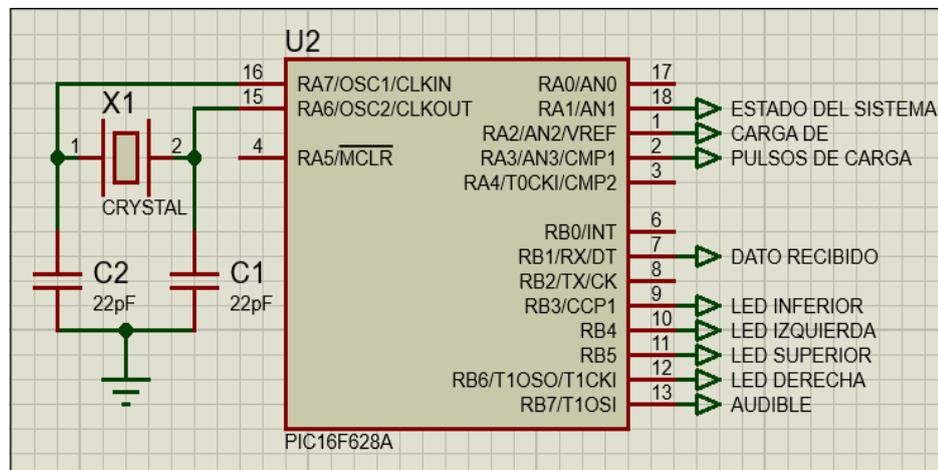
Caso 2: Delimitado por la barra de color verde, cuya programación permite visualizar el estado lógico del botón 5 ubicado en el puerto B pin 7 (B7), esto mediante el encendido y apagado del led de color rojo en el puerto A pin 2 (A0), y ubicado en la parte frontal derecha de la pulsera.

Caso 3: Delimitado por la barra de color azul, donde la condición para ingresar al operador if es (PORTB.F6==1 && PORTB.F7==1 && inicio%2==0), lo que implica que el sistema debe estar activo para el envío de caracteres, además botón 4 y botón 5 deben tener un estado lógico alto (1) para poder enviar el carácter 'D', que activa la descarga eléctrica con una duración de 2 segundos, luego de ese tiempo se envía el carácter 'E' para desconectar la descarga eléctrica.

3.5.4. Microcontrolador 16F628A en el Receptor

El microcontrolador 16F628A del receptor se conecta a los actuadores del sistema los cuales son: la señal audible en el puerto B pin 7 (B7), los 4 leds en el puerto B que van del pin 3 al pin 6, el estado del sistema en el puerto A pin 1 (A1), la señal para cargar el capacitor denominada CARGA DE en el puerto A pin 2 (A2), así como la visualización de esta señal por medio de un led de color amarillo, denominada PULSOS DE CARGA en el puerto A pin 3 (A3). Además, cuenta con la conexión del módulo receptor RF de 433MHz del modelo **SRX882 V1.3** en el pin RX (B1).

Figura 3.24. Microcontrolador en el Receptor.



Script del software de simulación proteus v8.6 SP2 del microcontrolador 16F628A, del receptor (Estuche). Elaborado por: Miguel Córdor.

3.5.5. Programación del Microcontrolador 16F628A en el Receptor

A continuación, se explica cada parte de la programación del sistema antirrobo del receptor, la misma que está dividida en 3 secciones, con su respectivo diagrama de flujo.

Figura 3.25. Diagrama de flujo del receptor.

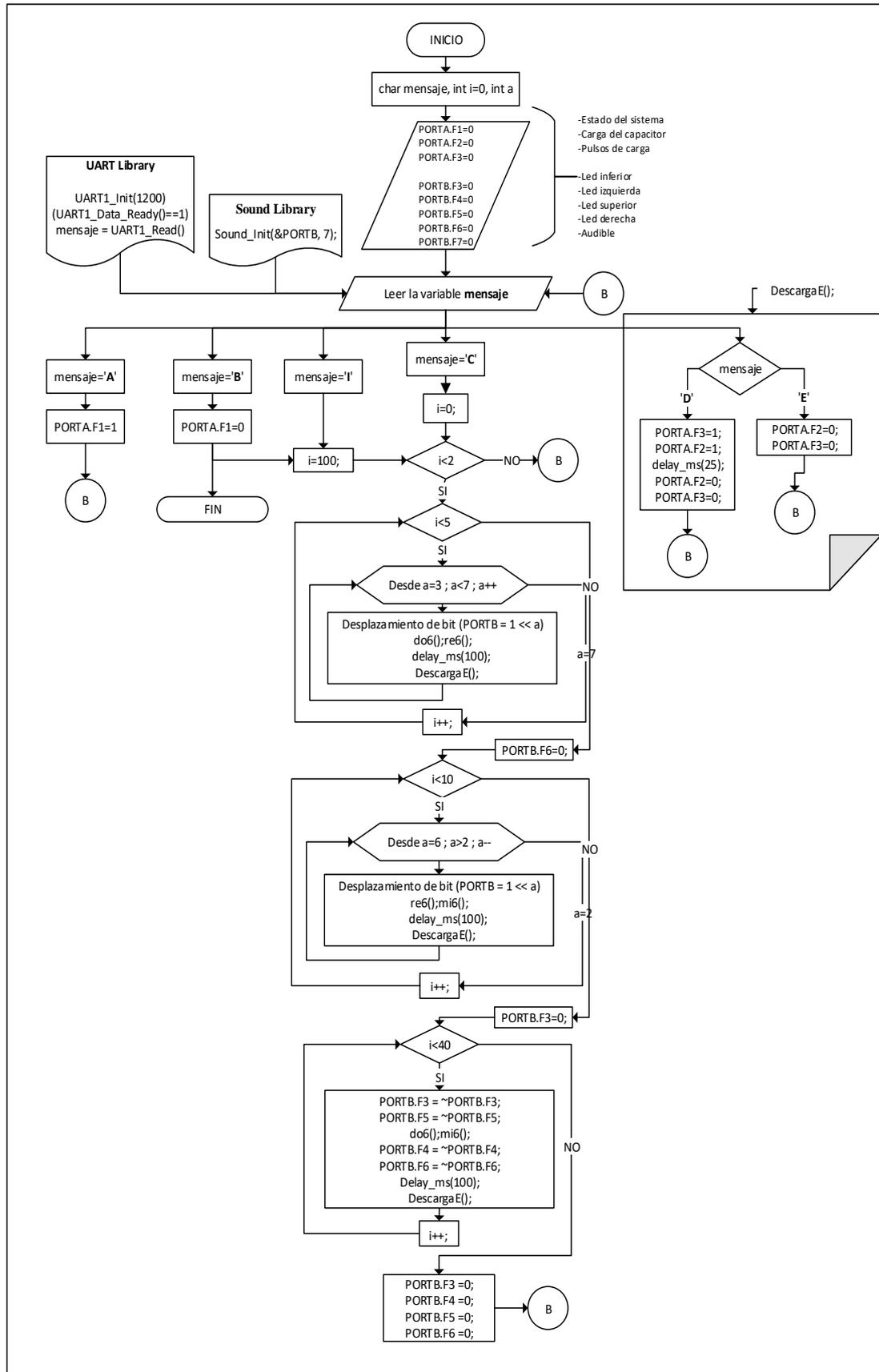


Diagrama de flujo de la programación del receptor, para el sistema electrónico antirrobo para teléfono celulares. Elaborado por: Miguel Córdor.

Figura 3.26. Variables globales y funciones.

```

char mensaje; // DATO RECIBIDO EN mensaje
int i=0;      // VARIABLE DE INTERRUPCIONES
int a;       // CONTADOR DE LAS SECUECNIAS

-----FUNCIONES DE LA SEÑAL AUDIBLE-----OCTAVA 6-----//
void do6(){
    Sound_play(1046, 100); //FRECUENCIA EN HZ, TIEMPO EN MILISEGUNDOS//
}
void re6(){
    Sound_play(1174, 100);
}
void mi6(){
    Sound_play(1318, 100);
}
-----FUNCIÓN DE INTERRUPCIÓN-----//
void interrupt(){
    if (PIR1.RCIF) { // INTERRUPCIÓN UART RX
        mensaje = UART1_Read(); //
        if(mensaje=='I' || mensaje=='B'){
            i=100;
        }
    }
}
-----FUNCIÓN DE LA DESCARGA ELÉCTRICA-----//
void DescargaE(){
    if(mensaje == 'D'){
        PORTA.F3=1; //PULSOS DE CARGA LED (AMARRILLO) SEÑALIZACIÓN
        PORTA.F2=1; //CIRCUITO DEL INDUCTOR CERRADO
        delay_ms(25); //RETARDO DE LA COMUTACIÓN
        PORTA.F2=0; //CARGA EL CAPACITOR O EL "ESTADO CARGADO"
        PORTA.F3=0; //PULSOS DE CARGA LED (AMARRILLO) SEÑALIZACIÓN
    }
}

```

Script del software de simulación mikroC v6.6.3, con la programación de 3 funciones esenciales y las variables globales para el receptor. (Estuche). Elaborado por: Miguel Córdor.

En esta primera sección representada por la Figura 3.26, se aprecia la declaración de tres variables globales utilizadas en la programación del microcontrolador receptor, una variable de tipo char denominada como mensaje, y dos variables enteras designadas con las letras 'i' e 'a'. La primera función es para la señal audible por lo cual se utiliza la librería Sound la cual tiene dos rutinas Sound_Init y Sound_Play, para la función se utiliza la rutina Sound_play (1046,100) en la misma se ingresa dos números, el primer número es la frecuencia en Hz de las notas musicales que se desea emitir y el segundo número es el tiempo de duración de la nota musical en milisegundos.

La segunda función delimitada por la barra de color rojo es la interrupción formada por dos operadores if, cuya primera condición es (PIR1.RCIF), la cual habilita las interrupciones periféricas y de recepción del módulo UART, una vez dentro del operador se lee lo que tiene la variable mensaje, por medio de la siguiente sentencia (mensaje==UART1_Read()), si el carácter que tiene mensaje es 'I' o 'B' se ingresa al segundo operador if, donde se iguala a un valor de 100 la variable 'i' (i=100), este valor de 100 permite salir de la secuencia de leds, que se verá en la tercera sección de programación del receptor.

La tercera función es creada para la descarga eléctrica, y está delimitada por la barra de color azul, donde encontramos que la condición de ingreso al operador if, es que la variable mensaje posea el carácter 'D', una vez dentro se observa las sentencias de control para el convertidor boots, así como el estado de este, por medio de un led de color amarillo ubicado en el estuche receptor. Algo muy importante en esta función, es la frecuencia de conmutación del MOSFET Q1 a la que va trabajar, la cual es 20Hz y cuyo periodo es $T = 50ms$ o $T/2 = 25ms$, como se aprecia en el recuadro rojo de la Figura 3.26.

Figura 3.27. Declaración de pines y habilitación de librerías.

```

void main() {
    INTCON.GIE = 1;
    INTCON.PEIE = 1;
    PIE1.RCIE = 1; //INTERRUPCIÓN HABILITADA.

    Sound_Init(&PORTB, 7); //LIBRERÍA DEL AUDIO SALIDA PUERTO B7

    TRISA.F1=0; //LED ENCENDIDO PARA EMPEZAR A ENVIAR DATOS
    TRISA.F2=0; //CARGA DE (CARGA DEL CAPACITOR)
    TRISA.F3=0; //PULSOS DE CARGA

    TRISB.F3=0; //LED INFERIOR
    TRISB.F4=0; //LED IZQUIERDA
    TRISB.F5=0; //LED SUPERIOR
    TRISB.F6=0; //LED DERECHA
    TRISB.F7=0; //AUDIBLE

    PORTA=0; // TODO EL PUERTO A EMPIEZA APAGADO
    PORTB=0; // TPDP EL PUERTO B EMPIEZA APAGADO

    UART1_Init(1200); //COMUNICACIÓN SERIAL 1200 BAUDIOS MÓDULOS
    delay_ms(100);

    while(1){
        if(UART1_Data_Ready()==1){
            mensaje = UART1_Read(); //mensaje GUARDA LO QUE LLEGA DEL TX
        }

        //-----SISTEMA ACTIVO RECEPTOR-----//
        if(mensaje == 'A'){
            PORTA.F1=1;
        }
        if(mensaje == 'B'){
            PORTA.F1=0;
        }
    }
}

```

Script del software de simulación mikroC v6.6.3, donde se declara pines, se habilita librerías y se realiza la lectura de datos que se transmiten. Elaborado por: Miguel Córdor.

En esta segunda sección representada por la Figura 3.27, habilitamos 3 registros para las interrupciones igualándolos a 1, INTCON.GIE = 1; el cual permite habilitar las interrupciones no enmascaradas, INTCON.PEIE = 1; habilita las interrupciones periféricas no enmascaradas, y PIE1.RCIE = 1; habilita las interrupciones periféricas y las interrupciones de recepción del módulo UART. También inicializamos la librería Sound y colocamos el pin por donde se reproducirá el sonido, esto mediante la sentencia Sound_Init(&PORTB, 7).

Además, se declara todos los pines en donde se conectarán los leds de la secuencia, el parlante de 8ohm para la señal audible, el convertidor boots y el led del estado del sistema.

También en esta sección se tiene un operador if, cuya condición permite conocer si los datos que llegan al receptor están listos para ser leídos, esto mediante la sentencia (UART1_Data_Ready()==1).

Figura 3.28. Ejecución para la secuencia de leds y la señal audible.

```

//-----ALARMA Y SECUCNIA DE 4LEDS-----
//-----ALARMA Y SECUCNIA DE 4LEDS-----

if(mensaje == 'C'){
    i=0; //i EMPIEZA EN CERO Y RECETEO LA VARIABLE A CERO

    if(i<2 ) { // CONDICIÓN PARA LA INTERRUPCIÓN

        while(i<5){ //NÚMERO DE REPETICIONES
            //EN SENTIDO HORARIO

            for(a=3 ; a<7 ; a++){
                PORTB = 1 << a; // ASCENDENTE HORARIO
                do6();re6();
                delay_ms(100);
                DescargaE(); //LLAMADO DE LA FUNCION DE LA
                //DESCARGA ELÉCTRICA
            }
            i++;
        }
        PORTB.F6=0; //PARA REGRESAR A CERO(INTERRUPCIÓN)

        while(i<10){
            for(a=6 ; a>2 ; a--){
                PORTB = 1 << a; //DESCENDENTE ANTIHORARIO
                re6();mi6();
                delay_ms(100);
                DescargaE(); //LLAMADO DE LA FUNCION DE LA
                // DESCARGA ELÉCTRICA
            }
            i++;
        }
        PORTB.F3=0; //PARA REGRESAR A CERO(INTERRUPCIÓN)
    }
}

```

Script del software de simulación mikroC v6.6.3, donde se ubica la programación de la secuencia horaria y anti horaria de leds, la señal audible y el llamado de la función para la descarga eléctrica. Elaborado por: Miguel Córdor.

Figura 3.29. Ejecución para el parpadeo de leds.



```
while(i<40){
    //CAMBIA EL ESTADO ~ DE LA SALIDA (PARPADEO)
    PORTB.F3 = ~PORTB.F3;
    PORTB.F5 = ~PORTB.F5;
    do{mi6();
    PORTB.F4 = ~PORTB.F4;
    PORTB.F6 = ~PORTB.F6;
    Delay_ms(100);
    DescargaE(); // LLAMADO DE LA FUNCION DE LA
                //DESCARGA ELÉCTRICA
    }while(1);
    i++;
}
PORTB.F3 =0;//PARA REGRESAR A CERO (INTERRUPCIÓN)
PORTB.F4 =0;
PORTB.F5 =0;
PORTB.F6 =0;
}
DescargaE();
```

Script del software de simulación mikroC v6.6.3, donde se ubica la programación del parpadeo de leds, la señal audible y el llamado de la función para la descarga eléctrica Elaborado por: Miguel Córdor.

En esta tercera y última sección representada por las Figuras 3.28, y 3.29, se observa la programación para la secuencia horaria y anti horaria de los 4 leds, esto en la Figura 3.28, donde se aprecia que las condiciones de ingreso a los operadores while e if están relacionados con la variable 'i', la misma que permite realizar las interrupciones, ya que en la función interrupción se le otorga un valor de 100 a la variable 'i', la cual volvería falsas a todas las condiciones de ingreso a los operadores de esta sección, por ende se detiene la secuencia de los leds.

Para la realización de las secuencias de los leds se utilizó una sentencia de repetición for, esto para ambos sentidos de giro, además dentro de esta sentencia de repetición se hizo el llamado de las funciones de la señal audible, y de la descarga eléctrica, como se aprecia en los recuadros de color azul y rojo de las Figuras 3.28 y 3.29, de esta forma puede funcionar de manera simultánea la descarga eléctrica, la secuencia de leds y la señal audible. Por último, se tiene en la Figura 3.29 el parpadeo de los leds mediante el operador ~, el cual invierte el estado lógico del puerto, cuya estructura es (PORTB.F3 = ~PORTB.F3).

3.6. Etapa 3 Módulos RF de 433MHz Emisor y Receptor

En la etapa 3 se tiene a los módulos de radiofrecuencia de 433MHz, emisor y receptor de los modelos **STX882 V1.2** y **SRX882 V1.3** respectivamente, los cuales traen un set de dos antenas helicoidales, para ser soldadas en cada puerto correspondiente de los módulos. A continuación, se presenta en las Figuras 3.30 y 3.31 al módulo emisor y receptor RF con la respectiva distribución de pines, y en las Tablas 3.5 y 3.6 las características de cada módulo respectivamente.

3.6.1. Módulo RF de 433MHz Emisor modelo STX882 V1.2

Figura 3.30. Módulo Emisor RF de 433MHz



Módulo emisor de radiofrecuencia de 433MHz, modelo STX882 V1.2 y su respectiva distribución de pines. Elaborado por: Miguel Córdor.

Tabla 3.5. Características del módulo Emisor

Módulo TX	
Características del módulo	Valores o Rangos
Modelo	STX882 V1.2
Dimensiones	19mm x 19mm x 7mm
Voltaje de Operación	3.5V- 12V
Entrada de datos	TTL
Corriente de trabajo	9mA (3,5V) - 40mA (12V)
Alcance	20metros - 200metros
Potencia de Transmisión	10mW (5V)
Frecuencia de Transmisión	433MHz
Tasa de transferencia de datos	4KB/seg
Baud Rate recomendado	2400
Modulación	ASK
Antena Recomendada	De Cu de 25cm de largo
Pines de salida	DATA(TX)/VCC/GND

Características de operación del módulo emisor RF de 433MHz modelo STX882 V1.2. Fuente: (Robótica Didáctica En México, pág. 1)

3.6.2. Módulo RF de 433MHz Receptor modelo SRX882 V1.3

Figura 3.31. Módulo Receptor RF de 433MHz



Módulo receptor de radiofrecuencia de 433MHz, modelo SRX882 V1.3 y su respectiva distribución de pines. Elaborado por: Miguel Córdor.

Tabla 3.6. Características del módulo Receptor.

Módulo RX	
Características del módulo	Valores o Rangos
Modelo	SRX882 V1.3
Dimensiones	30mm x 14mm x 7mm
Voltaje de Operación	5V DC
Consumo de corriente	4mA
Sensibilidad del receptor	-105dB
Frecuencia de recepción	433MHz
Modulación	ASK
Principio de funcionamiento	Receptor Súper- regenerativo (Sensible a señales débiles)
Antena	De cobre de 25cm-32cm
Pines	GND/2 DATA(RX)/VCC

Características de operación del módulo receptor RF de 433MHz, modelo SRX882 V1.3 Fuente: (Robótica Didáctica En México, pág. 1)

3.7. Etapa 4 Antenas Emisor y Receptor

El módulo RF emisor de 433MHz, modelo STX882, para realizar la comunicación por radiofrecuencia necesita una antena de 50Ohmios helicoidal recomendada por el fabricante, además el módulo emisor tiene una potencia de trasmisión que dependerá del voltaje de alimentación que se le proporciona.

En la Tabla 3.8. se puede observar los rangos de estos valores en dBm, en el mercado ya existen antenas fabricadas para estos módulos, y muchas de las veces vienen incluidas como accesorios, que deberán ser soldadas al emisor y al receptor, o bien se las puede adquirir por separado.

Figura 3.32. Antenas para los módulos.



Antenas para los módulos de radiofrecuencia de 433MHz existentes en el mercado. Elaborado por: Miguel Córdor.

Tabla 3.7. Especificaciones técnicas de las antenas.

Parámetro	Característica	Unidad
Impedancia	50	Ω
Frecuencia	433+/-6MHz	MHz
Ganancia	2.2	dBi
Tipo de conector	Soldadura directa	
VSWR	≤ 1.8	
Longitud	34 +/- 1	mm
Potencia Máxima	30	dBm

Características técnicas de las antenas helicoidales para los módulos de 433MHz, que se encuentran en el mercado. Fuente: (Tecnopura, 2019)

Tabla 3.8. Potencia de transmisión del módulo

Parámetro	Valor Mínimo	Valor Típico	Valor Máximo	Unidad	Voltaje de Alimentación
Potencia RF	12	13	13.5	dBm	2.4V
	14	15	15.5	dBm	3V
	19.5	20	20.5	dBm	5V

Rangos de potencia de transmisión según el voltaje de alimentación que se proporciona al módulo de transmisión modelo STX882. Fuente: (Smart Prototyping, 2015, pág. 1)

Para realizar los cálculos de la antena se utilizará el valor promedio o típico que nos muestra la Tabla 3.8, y está marcado de color naranja, ya que el módulo emisor tendrá una alimentación de 5 voltios aproximadamente, y la potencia RF para ese valor es de 20dBm. Las antenas helicoidales son muy usadas en la banda de frecuencia UHF (Ultra High Frequency).

3.7.1 Cálculo de las Antenas Emisor y Receptor

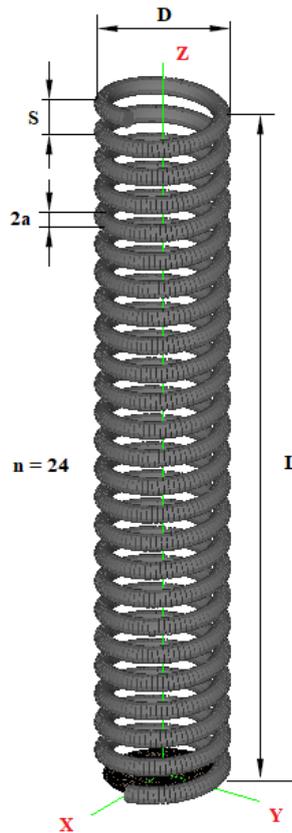
Los módulos de radiofrecuencia que trabajan a la frecuencia de 433MHz y son del modelo STX882 V1.2 (Emisor) y SRX882 V1.3 (Receptor), viene incorporado un par de antenas y ambas poseen las mismas características físicas y eléctricas, por lo tanto, se partirá de estas características para realizar los cálculos correspondientes de los parámetros fundamentales de las antenas, que forman parte del sistema antirrobo.

Tabla 3.9. Características físicas de las antenas

Características	Símbolo	Valor	Unidad
Altura de la Antena	L	32	mm
Diámetro de la Antena	D	5	mm
Espacio entre espiras	S	1.39	mm
radio del conductor	a	0.8	mm
Número de espiras	n	24	

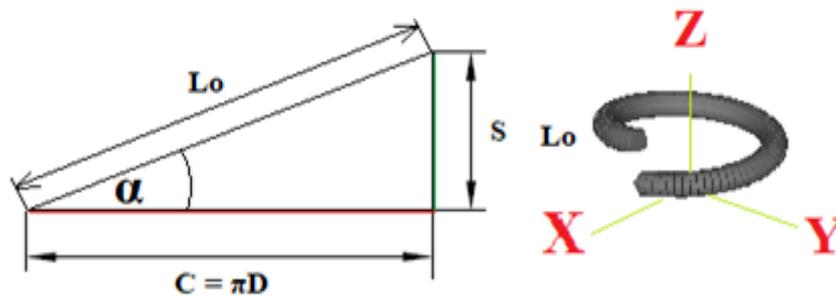
Características físicas que poseen las antenas que vienen incorporadas en los módulos RF. Elaborado por: Miguel Córdor.

Figura 3.33. Geometría de la antena helicoidal



Parámetros geométricos de la antena helicoidal que viene incorporada a los módulos RF de 433MHz. Elaborado por: Miguel Córdor.

Figura 3.34. Longitud de una espira



Parámetro geométrico de una espira de la antena helicoidal que viene incorporada a los módulos RF de 433MHz. Elaborado por: Miguel Córdor.

Para realizar el cálculo de la longitud que tiene cada espira o vuelta de la antena helicoidal, se la realiza por medio de la estructura geométrica de un triángulo rectángulo, como se lo aprecia en la Figura 3.34, en donde el ángulo alfa (α), el cateto adyacente **C** y el cateto opuesto **S**, representan parámetros físicos de la antena.

Donde cada parámetro es:

Lo: Longitud de una espira o vuelta.

C: Perímetro de la circunferencia de una espira o vuelta.

S: Espaciado entre las espiras o vueltas.

α : Alfa ángulo de paso entre las espiras o vueltas.

Para el cálculo de la longitud de una espira o vuelta **Lo** se utiliza el teorema de Pitágoras, y para el cálculo del ángulo de paso alfa (**α**), se utiliza las razones trigonométricas o también llamadas relaciones trigonométricas.

Cálculo de la longitud Lo:

$$Lo^2 = C^2 + S^2 \quad Ec. (3.1)$$

Donde:

$$S = 1.39 \text{ mm}$$

Ecuación del perímetro de una circunferencia

$$C = \pi \cdot D \quad Ec. (3.2)$$

$$C = \pi \times 5\text{mm} = 15.70796 \text{ mm}$$

Se despeja **Lo** de la ecuación 3.1 y se reemplaza el valor de C de la ecuación 3.2

$$Lo = \sqrt{(\pi D)^2 + S^2} \quad Ec. (3.3)$$

Se reemplaza los valores que corresponde al diámetro de la circunferencia de la antena **D**, y el espaciado de las espiras o vueltas **S**, en la ecuación 3.3 y obtiene el valor de la longitud de la espira **Lo**.

$$Lo = \sqrt{(5\text{mm} \times \pi)^2 + (1.39\text{mm})^2} = 15.76934 \text{ mm}$$

Cálculo de la longitud α :

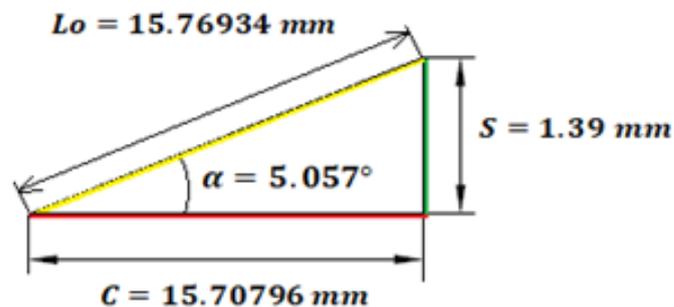
Se utiliza la relación trigonométrica tangente

$$\tan \alpha = \frac{S}{C} = \frac{S}{\pi D}$$

Se despeja alfa (α) de la ecuación 3.4 y se reemplaza el valor del espaciado de las espiras o vueltas S , y el valor del perímetro de la circunferencia de la antena C , y se obtiene el valor del ángulo de paso.

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{1.39 \text{ mm}}{5 \text{ mm} \times \pi} = 5.057^\circ$$

Figura 3.35. Valores de la longitud L_0 y alfa (α).



Parámetro geométrico de una espira de la antena helicoidal que viene incorporada a los módulos RF de 433MHz. Elaborado por: Miguel Córdor.

Cálculo de la longitud de onda λ .

$$\lambda = \frac{c}{f} \tag{Ec. (3.4)}$$

Donde:

c: Velocidad de la luz $3 \times 10^8 \text{ m/s}$

f: Frecuencia de operación de la antena helicoidal 433 MHz

Se reemplaza los valores de la velocidad de la luz, y la frecuencia de operación de la antena helicoidal en la ecuación 3.4 y se obtiene la longitud de onda.

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{433 \times 10^{-3} \text{ Hz}} = 0.69284 \text{ m}$$

Cálculo del diámetro de la antena helicoidal, en función de la longitud de onda D_λ :

$$D_\lambda = \frac{D}{\lambda} = \frac{0.005 \text{ m}}{0.69284 \text{ m}} = 7.21667 \times 10^{-3} \quad \mathbf{D = 7.21667 \times 10^{-3} \lambda}$$

Cálculo del perímetro de la circunferencia de una espira o vuelta de la antena helicoidal, en función de la longitud de onda C_λ :

$$C_\lambda = \pi \cdot D_\lambda = 7.21667 \times 10^{-3} \times \pi = 0.02267 \quad \mathbf{C = 0.02267 \lambda}$$

Cálculo del espaciado entre espira o vuelta de la antena helicoidal, en función de la longitud de onda S_λ :

$$\mathbf{S_\lambda = 0.08849 \times C_\lambda}$$

Donde 0.08849 es una constante para el cálculo del ángulo de paso, el cual tiene un valor de 5.057° , para la antena helicoidal que forma parte del sistema electrónico antirrobo de teléfonos celulares. El valor del ángulo de paso para la construcción de antenas helicoidales debe ser $0^\circ < \alpha < 90^\circ$, ya que si el ángulo toma un valor de 0° la antena helicoidal, se reduce a una antena de una sola espira o vuelta, y si el ángulo de paso tiene un valor de 90° , la antena helicoidal se convierte en una antena lineal.

$$\mathbf{S_\lambda = 0.08849 \times 0.02267 = 2.00607 \times 10^{-3} \quad S = 2.00607 \times 10^{-3} \lambda}$$

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{S_\lambda}{C_\lambda} = \tan^{-1} \frac{2.00607 \times 10^{-3}}{0.02267} = \mathbf{5.057^\circ}$$

Cálculo de la longitud de una espira o vuelta de la antena helicoidal, en función de la longitud de onda L_o :

$$L_o = \sqrt{S_\lambda^2 + (\pi \cdot D_\lambda)^2} = \sqrt{(2.00607 \times 10^{-3})^2 + (7.21667 \times 10^{-3} \times \pi)^2}$$

$$\mathbf{L_o = 0.02276 \lambda}$$

Cálculo de la longitud del alambre conductor que forma la antena helicoidal, en función de la longitud de onda L_n :

$$L_n = n \cdot L_o = 24 \times 0.02276\lambda = \mathbf{0.54624\lambda}$$

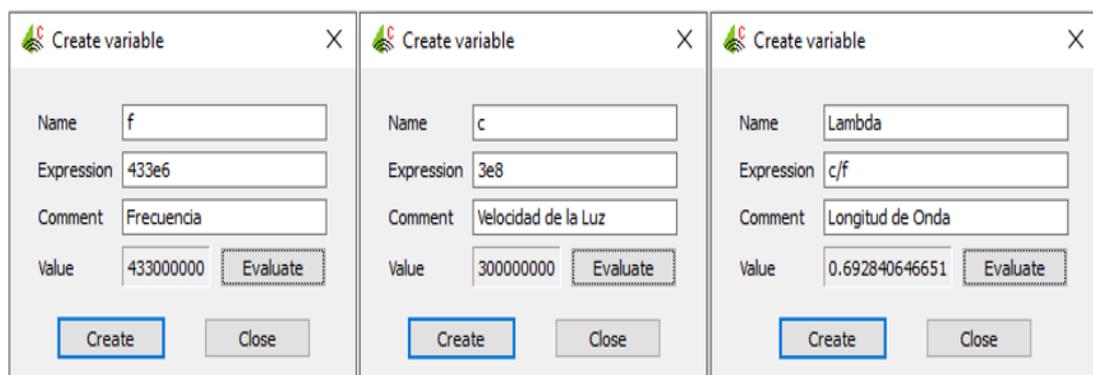
Cálculo de la altura de la antena helicoidal, en función de la longitud de onda L_n :

$$L = n \cdot S = 24 \times 2.00607 \times 10^{-3}\lambda = \mathbf{0.04815\lambda}$$

3.7.2 Simulación de la antena helicoidal

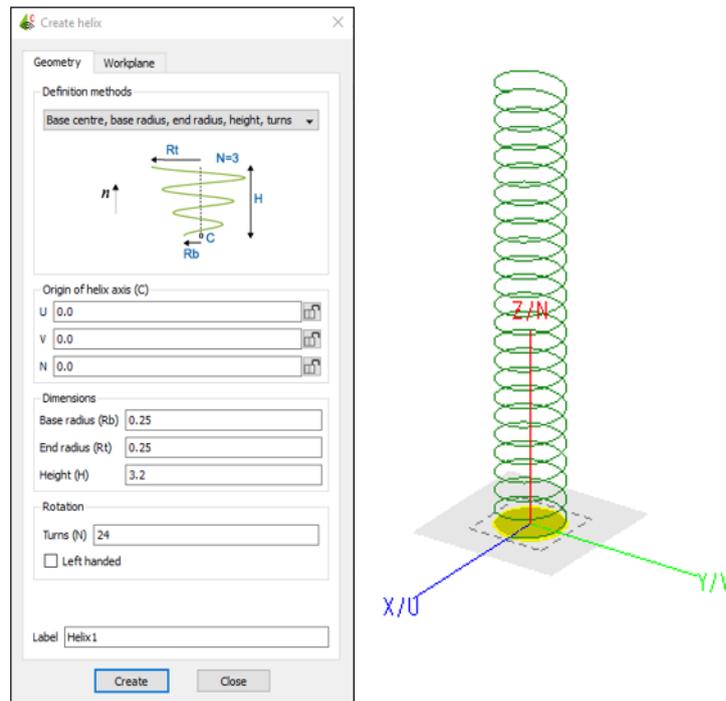
La simulación de las antenas helicoidales para los módulos RF que operan a una frecuencia de 433MHz, se la efectuó en el software CADFEKO, el cual permite realizar la construcción de las antenas a partir de especificaciones y características físicas, las mismas que deben ser coherentes, ya que, si las características físicas de construcción de la antena no son congruentes, la simulación no permitirá su compilación para poder observar el patrón de radiación.

Figura 3.36. Creación de las variables en CADFEKO



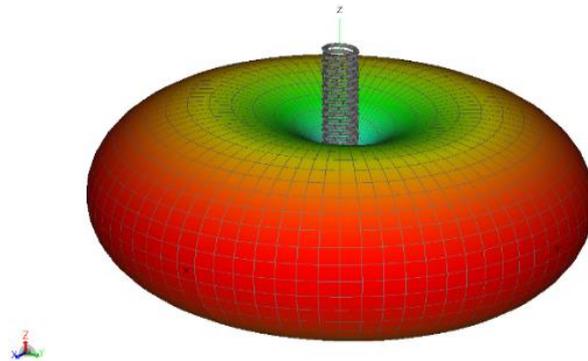
Script de la creación de las variables de funcionamiento de la antena helicoidal en el software CADFEKO, que será la frecuencia de operación, la velocidad de la luz y la longitud de onda. Elaborado por: Miguel Córdor.

Figura 3.37. Creación de la helicoidal en CADFEKO



Script de la creación de la antena helicoidal en el software CADFEKO, con los valores del radio inferior, radio superior, y la altura de la antena en centímetros junto con el número de espiras. Elaborado por: Miguel Córdor.

Figura 3.38. Patrón de radiación de la antena helicoidal



Script del patrón de radiación de la antena helicoidal en modo normal cuya forma es un toroide. Elaborado por: Miguel Córdor.

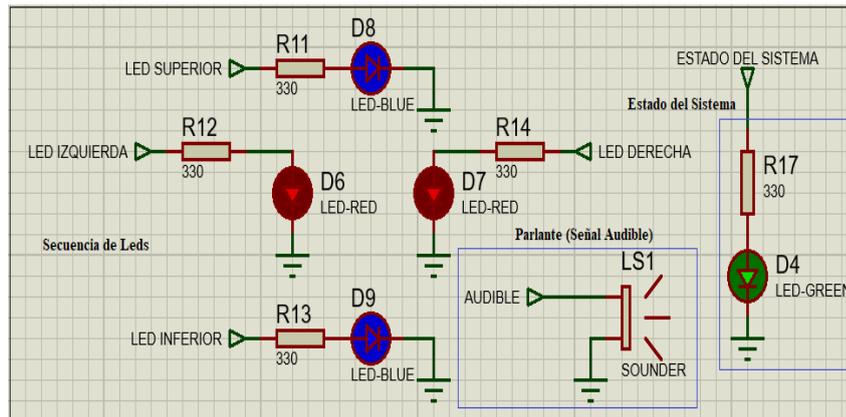
3.8. Etapa 5 Actuadores y Convertidor Boots

En esta etapa se presentan a los actuadores que forman parte del sistema receptor, los mismos que se han dividido en dos partes. Actuadores que sirven para realizar la búsqueda del teléfono celular, como es la señal audible junto a la secuencia de leds, y el convertidor boot que emite el estímulo aversivo (Descarga eléctrica).

3.8.1. Secuencia de leds y señal audible

Como ya se conoce esta secuencia está formada por 4 leds, dos de color rojo y dos de color azul, los mismos que realizan giros en sentido horario y anti horario culminando con una intermitencia, y para la señal audible se conecta un parlante de 8 ohmios a 0.5W. Esto se puede apreciar en la Figura 3.39.

Figura 3.39. Circuito de la secuencia de leds y señal audible



Script del software de simulación proteus v8.6 SP2, de los actuadores (secuencia de leds, señal audible y estado del sistema). Elaborado por: Miguel Córdor.

3.8.2. Diseño del convertidor Boots (Elevador)

Para el diseño del convertidor boots, que forma parte del sistema antirrobo, será analizado en dos rangos de tiempo que lo dictamina el MOSFET Q1. El primer análisis es cuando el MOSFET Q1, está cerrado es decir permite el paso de la corriente eléctrica entre los pines D (Drain) y S (Source), y el segundo análisis se lo realiza cuando el MOSFET Q1, está abierto sin permitir el paso de la corriente eléctrica entre los pines antes mencionados.

Parámetro para el análisis:

T: Periodo de conmutación.

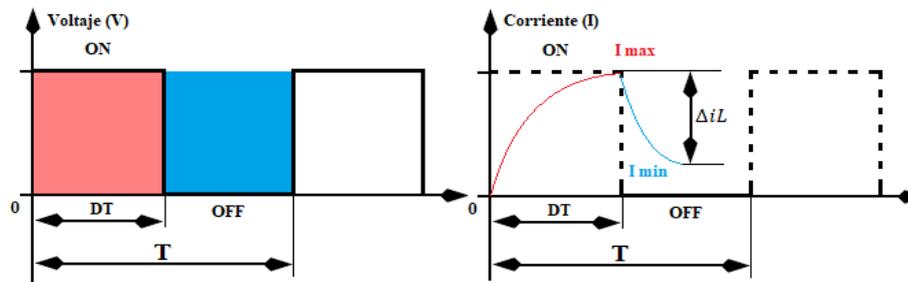
DT: Tiempo que el MOSFET Q1 está cerrado (ON).

(1-D) T: Tiempo que el MOSFET Q1 está abierto (OFF).

Vs: Voltaje de entrada para el convertidor boots.

Vo: Voltaje de salida del convertidor boots.

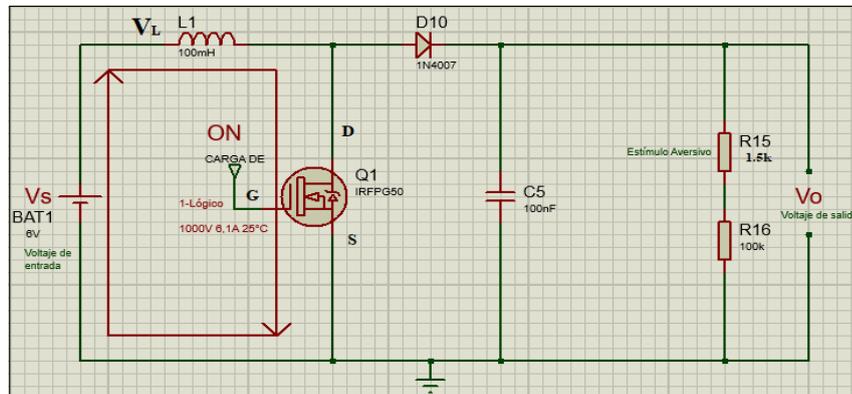
Figura 3.40. Curvas de conmutación de Voltaje y corriente



Curvas de conmutación del voltaje y corriente ideales del MOSFET Q1. Elaborado por: Miguel Córdor.

3.8.3. Análisis cuando el MOSFET Q1 está conduciendo (ON).

Figura 3.41. Circuito convertidor boots (ON).



Script del software de simulación proteus v8.6 SP2 con el circuito del convertidor boots, cuando el MOSFET Q1 está conduciendo corriente eléctrica a través de sus pines D y S. Elaborado por: Miguel Córdor

Como se observa en la Figura 3.41, el MOSFET Q1 está conduciendo corriente eléctrica, por lo cual se tiene únicamente corriente en la malla que esta denotada con las fechas de color rojo.

Por consiguiente, se plantea el siguiente análisis de malla, en el cual se conoce que el voltaje de la fuente (V_s) es igual al voltaje que circula por el inductor (V_L). Para calcular el voltaje en el inductor se tiene la siguiente relación, valor del inductor en henrios multiplicado por un diferencial de corriente, el mismo que se lo representa como una variación de corriente en el inductor ΔiL sobre un Δt , esto se aprecia en la Ec. (3.5).

También se conoce que Δt es igual a DT , el cual es el tiempo que el MOSFET Q1 está cerrado, menos el tiempo inicial que es cero, esto se observa en la *Ec.* (3.6)

$$V_S = V_L \Rightarrow V_S = L \frac{di}{dt} \Rightarrow V_S = L \frac{\Delta iL}{\Delta t} \quad \text{Ec. (3.5)}$$

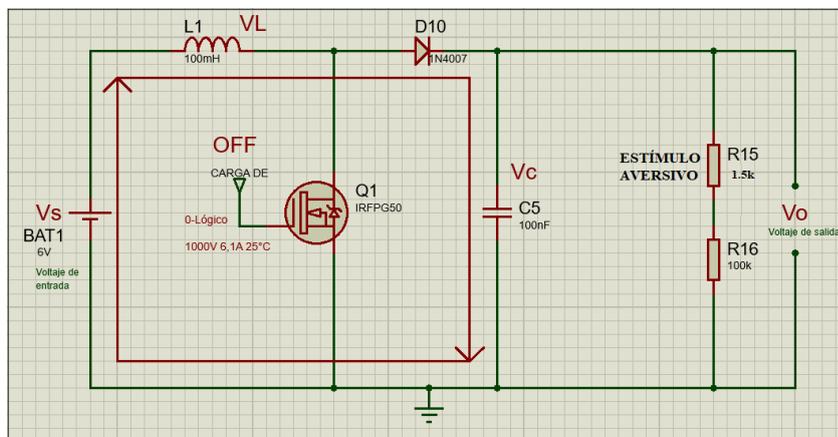
$$\Delta t = DT - 0 \Rightarrow \Delta t = DT \quad \text{Ec. (3.6)}$$

Se reemplaza *Ec.* (3.6) en *Ec.* (3.5) y se despeja ΔiL , con esto se obtiene el diferencial de corriente cuando el MOSFET Q1 está en conducción (ON).

$$V_S = L \frac{\Delta iL}{DT} \Rightarrow \Delta iL_{ON} = \frac{V_S}{L} DT \quad \text{Ec. (3.7)}$$

3.8.4. Análisis cuando el MOSFET Q1 no está en conducción (OFF).

Figura 3.42. Circuito convertidor boots (OFF).



Script del software de simulación proteus v8.6 SP2 con el circuito del convertidor boot, cuando el MOSFET Q1 no está en conducción, es decir no hay corriente eléctrica entre los pines D y S. Elaborado por: Miguel Córdor.

Como se observa en la Figura 3.42, el MOSFET Q1 no conduce corriente eléctrica, por lo cual se tiene únicamente corriente en la malla que esta denotada con las fechas de color rojo, la cual a travesa por el capacitor para cargarlo.

Por consiguiente, se plantea el análisis de esta malla, en la cual se conoce que el voltaje de la fuente V_S , es igual al voltaje del inductor V_L , más el voltaje del capacitor V_C , y como se observa en la Figura 3.42. La resistencia está conectada en paralelo al capacitor y este es el mismo voltaje de salida V_O , por ende se puede reducir en lo que plantea la *Ec.* (3.8).

$$V_S = V_L + V_C \quad ; \quad V_C = V_R = V_O$$

$$V_S = V_L + V_O \quad \text{Ec. (3.8)}$$

A continuación, se reemplaza el voltaje del inductor por su diferencial de corriente y se obtiene la *Ec.* (3.9). En la cual reemplazamos Δt que es el tiempo que dura la señal en OFF, como se puede apreciar en la curva del voltaje de la Figura 3.40. con esto se obtiene el diferencial de corriente cuando el MOSFET Q1 deja la conducción (OFF), así obteniendo la *Ec.* (3.11).

$$V_S = L \frac{di}{dt} + V_O \quad \Rightarrow \quad V_S = L \frac{\Delta i_L}{\Delta t} + V_O \quad \text{Ec. (3.9)}$$

$$\Delta t = T - DT \quad \Rightarrow \quad \Delta t = T(1 - D) \quad \text{Ec. (3.10)}$$

$$V_S = L \frac{\Delta i_L}{T(1 - D)} + V_O \quad \Rightarrow \quad \Delta i_{L_{OFF}} = \left(\frac{V_S - V_O}{L} \right) (1 - D)T \quad \text{Ec. (3.11)}$$

3.8.5. Relación entre el voltaje de entrada y el voltaje de salida

Para conocer la relación que existe entre el voltaje de entrada del circuito convertidor boots, y el voltaje de salida en régimen permanente, se realiza la suma de los diferenciales de corriente en ambos estados, en conducción y de no conducción e igualamos a cero, esto debido a la consideración que la corriente en el inductor debe ser mayor o igual a cero $I_L \geq 0$, como se aprecia en la *Ec.* (3.12). Ya con la *Ec.* (3.12) se reemplaza los diferenciales de corriente con sus equivalencias, y se procede a realizar el despeje del voltaje de salida V_O mediante operaciones matemáticas, y así obteniendo la *Ec.* (3.13).

$$\Delta iL(ON) + \Delta iL(OFF) = 0 \quad \text{Ec. (3.12).}$$

$$\begin{aligned} \frac{V_S}{L}DT + \left(\frac{V_S - V_O}{L}\right)(1 - D)T &= 0 \\ \left(\frac{V_S - V_O}{L}\right)(1 - D)T &= -\frac{V_S}{L}DT \Rightarrow V_S - V_O(T - DT) = -V_SDT \\ V_S T - V_S DT - V_O T + V_O DT &= -V_S DT \\ V_S T - V_O T + V_O DT &= 0 \Rightarrow V_S T - V_O(T + DT) = 0 \\ V_S T = V_O(T + DT) &\Rightarrow V_O = \frac{V_S T}{(T + DT)} \Rightarrow V_O = \frac{V_S T}{T(1 + D)} \\ V_O &= \frac{V_S}{(1 - D)} \quad \text{Ec. (3.13)} \end{aligned}$$

Con la Ec. (3.13), del voltaje de salida se puede conocer la relación que existe entre el voltaje de entrada y voltaje de salida, ya que se conoce el valor del voltaje de entrada que es $V_S = 6V$ y el voltaje que se desea obtener a la salida es de $V_O = 1000V$, por lo tanto se obtiene que el valor es $D = 0,994$, como se aprecia en la Ec. (3.14).

$$D = 1 - \frac{V_S}{V_O} = 1 - \frac{6V}{1000V} = 0.994 \quad \text{Ec. (3.14)}$$

Por último se reemplaza el valor de D en la Ec. (3.13), por consiguiente se obtiene la relación entre voltajes de entrada y salida. Donde se tiene que el voltaje de salida es igual a 166,67 veces el voltaje de entrada, como se observa en la Ec. (3.15).

$$\begin{aligned} V_O &= \frac{V_S}{(1 - 0.994)} \\ V_O &= 166.67 V_S \quad \text{Ec. (3.15)} \end{aligned}$$

3.8.6. Expresión para el cálculo del valor del Inductor

Para el cálculo del valor que debe poseer el inductor en el circuito convertidor boots, se necesita conocer la corriente que va a circular por el inductor, y como se aprecia en la Figura 3.41 la corriente que sale de la fuente es la misma que a traviesa el inductor, y como se conoce el valor de voltaje de la fuente, se hallará la potencia de entrada y la potencia de salida con las Ec. (3.16 – 3.17).

$$P_{ENTRADA} = V_S I_L \quad Ec. (3.16)$$

$$P_{SALIDA} = \frac{(V_O)^2}{R} \quad Ec. (3.17)$$

Tomando la consideración que los componentes que forman parte del circuito convertidor boots son ideales, y no hay pérdida de potencia, se puede decir que:

$$P_{in} = P_{out} \Rightarrow V_S I_L = \frac{(V_O)^2}{R} \quad Ec. (3.18)$$

Con la *Ec. (3.18)* se despeja la corriente del inductor I_L , y se reemplaza el voltaje de salida V_O por su equivalente que se tiene en la *Ec. (3.13)*, por último se realiza las operaciones correspondientes para obtener la expresión de la corriente media en el inductor, como se aprecia en la *Ec. (3.19)*

$$\begin{aligned} V_S I_L = \frac{\left(\frac{V_S}{1-D}\right)^2}{R} &\Rightarrow V_S I_L = \frac{V_S^2}{(1-D)^2 R} \Rightarrow I_L = \frac{\frac{V_S^2}{(1-D)^2}}{V_S R} \\ I_L &= \frac{V_S^2}{V_S R (1-D)^2} \\ I_L &= \frac{V_S}{R(1-D)^2} \quad Ec. (3.19) \end{aligned}$$

Ahora bien, para encontrar las expresiones de la corriente máxima y la corriente mínima en el inductor, se tiene la ecuación *Ec. (3.20)*, la cual es positiva para la corriente máxima y negativa para la corriente mínima. Las equivalencias de I_L se tiene en la *Ec. (3.19)* y Δi_L en la *Ec. (3.7)*.

$$I_{max} = I_L \pm \frac{\Delta i_L}{2} \quad Ec. (3.20)$$

$$I_{max} = \frac{V_S}{R(1-D)^2} + \frac{V_S D T}{2L} \quad Ec. (3.21)$$

$$I_{min} = \frac{V_S}{R(1-D)^2} - \frac{V_S D T}{2L} \quad Ec. (3.22)$$

Como ya se sabe la corriente en el inductor debe ser mayor o igual a cero $I_L \geq 0$, por lo tanto se tiene que la corriente mínima en inductor I_{min} puede ser igual 0, para decir que existe corriente permanente en el mismo. Dicho esto, se tiene la expresión de la Ec. (3.23), de la cual se despeja L y se reemplaza el periodo T por su equivalente que es el inverso de la frecuencia de trabajo $1/f$, así obteniendo la Ec. (3.24) para el cálculo del valor del inductor.

$$0 = \frac{V_S}{R(1-D)^2} - \frac{V_S DT}{2L} \quad \text{Ec. (3.23)}$$

$$\frac{V_S}{R(1-D)^2} = \frac{V_S DT}{2L} \Rightarrow \frac{1}{R(1-D)^2} = \frac{D}{2Lf} \Rightarrow Lf = \frac{D(1-D)^2 R}{2}$$

$$L_{min} = \frac{D(1-D)^2 R}{2f} \quad \text{Ec. (3.24)}$$

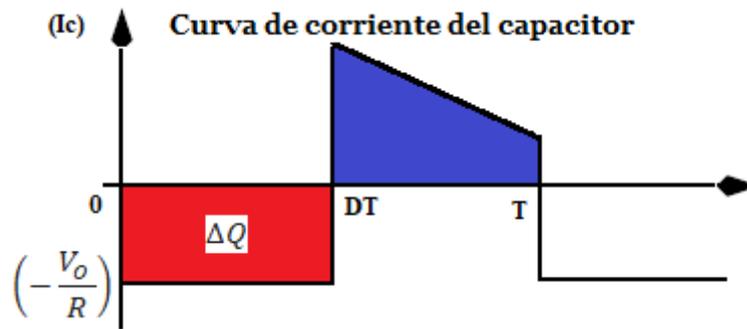
El valor de la inductancia mínima de la Ec. (3.24), se la conoce también como valor de inductancia crítica, y es el valor mínimo que debe tener la inductancia para un convertidor boots, para que trabaje en régimen permanente. Por lo tanto, para alejarse de este punto crítico, se le debe sumar un porcentaje de la inductancia crítica para obtener un valor estable en el diseño, este porcentaje dependerá de los parámetros de diseño del convertidor boots.

$$L = L_{min} + \% \quad \text{Ec. (3.25)}$$

3.8.7. Expresión para el cálculo del valor del Capacitor

Para obtener la expresión y realizar el cálculo del valor del capacitor que tiene que poseer el circuito convertidor boots, se tendrá ayuda por medio de la curva de la corriente en el capacitor que se aprecia en la Figura 3.43.

Figura 3.43. Curva de corriente del capacitor.



Curva de la corriente para el cálculo del valor que debe poseer el capacitor en el convertidor boots.
Elaborado por: Miguel Córdor.

Se inicia con la expresión de la *Ec.* (3.26), en la cual Q es la carga almacenada en el capacitor igualada al valor del capacitor por el voltaje de salida, además se tiene en la *Ec.* (3.27), un ΔQ que no es otra cosa que el área que está marcada de color rojo en la Figura 3.43, la cual se expresa como una multiplicación de base por altura como se aprecia en la *Ec.* (3.28).

$$Q = CV_o \quad \text{Ec. (3.26)}$$

$$\Delta Q = C\Delta V_o \quad \text{Ec. (3.27)}$$

$$\Delta Q = \left(-\frac{V_o}{R}\right)DT \quad \text{Ec. (3.28)}$$

Una vez con la *Ec.* (3.28), se saca el valor absoluto de esta, y se reemplaza en la *Ec.* (3.27), así como también se sustituye T por su equivalente, obteniendo la *Ec.* (3.29), la cual permite calcular el valor del capacitor, con un valor de rizado de tensión a la salida.

$$|\Delta Q| = \frac{V_o}{R}DT$$

$$\frac{V_o}{R}DT = C\Delta V_o \Rightarrow \frac{\Delta V_o}{V_o} = \frac{DT}{RC} \Rightarrow T = \frac{1}{f}$$

$$\frac{\Delta V_o}{V_o} = \frac{D}{RfC} \quad \text{Ec. (3.29)}$$

3.8.8. Cálculo de los valores del inductor y capacitor

Los parámetros de diseño del convertidor boots son:

Vs: Voltaje de entrada 6V

Vo: Voltaje de salida del 1000V.

R: Carga del convertidor Boots $100K\Omega + 1.5K\Omega$

f: frecuencia de operación 20Hz

D: 0.994

Para el cálculo del valor del inductor se utiliza la Ec. (3.24), en la cual se reemplaza los parámetros de diseño.

$$L_{min} = \frac{D(1-D)^2 R}{2f}$$
$$L_{min} = \frac{0.994(1-0.994)^2 100K\Omega}{2(20)} = 0.08946H$$
$$L_{min} = \mathbf{89.46mH}$$
$$L = L_{min} + 25\%$$
$$L = 89.46mH + 22.37mH = \mathbf{111.825mH}$$

El valor del inductor calculado es de $111.825mH$, pero este valor no es comercial, por lo tanto se colocaría un inductor con el valor más cercano al cálculo que es **100mH**.

Para el cálculo del valor del capacitor se utiliza la Ec. (3.29), en la cual se reemplaza los parámetros de diseño, con un factor de rizado de 10%.

$$\frac{\Delta V_o}{V_o} = \frac{D}{RfC}$$
$$C = \frac{D V_o}{\Delta V_o R f} = \frac{(0.994)(1Kv)}{0.10(1Kv)(100K\Omega + 1.5K\Omega)(20)} = 4.89 \times 10^{-6} F = \mathbf{4.89\mu F}$$

3.8.9. Ajuste del valor de capacitancia

El valor calculado para el capacitor es de 4.89 μ F, como este no es un valor comercial, se deberá encontrar un capacitor con el valor más cercano al calculado, el cual es de 4.7 μ F a 450V, aunque este valor es el más cercano en capacitancia, no lo es en voltaje ya que se requiere un capacitor a 1Kv como mínimo, por consiguiente, el valor del capacitor deberá ser ajustado, a un valor que logre cumplir con los parámetros de diseño, y se lo encuentre en el mercado.

Además, el tiempo que tarda para descargarse el capacitor calculado denominado t_D , es muy grande en comparación al que necesita el sistema, el cual es $t_D \leq 0.05s$, este tiempo viene dado por la frecuencia de conmutación del MOSFET Q1, que es 20Hz con un periodo de $T = 0.05s$, por lo cual se precisa que la descarga del capacitor sea menor o igual a este tiempo, y así logre su descarga total. Para realizar el cálculo del tiempo que tarda en descargarse el capacitor se tiene la Ec. (3.30). Donde RC es una constante de tiempo que provee un estimado del orden de la magnitud del tiempo para cargar o descargar un capacitor por medio de una resistencia, por ende el proceso de la carga o descarga de un capacitor es del 99% cuando a pasado 5 constantes de tiempo RC , esto teóricamente. (Universidad Nacional Experimental del Táchira, pág. 5)

$$t_D = 5RC \quad \text{Ec. (3.30)}$$

$$t_D = 5(100K\Omega + 1.5K\Omega)(4.7 \times 10^{-6}) = 2.39s$$

Ahora bien, la resistencia que se dispone para que se descargue el capacitor es de 100K Ω , la misma que debe ser constante, ya que esta resistencia limita la corriente de 10mA que circula en la malla derecha del capacitor, la cual está en contacto directo con el individuo que reciba el estímulo aversivo, como se observa en la Figura 3.40, por ende no se puede cambiar el valor de resistencia ya que esta permite estar en el rango de SORPRESA como se observa en la Tabla 2.1 de Niveles de intensidad de corriente y efectos causados sobre el cuerpo humano.

También se dispone de otra resistencia conectada en serie a la resistencia que limita la corriente eléctrica en la malla del estímulo aversivo, que tiene un valor de $1.5K\Omega$, y esta representa al individuo que recibirá el estímulo aversivo. Esta resistencia eléctrica es la que presenta el 95% de las personas en oposición al paso de corriente continua (DC), en una trayectoria de mano a mano, con piel seca y una superficie de contacto de $50 - 100cm^2$, como se observa en la Tabla 3.2. sobre la impedancia del cuerpo humano. (Pérez Gabarda, pág. 5)

Por consiguiente, el único valor que puede ser modificado es el del capacitor, para esto se utiliza la *Ec.* (3.30), en la cual se despeja C obteniendo la *Ec.* (3.31) donde se remplazará los parámetros propios del diseño.

t_D : Tiempo de descargar del capacitor menor o igual a 0.05s.

R : Resistencia por la cual se descarga el capacitor de $(100K\Omega + 1.5K\Omega)$.

$$C = \frac{t_D}{5R} \quad \text{Ec. (3.31)}$$

$$C = \frac{0.05}{5(100K\Omega + 1.5K\Omega)} = 9.85 \times 10^{-8} \mu F$$

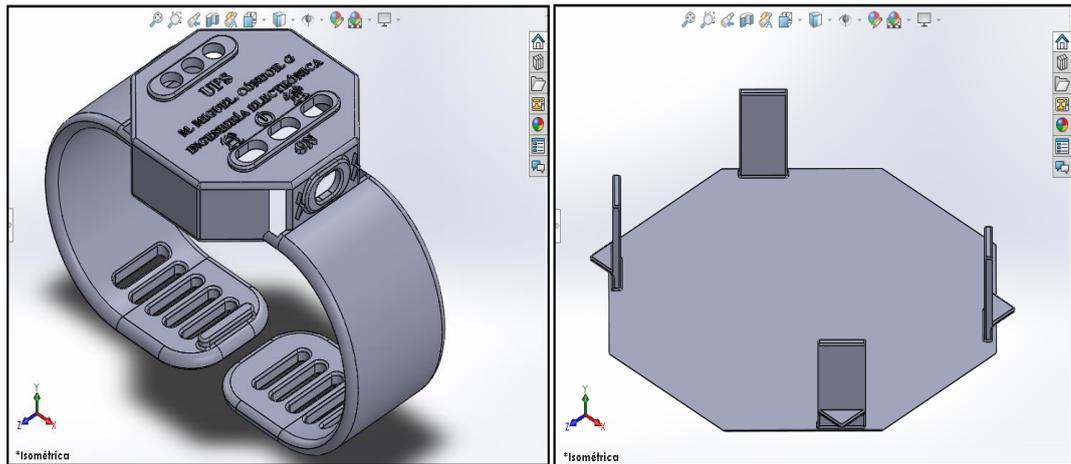
$$C = \mathbf{98.58nF} \approx \mathbf{100nF}$$

3.9. Diseño de la estructura del Emisor (Pulsera)

Para el diseño de la estructura que lleva el emisor del sistema electrónico antirrobo para teléfonos celulares, ha sido modelado en el software de diseño asistido por computadora denominado SolidWorks, ya que este programa de simulación es amigable con el diseñador e intuitivo en su manejo, además permite plasmar la creación de piezas o estructuras que podrán ser llevadas a un proceso de implementación mediante impresión en 3D.

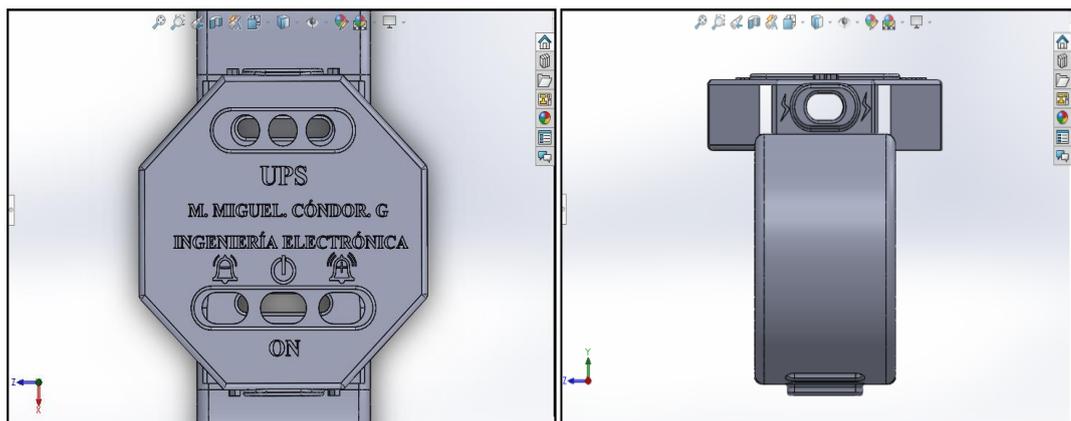
Para el diseño de la estructura del emisor se optó por el modelo de una pulsera, ya que tiene un acceso fácil, cómodo y rápido ante algún suceso ilícito sobre el dispositivo celular, ya que en el instante que ocurra el hurto o robo del teléfono móvil, el propietario deberá tener el dispositivo que controla los estímulos aversivos lo más accesible y cerca de él.

Figura 3.44. Pulsera emisor y la tapa posterior.



Script de SolidWorks del diseño de la pulsera emisor del sistema antirrobo, en vista isométrica con su respectiva tapa posterior. Elaborado por: Miguel Córdor.

Figura 3.45. Pulsera emisor vista superior y lateral.



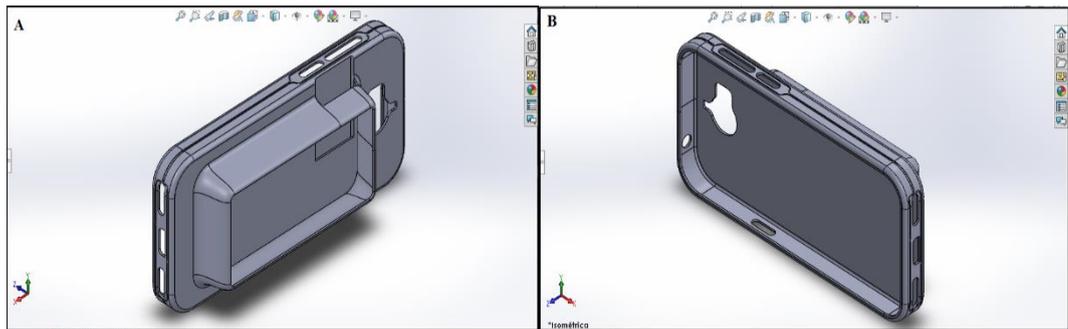
Script de SolidWorks del diseño de la pulsera emisor del sistema antirrobo, en vista superior y lateral. Elaborado por: Miguel Córdor.

Como se aprecia en la Figura 3.44, en la vista frontal están ubicados los vanos para los 3 botones de mando junto a la ubicación de los leds que representan las señales visuales del sistema, y en la vista lateral se encuentra la ubicación para el botón 4, que junto con el botón 5 que se encuentra ubicado al lado contrario de la vista lateral, activarán el estímulo aversivo. Como se puede notar para realizar la activación del sistema electrónico antirrobo, se ocupan las dos extremidades superiores, en una de ellas va sujeta la pulsera y la otra es la que activa las funciones de control del sistema. Por lo tanto, se puede acotar que el sistema no es un arma para defensa personal, así alejándose una vez más del concepto de arma no letal o arma disuasiva.

3.10. Diseño de la estructura del Receptor (Estuche)

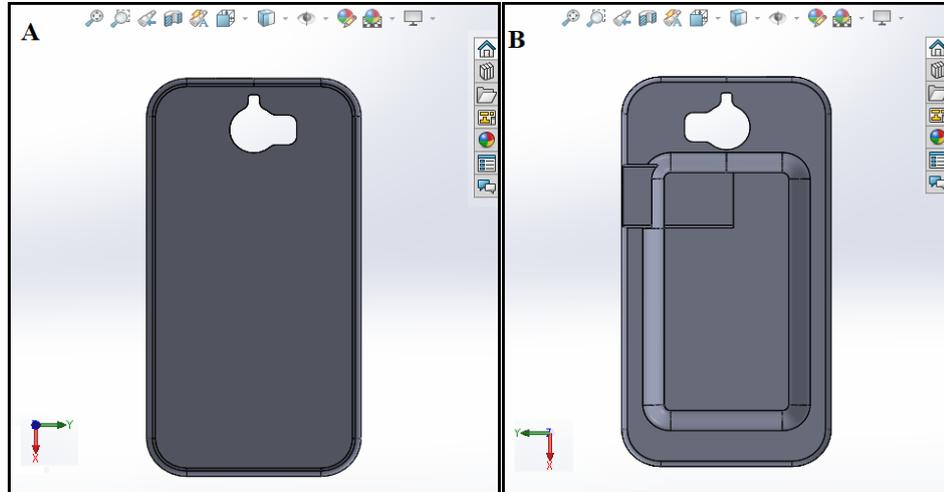
Para el diseño de la estructura que lleva el receptor del sistema electrónico antirrobo para teléfonos celulares, también esta ha sido modelada en el software de diseño asistido por computadora denominado SolidWorks.

Figura 3.46. Estuche receptor vistas isométricas.



Script de SolidWorks del diseño del estuche receptor del sistema antirrobo, en vista isométrica izquierda y derecha. Elaborado por: Miguel Córdor.

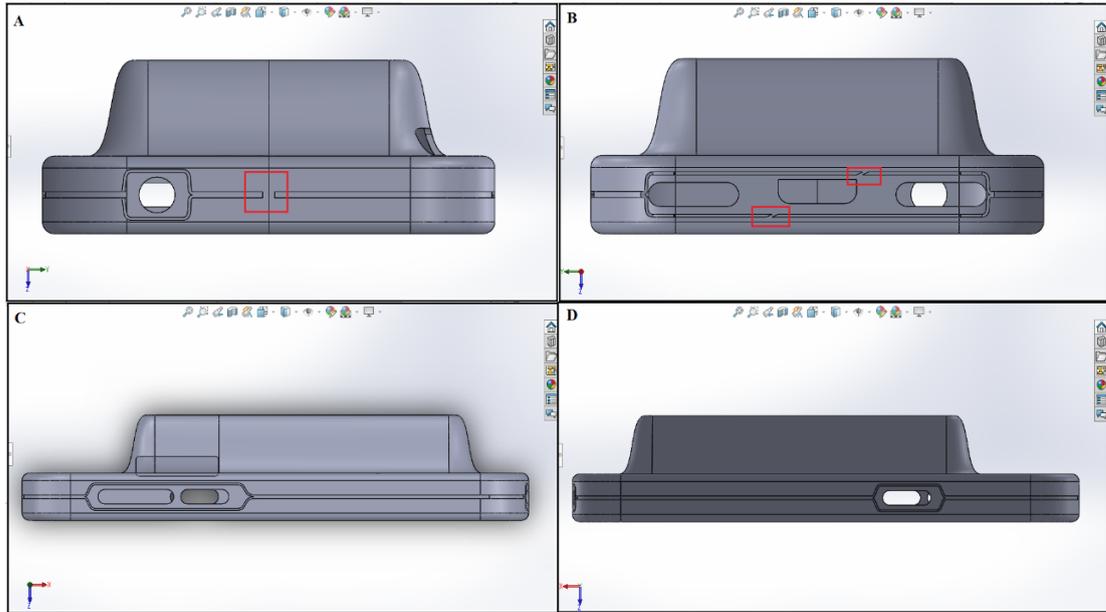
Figura 3.47. Estuche receptor vista frontal y posterior.



Script de SolidWorks del diseño del estuche receptor del sistema antirrobo, en vista frontal y posterior. Elaborado por: Miguel Córdor.

Lo primero que se puede notar con claridad en el diseño, es la posesión de una capsula trasera en el estuche que rodea al dispositivo celular, como se aprecia en las Figuras 3.46-A y 3.47-B, en la cual van todos los elementos electrónicos que forman parte del funcionamiento del receptor, y así aislándolos para proteger la estructura física y no alterar el funcionamiento del teléfono celular.

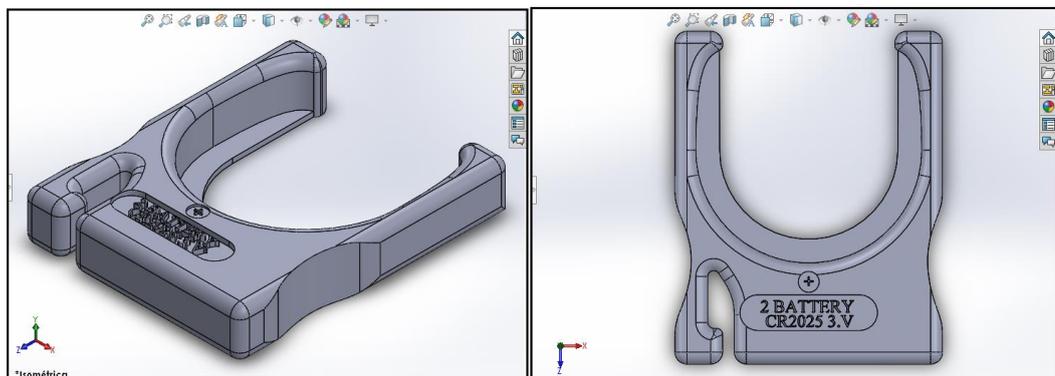
Figura 3.48. Estuche receptor vistas superior, inferior y laterales.



Script de SolidWorks del diseño del estuche receptor del sistema antirrobo, en vistas laterales. Elaborado por: Miguel Córdor.

En la Figura 3.48 se aprecia dos surcos que rodean todo el contorno del estuche receptor, uno de lado izquierdo, y otro del lado derecho, la individualidad de estos se indica en los recuadros de color rojo. En los surcos se instalará un material conductor, el cual estará conectado en paralelo a los puntos D y E que muestra la Figura 4.54, estos puntos son los que emiten la descarga eléctrica.

Figura 3.49. Compartimento para las pilas de botón.



Script de SolidWorks del diseño del compartimento para las 2 pilas de botón para el receptor estuche, vista isométrica y frontal. Elaborado por: Miguel Córdor.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS Y RESULTADOS

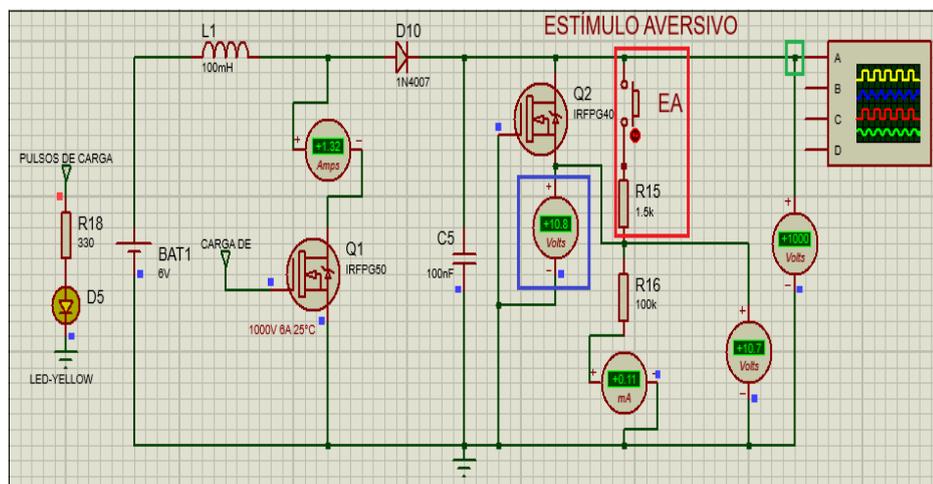
En este último capítulo se presenta el resultado del diseño del sistema electrónico antirrobo de teléfonos celulares, y las curvas de carga y descarga del capacitor, así como el tiempo que toma en realizarse. Además, en este capítulo se efectúa un análisis de costos de implementación del sistema electrónico para un futuro uso práctico.

4.1. Resultados y ajuste de la curva del capacitor

Para mejorar el tiempo que toma al capacitor al realizar la descarga, se le agrega un segundo MOSFET al convertidor boots denominado Q2, en conexión paralela al botón denominado EA, el cual representa junto con la resistencia de $1.5K\Omega$, al individuo que recibe el estímulo aversivo.

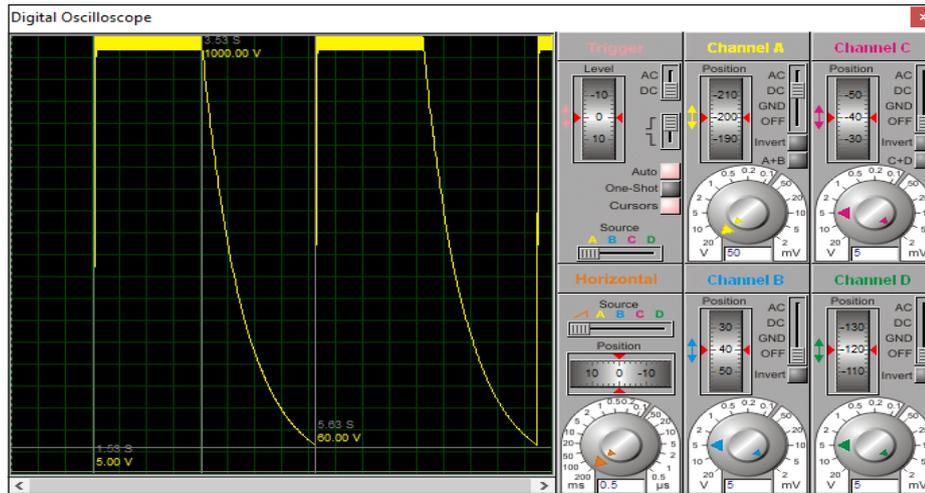
Este MOSFET Q2 sirve para que el capacitor pueda descargarse de manera rápida, cuando el botón EA permanece abierto, omitiendo así una descarga del capacitor por contacto, cuando ésta no sea necesaria, y así evitar alguna lesión al propietario del teléfono celular. Para que el MOSFET Q2 pueda entrar en modo de conducción, debe existir una diferencia de potencial entre los pines $V_{GS} = 10v$ aproximadamente, como se logra apreciar en la Figura 4.50. en el recuadro de color azul.

Figura 4.50. Convertidor Boots sin carga activa



Script del software de simulación proteus v8.6 SP2 con el circuito del convertidor boot sin carga activa.
Elaborado por: Miguel Córdor.

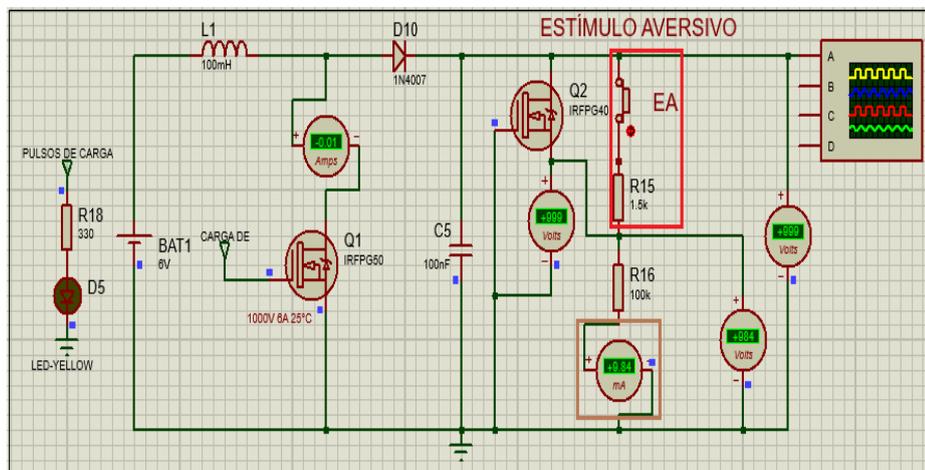
Figura 4.51. Curva del Convertidor boots sin carga activa



Script del software de simulación proteus v8.6 SP2 del osciloscopio, de la curva de voltaje del convertidor boots sin carga activa. Elaborado por: Miguel Córdor

En la Figura 4.51 se observa la curva de voltaje del convertidor boots, sin carga activa, lo cual se presenta cuando el botón EA está abierto, es decir no hay un individuo por el cual el capacitor se pueda descargar por contacto, sin embargo, en la curva se aprecia la carga y descarga del capacitor cada 2 segundos, este tiempo es controlado por la programación vista en la Figura 3.23, mediante el envío de los caracteres 'D' y 'E'. Esto con la finalidad de no permitir que el capacitor quede en estado de carga por más de 2 segundos, y así evitar lesiones o accidentes graves, por mantener un tiempo prolongado cargado el capacitor.

Figura 4.52. Convertidor Boots con carga activa

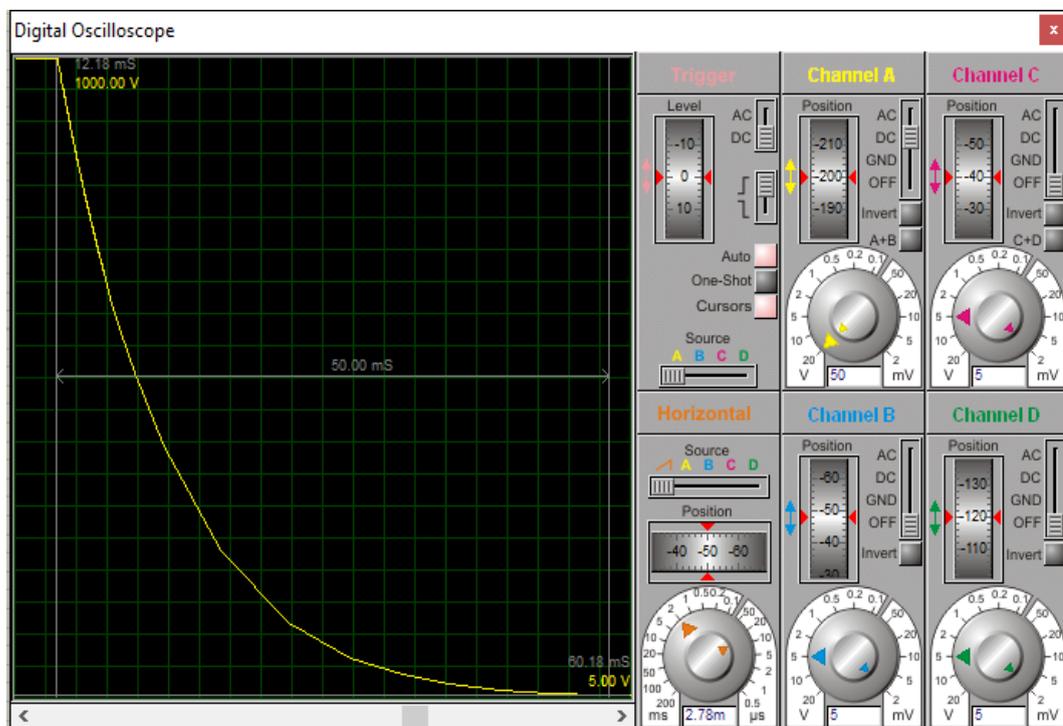


Script del software de simulación proteus v8.6 SP2, con el circuito del convertidor boot con carga activa. Elaborado por: Miguel Córdor.

En la Figura 4.52 se aprecia al convertidor boots con carga activa, lo cual se presenta cuando el botón EA está cerrado, lo que implicaría que el capacitor se está descargando por contacto, es decir está emitiendo el estímulo aversivo sobre algún individuo, con una corriente aproximada de 9.84mA como se observa en el recuadro de color marrón.

Para finalizar se tiene la Figura 4.53, en la cual se observa la curva de voltaje del convertidor boots, con carga activa en el instante que se descarga el capacitor, por medio de la resistencia de 100KΩ con un tiempo de descarga de 50ms o 0,05s que es la condición para el cálculo del capacitor realizada con la E_c . (3.31).

Figura 4.53. Curva del Convertidor Boots con carga activa



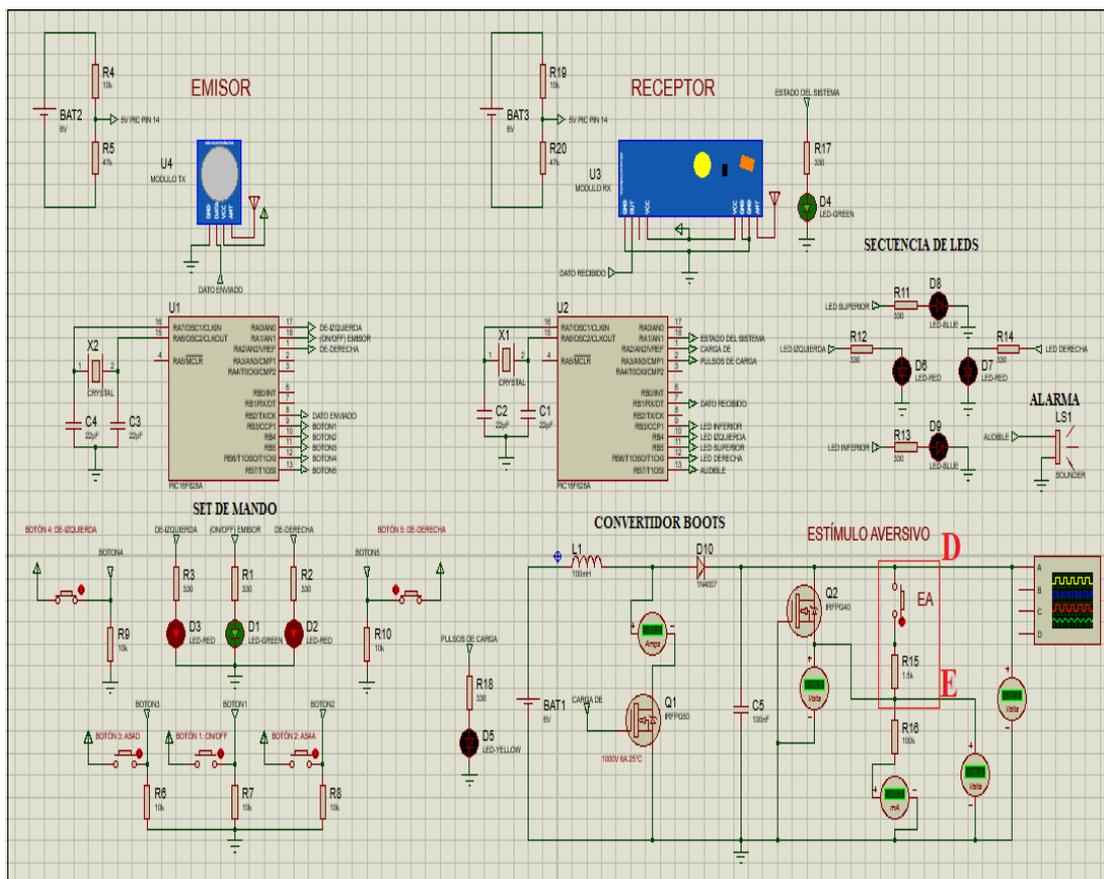
Script del software de simulación proteus v8.6 SP2 del osciloscopio de la curva de voltaje del convertidor boots con carga activa Elaborado por: Miguel Córdor.

4.2. Circuito del sistema electrónico antirrobo de teléfono celulares

En esta sección se presenta la simulación completa del sistema electrónico antirrobo de teléfonos celulares, realizada en el software proteus v8.6 SP2, en sus dos utilidades principales ARES e ISIS.

En la Figura 4.54 se observa la simulación completa del circuito electrónico antirrobo para teléfonos celulares, realizada en el software proteus utilidad ISIS. El cual consta con todas las etapas previamente vistas, que van desde el set de botones de control, hasta la secuencia de leds junto a la señal audible y el convertidor boots, con su debido procesamiento de datos por parte de los microcontroladores y la emisión de los mismos, por medio de los módulos de radiofrecuencia junto a sus respectivas antenas.

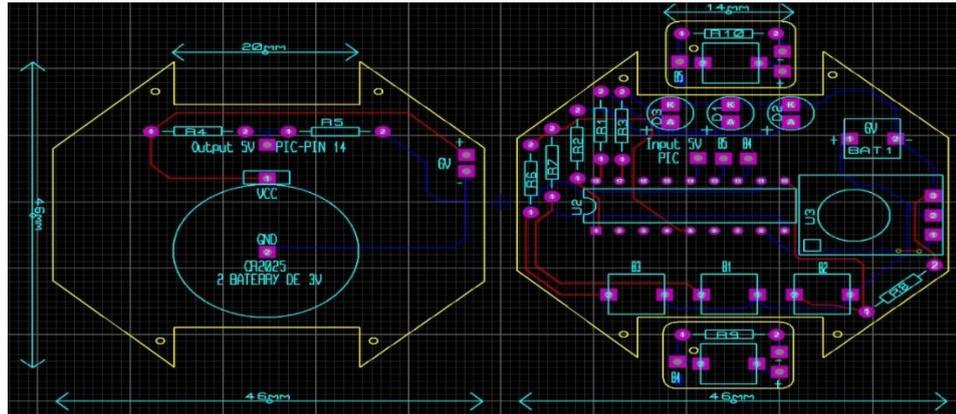
Figura 4.54. Circuito antirrobo de teléfonos celulares en ISIS



Script del software de simulación proteus v8.6 SP2 en la utilidad ISIS del circuito antirrobo de teléfonos celulares. Elaborado por: Miguel Córdor.

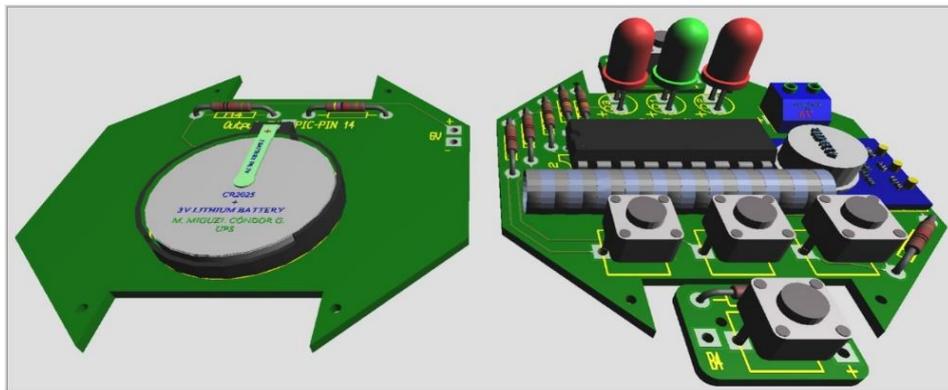
Por otro lado, en la Figura 4.55 se tiene la simulación del circuito emisor del sistema electrónico antirrobo, realizada en la utilidad ARES, donde se visualiza las pistas de conexiones entre los elementos, así como su modelo en 3D, en la Figura 4.56.

Figura 4.55. Circuito de la PCB del Emisor en ARES



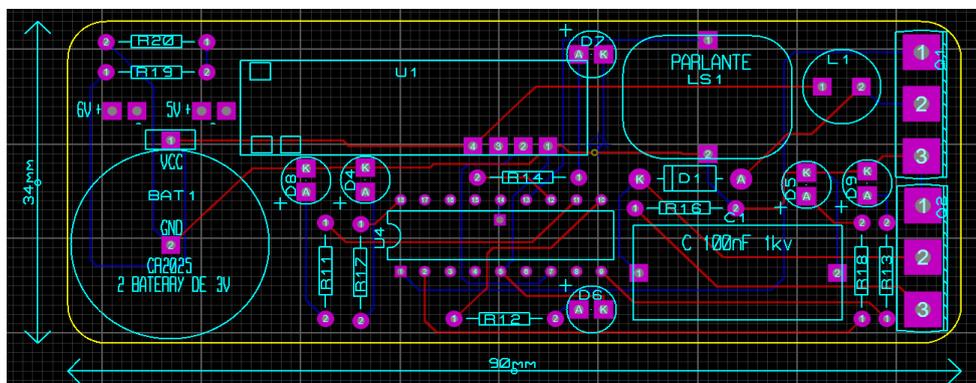
Script del software de simulación proteus v8.6 SP2 en la utilidad ARES, de la PCB del circuito emisor del sistema antirrobo. Elaborado por: Miguel Córdor.

Figura 4.56. Circuito de la PCB en 3D del Emisor en ARES



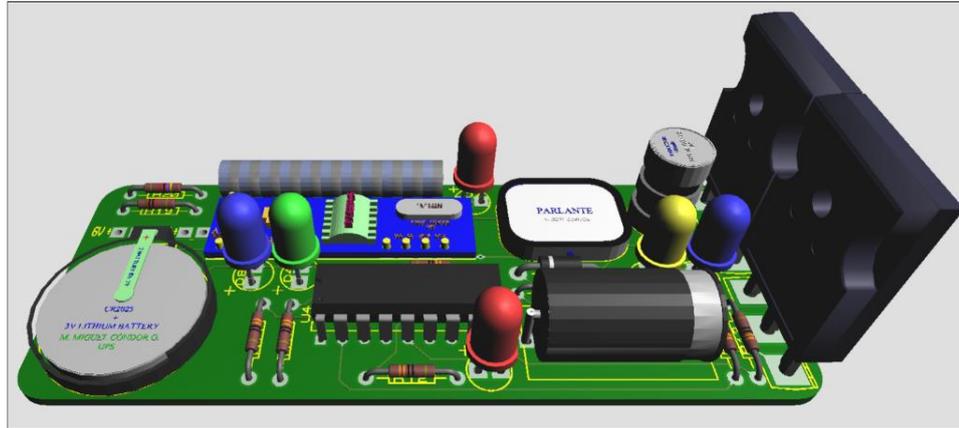
Script del software de simulación proteus v8.6 SP2 en la utilidad ARES, de la PCB en 3D del circuito emisor del sistema antirrobo. Elaborado por: Miguel Córdor.

Figura 4.57. Circuito de la PCB del Receptor en ARES



Script del software de simulación proteus v8.6 SP2 en la utilidad ARES, de la PCB del circuito receptor del sistema antirrobo. Elaborado por: Miguel Córdor.

Figura 4.58. Circuito de la PCB en 3D del Receptor en ARES



Script del software de simulación proteus v8.6 SP2 en la utilidad ARES, de la PCB en 3D del circuito receptor del sistema antirrobo. Elaborado por: Miguel Córdor.

Y por último en esta sección, se tiene las Figuras 4.57 y 4.58 donde se encuentra la simulación del circuito receptor del sistema electrónico antirrobo, realizada en la utilidad ARES, en la cual se visualiza las pistas de conexiones entre los elementos y a estos que forman parte del circuito receptor, así como su modelo en 3D respectivamente.

4.3. Costos de implementación

Los costos de implementación para el sistema electrónico se dividen en 2 partes, la primera es el costo de adquisición de los elementos electrónicos que forman parte del sistema, y la segunda son los costos que implica en la impresión de los diseños efectuados, tanto el de las pistas de conexiones del circuito y la impresión en 3D de la estructura total del sistema.

Tabla 4.10. Elementos electrónicos para el sistema

Elementos	Tipo- Características	Cantidad	Pecio C/U (\$)	Total (\$)
Microcontroladores	16F628A	2	3.25	6.50
Módulos RF	433MHz STX882 V1.2, SRX882 V1.3	1	6.99	6.99
Leds	Rojo, Azul, Verde, Amarillo	9	0.15	1.35
Resistencias	330 Ω ,100k Ω ,1k Ω	19	0.05	0.95
Pilas	Tipo Botón 3V CR2025	4	0.50	2.00
MOSFET	IRFPG50	2	6	12.00
Parlante	8ohm	1	1.50	1.50
Capacitor	100nF 1kv	1	1.99	1.99
Inductor	100mH	1	1.50	1.50
Diodo	1N4007	1	1.35	1.35
Pulsadores		5	0.15	0.75
				\$36.88

Tabla de costos de los materiales electrónicos para la implementación del sistema electrónico antirrobo de teléfonos celulares. Elaborado por: Miguel Córdor.

En la Tabla 4.10 se observa todos los elementos electrónicos que forman parte del sistema antirrobo para teléfonos celulares, así como la cantidad que se requiere de cada uno de ellos, junto con su respectivo precio que poseen en el mercado, dando un costo total en materiales de \$36.88, más el costo de mano de obra por soldadura de los elementos y ensamblaje de \$5.

Tabla 4.11 Costo de impresión de los diseños

Impresión de Diseños	Características	Cantidad	Precio C/U	Precio (\$)
Impresión de las placas PCB	Compradas en JLCPCB online 10mmx10mm	Pedido mínimo 10 unidades	2.00	2.00
Impresión de la estructura en 3D con PLA	Emisor	25gr	0.10	6.50
	Receptor	40gr	0.10	
				\$ 8.50

Tabla de costos de las impresiones de los diseños para la implementación del sistema electrónico antirrobo de teléfonos celulares. Elaborado por: Miguel Córdor.

En la Tabla 4.11 se aprecia el costo de las impresiones de los diseños, como son el de las pistas de conexiones para los elementos del circuito electrónico, el cual se realiza mediante un pedido online a la empresa china JLCPCB, la cual tiene como pedido mínimo 10 placas de 10mmx10mm, por un costo total de \$2 con un terminado profesional. Por otro lado, las impresiones en 3D de la estructura total del sistema, tiene un valor de \$ 6.50. Se debe tomar en cuenta que la impresión en 3D es realizada con material PLA, que es un polímero denominado poliácido láctico, el cual tiene una resistividad eléctrica de $(3 \times 10^{17} \text{ a } 6 \times 10^{17}) \mu\text{ohm} \cdot \text{cm}$.

Sumando todos los costos que implican la creación física del diseño, se tiene un total de \$50.38, con el cual se podría impedir el hurto o robo por arrebatamiento de un dispositivo celular, desde luego tomando en cuenta que costo tiene un teléfono inteligente en la actualidad.

Si se considera un celular de gama baja aproximadamente con un precio de 100 dólares, sería innecesario el uso del sistema antirrobo, ya que el costo de este supera el 50% del valor del dispositivo celular, considerándose innecesario el gasto para protegerlo. Ahora bien si el costo del dispositivo celular oscila entre 300 a 1000 dólares como son el Huawei p30, Samsung Note 10, iPhone 11, celulares de media y alta gama, ya se consideraría el uso del sistema antirrobo como el propuesto, ya que implica un gasto sumamente menor al costo del artículo a proteger.

CONCLUSIONES

En este proyecto técnico de titulación se diseñó un sistema electrónico para la mitigación del robo de teléfonos celulares, mediante estímulos aversivos, lo que implicó que el diseño tenga una con notación de arma eléctrica no letal de defensa personal, según el Sistema Nacional de Control de Armas (SINCOAR), esto por la característica de la emisión de la descarga eléctrica, mas no por los rangos de valores de operación, ya que no especifica los valores de acción de un arma eléctrica, en ningún apartado de la página oficial del SINCOAR de uso público, siendo esta la entidad encargada de la normativa de dispositivos similares, al que se planteó como proyecto de titulación en el Ecuador.

Ahora bien, en cuanto a los parámetros para el diseño se optó por una instancia externa al país, la cual fue el Ministerio de trabajo y asuntos Sociales de España, el cual posee un estudio sobre los efectos de la corriente eléctrica en el organismo. También en este apartado se tuvo que alejar del concepto de arma no letal de defensa personal que define el SINCOAR, por el motivo que se otorga un permiso para el porte de una de ellas. Esto se lo realizó mediante la forma de operación del sistema antirrobo, ya que es necesario la utilización de las dos manos para su control, así dejándolo descartado como un arma para defensa personal, ya que un arma de estas por lo general, no involucra la utilización de las dos extremidades superiores.

Por otra parte, la consideración del diseño para salvaguardar la estructura del teléfono celular, se realizó el encapsulamiento en la parte trasera del estuche a todos los elementos que forman parte del receptor, así como el material conductor que rodea la parte externa del estuche por la cual emite la descarga eléctrica, no tiene contacto directo con el dispositivo celular, y así no ocasiona daños ni alteraciones al funcionamiento normal de este. Ya que la construcción del estuche es realizada con material PLA, el cual tiene una resistividad eléctrica de $(3 \times 10^{17} \text{ a } 6 \times 10^{17}) \mu\text{omh} * \text{cm}$.

También para la simulación del sistema antirrobo, se realizó un ajuste del valor calculado del capacitor, ya que en un principio se tuvo un valor de capacitancia de $C = 4.89\mu F$ con un tiempo de descarga de 2.40s, cuando existe una carga resistiva por la cual se puede descargar el capacitor, ahora bien si el dueño del sistema enciende por algún motivo el sistema el capacitor podría quedarse cargado, sin que el dueño se percate de esto, por tal motivo se ajustó el valor del capacitor para que se realice una descarga rápida, con un valor de capacitancia de $C = 100nF$.

Los parámetros de diseño que se optó para el funcionamiento del sistema antirrobo, los cuales son: 1Kv con una corriente de 10mA, y una carga resistiva de 1500Ω . Se logró obtener el voltaje deseado mediante el cálculo del inductor visto en la *Ec. (3.24)*, la misma que depende de la relación de entrada y salida del voltaje del convertidor boots, denotada por la letra D , la cual tiene un valor de 0.994, vista en la *Ec. (3.14)*, y mediante esta se obtiene el valor del inductor basándose en el voltaje de salida que se espera conseguir, esto se lo visualiza en la Figura 4.51. En cuanto al valor de la corriente que se desea a la salida del convertidor boots, la misma que a traviesa el cuerpo del infractor, estará limitada por una resistencia de $100K\Omega$, como se aprecia en la Figura 4.54. Y esta resistencia permitirá una corriente máxima de 10mA a la salida del convertidor, ya que aún faltaría sumarle la resistencia del cuerpo del infractor de 1500Ω , dando como resultado final, una corriente de salida de 9.85mA, y esto se logra apreciar en la Figura 4.52.

RECOMENDACIONES

Debido a que este diseño electrónico para mitigar el robo de teléfonos celulares, no tiene aún una definición concreta ante las leyes del Ecuador, ya que no encaja por completo en las definiciones dadas a otros dispositivos muy similares a este. Una vez elaborado el diseño de forma física, y puesto en marcha se debe tomar en cuenta que su porte no está penado por el COIP, caso contrario sería si se comete algún delito con este, si bien el motivo de la realización de este diseño es evitar un posible escenario de un ilícito, no faltará las intenciones que cambien el propósito para el cual fue desarrollado.

Para que el dispositivo antirrobo tenga un mayor alcance, y una mejor recepción de datos, se debería considerar las recomendaciones del fabricante de los módulos. Ya que sugiere trabajar con un voltaje de 12V para lograr obtener un alcance de hasta 300m, con una antena de 16cm, la cual podría ser retráctil.

Se recomienda tomar muy en cuenta el enclavamiento de las señales visuales de color rojo de la pulsera, ya que las mismas indican que alguno de los dos botones que emiten la descarga eléctrica se quedaron presionados, aún si el sistema se desconectó para el envío de datos, estos indicarán la anomalía. Esto con la finalidad de no ocasionar eventos accidentales.

REFERENCIAS

- Álvarez Pulido, M. (2009). *Transformadores Cálculo fácil de transformadores y autotransformadores, monofásicos y trifásicos de baja tensión*. México: Alfaomega Grupo Editor. Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=ntZ2VkQIXOkC&printsec=frontcover&dq=Transformadores+C%C3%A1lculo+f%C3%A1cil+de+transformadores+y+autotransformadores,+monof%C3%A1sicos+y+trif%C3%A1sicos+de+baja+tensi%C3%B3n&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiVy7_a3vnlAhWw1VkkHQD7
- ARCOTEL. (Junio de 2017). Recuperado el 14 de Noviembre de 2019, de <http://www.arcotel.gob.ec/464-de-usuarios-del-servicio-movil-avanzado-poseen-un-smartphone/>
- ARCOTEL. (13 de Diciembre de 2017). Recuperado el 20 de Noviembre de 2019, de http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2018/01/Resoluci%C3%B3n-12-09-ARCOTEL-2017_completa_con-firmas-11.pdf
- ARCOTEL. (Octubre de 2018). Recuperado el 14 de Noviembre de 2019, de <http://www.arcotel.gob.ec/servicio-movil-avanzado-sma/>
- ARCOTEL. (Mayo de 2018). Recuperado el 13 de Noviembre de 2019, de http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2015/01/BOLETIN-ESTADISTICO-Junio-2018_f.pdf
- Asamblea Nacional. (20 de Octubre de 2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Montecristi, Manabí, Ecuador . Recuperado el 26 de Noviembre de 2019, de Asamblea Nacional República del Ecuador: https://www.asambleanacional.gob.ec/sites/default/files/documents/old/constitucion_de_bolsillo.pdf
- Asamblea Nacional. (05 de Febrero de 2018). *Código Orgánico Integral Penal*. Quito, Pichincha, Ecuador. Recuperado el 31 de Marzo de 2020, de Código Orgánico Integral Penal: https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/03/COIP_feb2018.pdf
- Asamblea Nacional. (10 de Febrero de 2018). *Código Orgánico Integral Penal*. Quito, Pichincha, Ecuador. Recuperado el 5 de Abril de 2020, de https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/03/COIP_feb2018.pdf

- Asamblea Nacional. (05 de Febrero de 2018). *Código Orgánico Integral Penal*. Quito, Pichincha, Ecuador. Recuperado el 12 de Noviembre de 2019, de Código Orgánico Integral Penal: https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/03/COIP_feb2018.pdf
- Balcells, J., Daura, F., Esparza, R., & Pallás, R. (1992). *Interferencias electromagnéticas en sistemas electrónicos*. Barcelona, España: MARCOMBO, S.A. Recuperado el 16 de Noviembre de 2019, de https://books.google.com.ec/books?id=qHZmSqZS_fwC&pg=PA207&dq=descarga+electronica&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjDz8jn7e7lAhUnx1kKHS5BCcEQ6AEILzAB#v=onepage&q&f=false
- Barra Zapata, O. E. (2015). *Microcontroladores PIC con programación PBP*. España: RA-MA, S.A. Recuperado el 22 de Marzo de 2020, de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=cI6fDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7&dq=que+es+microcontrolador&ots=HiWfJgUX3h&sig=zYvCxqVHJaDGc_SIfvdAshEUkNs#v=onepage&q=que%20es%20microcontrolador&f=false
- Bolaños, D. (10 de Diciembre de 2011). *Profesor: Bolaños Daniel J*. Recuperado el 22 de Noviembre de 2019, de http://www.bolanosdj.com.ar/TEORIA/MODULOS_DE_RF.pdf
- Chapman, S. J. (2012). *Máquinas Eléctricas* (Quinta ed.). (S. S. Ortega, Trad.) México, D.F: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. Recuperado el 19 de Noviembre de 2019, de <https://archive.org/details/266539159MaquinasElectricasChapman5taEdicionPdf/page/n67>
- Cortés Díaz, J. M. (2007). *Técnicas de prevención de riesgos laborales*. Madrid, España: Tébar, S.L. Recuperado el 13 de Marzo de 2020, de <https://books.google.com.ec/books?id=pjoYl7cYVVUC&pg=PA309&dq=resistencia+electronica+del+cuerpo+humano&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiQqqSSrZXoAhVLdt8KHZXNBWYQ6AEIJzAA#v=onepage&q=resistencia%20electronica%20del%20cuerpo%20humano&f=false>
- Domjan, M. (2009). *Principios de aprendizaje y conducta* (Quinta ed.). (M. Á. Vadillo, Trad.) Madrid, España: Paraninfo. Recuperado el 15 de Noviembre de 2019, de

<https://books.google.com.ec/books?id=RsP0BDhRjwgC&pg=PA280&dq=Estimulo+aversivo&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjY7q-h1erlAhUQbq0KHZIJAOIQ6AEIJzAA#v=onepage&q=Estimulo%20aversivo&f=false>

Electrónica Unicrom. (2016). Obtenido de <https://unicrom.com/bobina-o-inductor/>

Enerxia.net. (2019). Recuperado el 22 de Noviembre de 2019, de Enerxia.net energias renovables y electrotecnia:

https://www.enerxia.net/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=406:electronica-proteus-simulador-digital-y-analogico&catid=61&Itemid=142

González Ruiz, V. (25 de Noviembre de 2013). *Universidad de Almería.* Recuperado el 22 de Noviembre de 2019, de UAL:

<https://w3.ual.es/~vrui/Docencia/Apuntes/Transmission/04-Modulacion/index.html>

Huidobro Moya, J. M., & Luque Ordóñez, J. (2014). *Comunicaciones por Radio.*

Tecnologías, redes y servicios de radiocomunicaciones. Espectro

Electromagnético. Madrid, España: RA-MA, S.A. Recuperado el 20 de Noviembre de 2019, de

<https://books.google.com.ec/books?id=lo2fDwAAQBAJ&pg=PA404&dq=comunicaciones+por+radiofrecuencia&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwirrfyErczkAhUDvIkKHTkOAaoQ6AEIKDAA#v=onepage&q=comunicaciones%20por%20radiofrecuencia&f=false>

ITphone Soluciones. (6 de Febrero de 2013). Obtenido de

<https://itphones.wordpress.com/2013/02/06/diagrama-de-bloque-de-un-microprocesador/>

Marroquín Santoña, A. (2005). *Divulga Meteo.* Recuperado el 16 de Noviembre de 2019, de <http://www.divulgameteo.es/uploads/Descargas-el%C3%A9ctricas.pdf>

MICROCHIP. (2004). Recuperado el 22 de Noviembre de 2019, de

<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/40044b.pdf>

MIKROE. (2020). *MIKROE Time saving embedded tools.* Recuperado el 22 de

Noviembre de 2019, de <https://www.mikroe.com/ebooks/microcontroladores-pic-programacion-en-c-con-ejemplos/caracteristicas-principales-del-mikroc>

Naciones Unidas . (20 de Julio de 2018). *Naciones Unidas Derechos Humanos*

- Oficina de Alto Comisionado*. Recuperado el 26 de Noviembre de 2019, de https://www.ohchr.org/Documents/ProfessionalInterest/cat_SP.pdf
- Naciones Unidas. (2015). *Declaración universal de derechos humanos*. Recuperado el 26 de Noviembre de 2019, de https://www.un.org/es/documents/udhr/UDHR_booklet_SP_web.pdf
- Patagoniatec*. (Abril de 2015). Recuperado el 20 de Noviembre de 2019, de <https://saber.patagoniatec.com/2015/04/modulos-emisor-y-receptor-rf-433mhz/>
- Pérez Gabarda, L. (s.f.). *Ministerio de Trabajo, Migraciones y Seguridad Social*. Recuperado el 12 de Marzo de 2020, de <https://saludlaboralydiscapacidad.org/wp-content/uploads/2019/04/NTP-400.pdf>
- Pizarro Peláez, J. (2019). *Internet de las cosas IoT con Arduino. Manual práctico* (Primera ed.). Madrid, España: Paraninfo. Recuperado el 20 de Noviembre de 2019, de <https://books.google.com.ec/books?id=73yJDwAAQBAJ&pg=PA33&dq=m%C3%B3dulos+rf+de+433+mhz&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjctN6joPnlAhUSrVkkHTFHB0IQ6AEILzAB#v=onepage&q=m%C3%B3dulos%20rf%20de%20433%20mhz&f=false>
- Robótica Didáctica En México*. (s.f.). Recuperado el 21 de Noviembre de 2019, de [robodata.mx: http://store.robodacta.mx/Material/RFMODULOS433MHZ001.pdf](http://store.robodacta.mx/Material/RFMODULOS433MHZ001.pdf)
- Rollón Rodríguez, J. (Febrero de 2014). *Universidad Pública de Navarra*. Recuperado el 3 de Marzo de 2020, de [upna: https://academica-e.unavarra.es/xmlui/handle/2454/10048](https://academica-e.unavarra.es/xmlui/handle/2454/10048)
- Sistema Nacional de Control de Armas*. (15 de Junio de 2015). Recuperado el 27 de Noviembre de 2019, de SINCOAR: <https://controlarmas.cffaa.mil.ec/wp-content/uploads/sites/13/2016/08/REGLAMENTO-A-LA-LEY-SOBRE-ARMAS-MUNICIONES-EXPLOSIVOS-Y-ACCESORIOS.pdf>
- Sistema Nacional de Control de Armas*. (13 de Octubre de 2016). Recuperado el 27 de Noviembre de 2019, de <https://controlarmas.cffaa.mil.ec/wp-content/uploads/sites/13/2016/10/ACUERDO-270-REQUISITOS-PARA-AUTORIZACIONES-PERMISOS-Y-TRAMITES-ADMINISTRATIVOS-2.pdf>

- Smart Prototyping*. (9 de Septiembre de 2015). Recuperado el 28 de Noviembre de 2019, de NiceRF: https://www.smart-prototyping.com/image/data/9_Modules/101415%20STX882%20ASK%20Transmitter%20Module/STX882%20Datasheet.pdf
- SOLIDBI*. (2019). Recuperado el 22 de Noviembre de 2019, de <https://solidbi.es/solidworks/>
- Tecnopura*. (2019). Recuperado el 28 de Noviembre de 2019, de <http://www.tecnopura.com/producto/antena-helicoidal-433-mhz-para-modulo-y-control-rf/>
- Tomasi, W. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas* (Cuarta ed.). México: Pearson Educación. Obtenido de http://eduvirtual.cuc.edu.co/moodle/pluginfile.php/246071/mod_resource/content/2/Libro%20base.pdf
- Universidad Don Bosco. (2013). Recuperado el 22 de Noviembre de 2019, de UDB: <http://www.udb.edu.sv/udb/archivo/guia/electronica-ingenieria/sistemas-de-comunicacion-ii/2013/ii/guia-5.pdf>
- Universidad Internacional de Valencia. (21 de Marzo de 2018). Recuperado el 20 de Noviembre de 2019, de VIU: <https://www.universidadviu.com/radiofrecuencia-que-es-aplicaciones/>
- Universidad Nacional Experimental del Táchira. (s.f.). *UNET*. Recuperado el 3 de Marzo de 2020, de <http://www.unet.edu.ve/gilbpar/images/Practicas/Carga%20y%20Descarga%20de%20un%20Condensador.pdf>