

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

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

**TEMA:
SISTEMA ELECTRÓNICO AUTOMÁTICO AHUYENTADOR DE PALOMAS**

**AUTOR:
WALTER WLADIMIR PACHACAMA ESTRELLA**

**TUTOR:
HAMILTON LEONARDO NÚÑEZ VERDEZOTO**

Quito, agosto del 2020

CESION DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Walter Wladimir Pachacama Estrella, con documento de identificación N° 171938150-9, 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: “SISTEMA ELECTRÓNICO AUTOMÁTICO AHUYENTADOR DE PALOMAS”, 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 formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Walter Wladimir Pachacama Estrella

Cédula: 171938150-9

Quito, agosto 2020

DECLARATORIA DE COAUTORIA DEL DOCENTE TUTOR

Yo, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el proyecto técnico, “SISTEMA ELECTRÓNICO AUTOMÁTICO AHUYENTADOR DE PALOMAS”, realizado por, Walter Wladimir Pachacama Estrella obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerado como trabajo final de titulación.

Quito, agosto 2020



Hamilton Leonardo Núñez Verdezoto
Cédula de identidad: 171298148-7

DEDICATORIA

Este proyecto de titulación va dedicado especialmente a mis padres, pues gracias a su sacrificio y apoyo pude lograr con la culminación de mis estudios, además la confianza que tuvieron en mí en todo momento fue de gran apoyo y motivación en los momentos difíciles que pasé a lo largo de toda mi carrera. Además de todas las personas que supieron apoyarme con sus consejos, ánimos y conocimientos.

Wladimir

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar doy gracias a Dios, por todas las oportunidades y facilidades que ha presentado en mi carrera universitaria, a mi padres, por todo el sacrificio que realizaron al apoyarme en mis estudios, al Ingeniero Aníbal Roberto Pérez Checa por siempre ser un apoyo dentro y fuera de la Universidad, a mi tutor, ingeniero Hamilton Núñez por brindarme sus conocimientos y consejos para este trabajo, a mis amigos, pues ellos también fueron un apoyo en todo momento, además agradezco también a las personas que criticaron mi carrera, pues gracias a ellos me levantaba con más fuerza en cada momento que caía para así poder demostrar de lo que soy capaz y puedo lograr lo que me propongo. Por ultimo y no por eso menos importante, agradezco a la Universidad Politécnica Salesiana por todos y cada una de las oportunidades brindadas a lo largo de toda mi carrera.

De verdad, para todos ustedes, mis más sinceros agradecimientos.

Wladimir

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|--|------|
| CESION DE DERECHOS DE AUTOR..... | i |
| DECLARATORIA DE COAUTORIA DEL DOCENTE TUTOR..... | ii |
| DEDICATORIA | iii |
| AGRADECIMIENTOS | 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 TEMA | 1 |
| 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 1 |
| 1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO | 1 |
| 1.4 OBJETIVOS | 1 |
| 1.4.1 Objetivo General | 1 |
| 1.4.2 Objetivos Específicos..... | 2 |
| 1.5 METODOLOGÍA | 2 |
| CAPÍTULO 2 | 3 |
| MARCO TEÓRICO..... | 3 |
| 2.1 ENFERMEDADES CAUSADAS POR PALOMAS | 3 |
| 2.1.1 Chlamydophila psittaci..... | 3 |
| 2.1.2 Cryptococcus neoformans..... | 3 |
| 2.1.3 Microsporidiosis | 3 |
| 2.1.4 Paratosis externa..... | 4 |

| | |
|--|----|
| 2.2 SENTIDOS DE LAS AVES | 4 |
| 2.2.1 Visión | 4 |
| 2.2.2 Oído..... | 5 |
| 2.3 FRECUENCIA ULTRASÓNICA | 6 |
| 2.4 MÉTODOS PARA AHUYENTAR PALOMAS..... | 7 |
| 2.4.1 Tecnología Láser | 7 |
| 2.4.2 Tecnología por ultrasonido | 7 |
| 2.4.3 Cañón de gas | 8 |
| 2.5 PROYECTOS SIMILARES DESARROLLADOS..... | 8 |
| 2.5.1 Agrilaser autonomic | 8 |
| 2.5.2 Ahuyentador con ultrasonido para aves | 9 |
| 2.5.3 Cañón simulador de disparos | 10 |
| CAPÍTULO 3 | 11 |
| DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN..... | 11 |
| 3.1 MÉTODOS PARA AHUYENTAR PALOMAS..... | 11 |
| 3.1.1 Selección del tipo de ahuyentador | 12 |
| 3.2 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO POR LÁSER | 12 |
| 3.2.1 Servomotor..... | 13 |
| 3.2.2 Selección del láser..... | 14 |
| 3.2.3 Controlador | 15 |
| 3.2.4 Batería de Ion de Litio..... | 15 |
| 3.2.5 Circuito integrado Reloj en Tiempo Real (RTC)..... | 16 |
| 3.2.6 Software utilizado | 17 |
| 3.2.7 Generación del algoritmo para el control del láser | 17 |
| 3.2.8 PCB implementado | 19 |
| 3.2.9 Desarrollo del prototipo | 19 |
| 3.3 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO POR ULTRASONIDO | 21 |

| | |
|--|----|
| 3.3.1 Amplificador de audio | 22 |
| 3.3.3 Batería utilizada en el amplificador de audio..... | 23 |
| 3.3.4 Análisis de frecuencias..... | 24 |
| 3.3.5 Procesamiento de señales de audio | 25 |
| 3.3.6 Generación de la señal de frecuencia | 26 |
| 3.3.7 PCB implementado | 28 |
| 3.3.8 Desarrollo del prototipo | 29 |
| 3.3.9 Diseño de la carcasa para el prototipo..... | 30 |
| CAPÍTULO 4 | 31 |
| PRUEBAS Y RESULTADOS | 31 |
| 4.1 MÓDULO LASER | 31 |
| 4.2 MÓDULO POR ULTRASONIDO | 35 |
| 4.3 ANALISIS COMPARATIVO | 40 |
| CAPÍTULO 5 | 42 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 42 |
| 5.1 CONCLUSIONES | 42 |
| 5.2 RECOMENDACIONES | 43 |
| REFERENCIAS | 44 |
| ANEXO 1 | 47 |
| ANEXO 2..... | 48 |
| ANEXO 3..... | 49 |
| ANEXO 4..... | 50 |
| ANEXO 5..... | 53 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 2.1 Longitudes de onda que no son visibles para los seres humanos | 4 |
| Figura 2.2 Comparación de la visión humanos vs aves | 5 |
| Figura 2.3 Interpretación esquemática que alinea la direccionalidad de la visión y la audición | 6 |
| Figura 2.4 Rango de frecuencias de sonido | 6 |
| Figura 2.5 Longitud de onda λ | 7 |
| Figura 2.6 Tecnología Láser | 7 |
| Figura 2.7 Ahuyentador de aves con ultrasonido | 8 |
| Figura 2.8 Cañón de gas | 8 |
| Figura 2.9 Agrilaser Autonomic en Almendros | 9 |
| Figura 2.10 Condiciones de iluminación | 9 |
| Figura 2.11 Ahuyentador ultrasónico | 10 |
| Figura 2.12 Cañón simulador de disparos Gepaval Guardian-2 standard | 10 |
| Figura 3.1 Diseño de la carcasa y partes del módulo láser | 12 |
| Figura 2.2 Servomotor | 13 |
| Figura 3.3 Láser 100mW | 14 |
| Figura 3.4 Arduino uno | 15 |
| Figura 3.5 Baterías de Litio | 16 |
| Figura 3.6 RTC DS1307 | 17 |
| Figura 3.7 Logotipo del software IDE | 17 |
| Figura 3.8 Diagrama de flujo del método por láser. | 18 |
| Figura 3.9 Diagrama del esquemático para el método de láser | 19 |
| Figura 3.10 Diseño PCB utilizado. | 19 |
| Figura 3.11 Módulo para el ahuyentador por láser | 20 |
| Figura 3.12 PCB realizada con sus respectivos componentes | 20 |
| Figura 3.13 Diseño de la carcasa y partes del módulo láser | 22 |
| Figura 3.14 Bocina tipo corneta utilizada para la dispersión de aves por ultrasonido | 23 |
| Figura 3.15 Batería utilizada para el amplificador de audio | 23 |
| Figura 3.16 Diagrama de flujo para el procesamiento de señales de audio | 25 |
| Figura 3.17 Diagrama de flujo para la generación de frecuencia | 27 |
| Figura 3.18 Diagrama del esquemático para el método por ultrasonido | 28 |
| Figura 3.19 Diseño PCB utilizado. | 29 |

| | |
|---|----|
| Figura 3.20 Elementos que forman parte del amplificador de audio | 29 |
| Figura 3.21 Diseño de la carcasa a utilizar en el proyecto..... | 30 |
| Figura 4.1 Pruebas realizadas..... | 31 |
| Figura 4.2 Palomas posadas en la estatua | 33 |
| Figura 4.3 Láser apuntando en la pared de la estatua | 33 |
| Figura 4.4 Gráfica comparativa de los resultados de los láseres utilizados en las pruebas | 34 |
| Figura 4.5 Diagrama de tiempo..... | 34 |
| Figura 4.6 Pruebas realizadas con el método de ultrasonido | 35 |
| Figura 4.7 Palomas en el tendido eléctrico | 37 |
| Figura 4.8 Menor cantidad de palomas en el tendido eléctrico..... | 37 |
| Figura 4.9 Tendido eléctrico sin presencia de palomas | 38 |
| Figura 4.10 Gráfica palomas ahuyentadas vs distancia por método de ultrasonido .. | 39 |
| Figura 4.11 Diagrama de tiempo..... | 39 |
| Figura 4.12 Gráfica comparativa entre los métodos para ahuyentar palomas | 40 |
| Figura 4.13 Comparación de Diagramas de tiempo..... | 41 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 2.1 Especificaciones del dispositivo | 9 |
| Tabla 2.2 Especificaciones del dispositivo | 10 |
| Tabla 3.1 Ventajas y desventajas de los diferentes tipos de ahuyentadores de aves . | 11 |
| Tabla 2.2 Detalles explicativos de la figura 3.1 | 13 |
| Tabla 3.3 Características importantes del servomotor | 14 |
| Tabla 3.4 Especificaciones de los láseres utilizados en las pruebas | 14 |
| Tabla 3.5 Detalles del producto | 15 |
| Tabla 3.6 Descripción de la batería de Litio | 16 |
| Tabla 3.7 Descripción del módulo láser..... | 20 |
| Tabla 3.8 Descripción de los componentes utilizados en la elaboración del PCB | 21 |
| Tabla 3.9 Detalles explicativos de la figura 3.11 | 22 |
| Tabla 3.10 Descripción del amplificador utilizado | 23 |
| Tabla 3.11 Características de la batería utilizada..... | 24 |
| Tabla 3.12 Comandos utilizados en Matlab para lectura y filtrado de señal de audio | 24 |
| Tabla 3.13 Frecuencias obtenidas con Matlab | 26 |
| Tabla 3.14 Periodo calculado con las frecuencias deseadas | 28 |
| Tabla 3.15 Descripción de los componentes que forman parte del amplificador utilizado..... | 29 |
| Tabla 3.16 Características generales de la carcasa..... | 30 |
| Tabla 4.1 Palomas ahuyentadas con el láser rojo..... | 32 |
| Tabla 4.2 Frecuencias reales obtenidas | 35 |
| Tabla 4.3 Cálculo del error en las frecuencias | 36 |
| Tabla 4.4 Cálculo del periodo a usar..... | 36 |
| Tabla 4.5 Palomas Ahuyentadas vs distancia mediante el método de ultrasonido | 38 |

RESUMEN

El dispositivo ahuyentador, trata de evitar la aglomeración de aves sin la necesidad de atender con la salud y vida de estas en los sectores necesarios, en donde éstas causan daños y pérdidas económicas a las personas. En el presente proyecto se implementó dos métodos de dispersión de aves, como son: el método por láser y el método por ultrasonido. En primer lugar, se realiza una explicación de las enfermedades más comunes que producen las palomas, así como también, conceptos necesarios para la realización del proyecto, además se muestra tres métodos utilizados para ahuyentar aves, los proyectos similares realizados y una tabla comparativa entre los tres métodos investigados para la selección de los métodos que se utilizarán. En capítulos posteriores se podrá observar los diagramas de flujo realizados para los algoritmos implementados en cada método de dispersión de aves, así como también la descripción del hardware y software utilizados en la elaboración del dispositivo, como son diseños de PCB y las características de los materiales requeridos. Por último, se muestra los resultados obtenidos con el dispositivo utilizando los dos métodos implementados, indicando su impacto y efectividad en los sectores que se realizaron las pruebas de campo, así como también tablas comparativas entre el funcionamiento y diagramas de activaciones. En la sección de anexos se podrá encontrar el código fuente de cada uno de los diagramas de flujo descritos, así como también las figuras obtenidas en el estudio de las frecuencias a utilizar.

Palabras clave: Ahuyentador de aves, láser, ultrasonido.

ABSTRACT

The repellent device tries to avoid the agglomeration of birds without the need to affect their health and life in the necessary sectors, where they cause damage and economic loss to people. In this project, two methods of dispersal of birds were implemented, such as: the laser method and the ultrasound method. In the first place, an explanation of the most common diseases that pigeons produce is made, as well as the concepts necessary to carry out the project, it also shows three methods used to drive away birds, the similar projects carried out and a comparative table between the three methods investigated for the selection of the methods to be used. In later chapters you will be able to observe the flow diagrams made for the algorithms implemented in each method of dispersal of birds, as well as the description of the hardware and software used in the development of the device, such as PCB designs and the characteristics of the materials. Required. Finally, the results obtained with the device using the two implemented methods are shown, indicating their impact and effectiveness in the sectors that were tested in the field, as well as comparative tables between the operation and activation diagrams. In the annexes section you can find the source code of each of the flow diagrams described as well as the figures obtained in the study of the frequencies to be used.

Keywords: bird scare, laser, ultrasound.

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo de titulación se detalla el desarrollo del sistema electrónico automático ahuyentador de palomas, mismo que evitará la aglomeración de estas aves en los sectores necesarios sin atentar contra la vida de esta especie.

En el capítulo 1, se detalla los antecedentes y problemática existente actualmente debido a la aglomeración de palomas en lugares residenciales y de cultivos, así como también se detallan los objetivos propuestos para el trabajo de titulación.

En el capítulo 2, se explica las enfermedades más comunes producidas por esta especie, además de la sustentación teórica sobre temas que se ocuparán en el desarrollo de los métodos de dispersión de aves, los métodos más utilizados para este fin, los proyectos similares realizados por empresas afines al ahuyentamiento de plagas.

En el capítulo 3, se podrá encontrar una tabla comparativa entre los métodos investigados en el capítulo 2 indicando sus ventajas y desventajas para utilizarla en la selección de los métodos a implementar, además, se muestra la descripción del hardware y el software implementados en los métodos seleccionados.

En el capítulo 4, se muestra los resultados obtenidos con los métodos implementados, además, se da una explicación sobre las pruebas realizadas y la efectividad de cada método.

En el capítulo 5, se define las conclusiones y recomendaciones acorde al diseño implementado y a los resultados de funcionamiento obtenidos.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

En el capítulo 1 se presenta todo lo pertinente al tema, planteamiento del problema a resolver, justificación, objetivos y el alcance del actual proyecto.

1.1 TEMA

Sistema electrónico automático ahuyentador de palomas.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el año 2017, en la provincia de los Ríos -principal zona maicera del Ecuador- se empezaron a detectar daños en mazorcas con picaduras y otras sin grano por ser alimento de las aves, los productores tuvieron que desechar las mazorcas dañadas y recolectar las buenas, pero según un estudio que se realizó en el mismo año en los terrenos donde antes se cosechaban hasta 180 quintales de maíz duro se ha recogido 30 quintales menos, lo que en pérdidas económicas implica aproximadamente \$447 dólares, este monto para los productores es significativo puesto que a esto se suma la contaminación del maíz dentro de las bodegas ya que las palomas anidan en sus alrededores. (Pezantes, 2017)

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El presente prototipo se desarrolla para alejar a las palomas de las bodegas de maíz puesto que según un estudio en Estados Unidos de Norteamérica se estima que las pérdidas atribuibles a las aves arrojan valores entre un 30% y 40% de las ganancias normales, además de evitar la contaminación de las áreas de embodegamiento ya que la mayoría de productores envenenan a las aves para evitar destrozos en sus cultivos o productos, por otro lado el excremento de las mismas puede transmitir enfermedades como histoplasmosis o salmonelosis, mismas que son desastrosas para las personas (Garza Villareal, 2016)

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Desarrollar un prototipo electrónico ahuyenta palomas para la dispersión de esta especie en zonas de almacenamiento de maíz.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Investigar los métodos utilizados en la dispersión de palomas para la identificación de su impacto y efectividad.
- Determinar los métodos más eficientes en el alejamiento de palomas para la implementación en un dispositivo electrónico.
- Diseñar el hardware y software para la construcción del prototipo
- Realizar pruebas de campo para la verificación de efectividad del prototipo

1.5 METODOLOGÍA

En la primera etapa se utiliza una metodología investigativa para descubrir cuáles son los métodos efectivos para ahuyentar palomas, saber cuáles serán los efectos producidos en las mismas y alejarlas de los lugares críticos sin necesidad de contaminar el ambiente ni matar a las aves. En la segunda fase, la metodología deductiva será la óptima, puesto que se necesita observar que métodos se los puede implementar en un solo dispositivo electrónico, mientras que en la tercera el método constructivo ayudará en el diseño y elaboración del prototipo. Por último, en la cuarta etapa se revisará los resultados obtenidos mediante el método de análisis y la experimentación de campo.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 ENFERMEDADES CAUSADAS POR PALOMAS

La paloma también conocida como *Columba Livia*, es considerada una especie de ave domestica que se cría en hogares y se mantiene como un ave de ornato. La paloma presenta hábitos sedentarios, forman bandadas para la búsqueda de alimentos como granos, semillas y frutas, la mayor parte de éstas mantiene una vida en diversos lugares como en centros de las ciudades y plazas, esta es una de las razones por las cuales sus heces se desprenden en monumentos, estatuas, tejados, calles, aceras, etc. Lo que produce un daño de las estructuras por la naturaleza corrosiva de los contenidos ácidos en la digestión de las palomas. (Méndez, Villamil, Buitrago, & Soler, 2013)

2.1.1 *Chlamydomphila psittaci*

Una de las bacterias que se presenta por las heces de las palomas es la *Chlamydomphila psittaci* la cual es la responsable de clamidiosis aviar en aves y pitacosis en los seres humanos. (Magnino, y otros, 2009).

2.1.2 *Cryptococcus neoformans*

La *Cryptococcus neoformans* es una levadura encapsulada, por esta bacteria en los últimos años los casos de criptococosis humana y animal ha aumentado considerablemente, en mayor parte por la exposición de los pacientes con excremento de palomas. (Rosario, Acosta, & Colom F, 2008)

2.1.3 *Microsporidios*

Éstos, son parásitos intracelulares obligados, que emergen como patógenos oportunistas con la capacidad de infectar a personas con un sistema inmune bajo. Estos parásitos son una clase de eucariotas unicelulares y están relacionados con los hongos. Pueden infectar a gran variedad de especies que transmiten la enfermedad a humanos. Las personas y animales infectados por este parasito pueden esparcir la infección y pueden contaminar el ambiente puesto que estos liberan esporas en las heces, la orina, y otras secreciones. (Méndez, Villamil, Buitrago, & Soler, 2013)

2.1.4 Paratosis externa

Uno de los parásitos más importantes y de mayor distribución es la pulga de la paloma (*Ceratophyllus columbae*) la cual es un ectoparásito frecuente en las palomas silvestres. (Haag-Wackernagel & Spiewak, 2004)

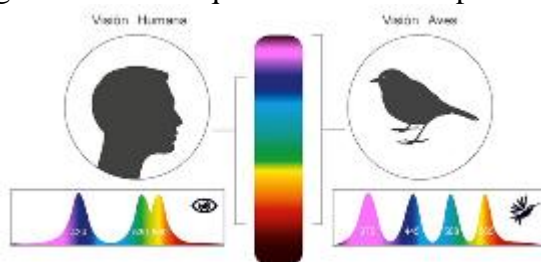
2.2 SENTIDOS DE LAS AVES

2.2.1 Visión

La visión de las palomas se encuentra en aproximadamente los 340 grados y además tiene un enfoque dividido, en donde la mitad superior observa a grandes distancias y la mitad inferior mira detalles de primeros planos, es por esto por lo que mueven la cabeza de forma continua, pues, como no pueden mover los ojos, mueven la cabeza hacia delante cuando caminan para mantener la estabilidad y no perder su enfoque visual. Cuan una paloma vuela debe procesar la información visual 3 veces más rápido que el ojo humano. (Parra, 2010)

Investigadores de la Universidad de Lund en Suecia crearon una cámara para imitar como ven las aves, los colores de las cosas que hay en su entorno, el estudio indica que las aves ven una realidad muy diferente a la nuestra, nuestro ojo distingue los colores en base a los tres primarios que son el rojo, verde y azul mientras que las aves incluyen un cuarto que es el ultravioleta el cual ayuda a ver contrastes en el denso follaje del bosque. Mientras nosotros miramos una simple pared verde, las palomas distinguen contrastes con gran detalle. (MVS NOTICIAS, 2019)

Figura 2.1 Longitudes de onda que no son visibles para los seres humanos



Fuente: (Egle, 2019)

Según la publicación realizada por Egle, personal de Bored Panda indica que, en 2007, varios científicos con la ayuda de un espectrofotómetro analizaron los colores de 166 aves de América del norte que no tenían una diferencia física aparentemente entre los sexos, sin embargo la teoría puesta que las aves veían un rango diferente de colores a

los que mira el ser humano demostró lo que las aves macho atacaron únicamente a las aves macho taxidermizados que colocaron en la naturaleza para mirar el comportamiento de sus contrapartes vivas, por lo tanto demostró que las aves estaban mirando algo que los investigadores no. (Egle, 2019)

Figura 2.2 Comparación de la visión humanos vs aves



Fuente: (Egle, 2019)

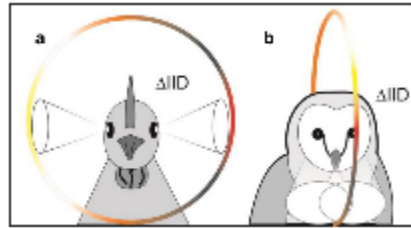
Cabe indicar que el “color” magenta UV mostrado en la figura 2.2 ha sido elegido como referencia para poder ser observado por el ser humano ya que es un “color falso”, pues por definición la luz UV no tiene color. (Egle, 2019)

2.2.2 Oído

Según una investigación realizada por la Universidad Técnica de Munich indica que, a diferencia de los mamíferos, las aves no tienen oídos externos los cuales desempeñan una función importante, la cual, es ayudar a identificar los sonidos que provienen de diferentes elevaciones, sin embargo, las aves si pueden percibir si un sonido proviene por encima, debajo o al mismo nivel. Los investigadores descubrieron que las aves pueden localizar estos sonidos utilizando toda su cabeza, esta investigación se la puede encontrar publicada en la revista PLOS ONE.

La investigación se reduce a que las fuentes de sonido pueden ser reveladas debido a la diferencia de niveles de volumen, y esto es debido a la forma de la cabeza del ave, en donde, dependiendo de donde las ondas sonoras golpeen la cabeza, se reflejan, absorben o difractan permitiendo así al cerebro aviar determinar si un sonido proviene de arriba o abajo a partir de los diferentes volúmenes de sonido en ambos oídos. (Universidad Técnica de Munich, 2014).

Figura 2.3 Interpretación esquemática que alinea la direccionalidad de la visión y la audición



Fuente: (Schnyder, Vanderelst, Bartenstein, Firzlaff, & Luksch, 2014)

2.3 FRECUENCIA ULTRASÓNICA

Existen ondas inaudibles para el ser humano las cuales las podemos encontrar en el espectro del sonido, están pueden ser ondas intra y ultrasónicas. Un dispositivo ultrasónico da origen a un pulso mayor a los 20kHz, es por esto que es inaudible para el ser humano, pues tenemos un rango de audición que va de los 20Hz hasta los 20kHz, en el caso de otros animales como los murciélagos y roedores, son capaces de percibir frecuencias superiores a las 20kHz y menores o iguales a los 100kHz, mientras que el rango auditivo de las aves está por debajo de los 50Hz y por encima de los 20kHz con sensibilidad máxima entre 1 a 5kHz. (Freire Orozco, 2017a)

También cabe recordar que la longitud de onda es la distancia que recorre una onda en un periodo de tiempo, además viene relacionada con la frecuencia por medio de la velocidad de propagación del sonido y es representada por la letra griega λ (lambda) y esta expresada en metros como se muestra en la figura 2.5. (Dinis, 2015)

Figura 2.4 Rango de frecuencias de sonido



Elaborado por: Wladimir Pachacama, (Freire Orozco, 2017b)

Figura 2.5 Longitud de onda λ



En la imagen se observa los máximos de amplitud, los cuales se denominan crestas y los mínimos como valles, la distancia entre las dos crestas o dos valles consecutivos se define como la longitud de onda. (Castaños, 2016)

2.4 MÉTODOS PARA AHUYENTAR PALOMAS

2.4.1 Tecnología Láser

La tecnología láser es amigable con el medio ambiente para el control efectivo de aves en cultivos agrícolas. Mediante filtros ópticos y un haz de luz de alta frecuencia es posible mantener los cultivos protegidos de daños por aves sin causar daños a las aves de una manera segura. (Portal Fruticola, 2016).

Según la empresa AGRILASER la ventaja de este método de dispersión es que las aves perciben el rayo láser verde como un peligro físico que está viniendo hacia ellos, de esta forma se ven obligadas a partir del lugar para evitar ser golpeadas, además que después el uso progresivo del láser, las palomas aprenderán a no acercarse ya que lo tomarán como un área de peligro. (Agrilaser, 2013)

Figura 2.6 Tecnología Láser



Fuente: (Portal Fruticola, 2016)

2.4.2 Tecnología por ultrasonido

En primer lugar, hay que tener en claro que los humanos no son capaces de percibir las ondas producidas en el espectro del ultrasonido, es por esta razón que no podremos distinguir las ondas producidas por estos dispositivos, sin embargo, animales como roedores, aves, etc. podrían mostrar cierto malestar. Los ahuyentadores por ultrasonido a diferencia de los ahuyentadores de aves por sonido, que vienen configurados

mediante un chip específico al tipo de aves que se desea repeler, los ahuyentadores por ultrasonido son universales, es decir, se lo puede utilizar para ahuyentar cualquier tipo de ave. (MD TECH S.A., 2017)

Figura 2.7 Ahuyentador de aves con ultrasonido



Fuente: (MD TECH S.A., 2017)

2.4.3 Cañón de gas

Este tipo de ahuyentadores funciona con gas butano o propano, se lo puede encontrar en bomba grande o pequeña dependiendo las necesidades del usuario.

Producen detonaciones capaces de ahuyentar aves y todo tipo de animales en espacios abiertos como cultivos, estas detonaciones se las puede regular a una frecuencia de tiempo deseada, desde un minuto hasta media hora, al igual que se puede graduar la intensidad del sonido, pues, posee un cañón telescópico variando desde los 80 hasta los 120db. (GEPVAL, 2019)

Figura 2.8 Cañón de gas



Fuente: (GEPVAL, 2019)

2.5 PROYECTOS SIMILARES DESARROLLADOS

2.5.1 Agrilaser autonomic

La empresa holandesa BirdControlGroup desarrolló el ahuyentador de aves Agrilaser Autonomic, el cual protege los cultivos, tiene un alcance de 2.5kms en condiciones ideales y recomiendan un ahuyentador por 30-35 ha aprox. Gert Jan Schep representante para Latinoamérica junto a Cristóbal Haverbeck y Jorge Cofré, delegado de Chile, realizaron distintas pruebas en la región de Los Ríos y Los Lagos con excelentes resultados evitando daños a las siembras. (Portal Fruticola, 2016)

Figura 2.9 Agrilaser Autonomic en Almendros



Fuente: (Portal Fruticola, 2016)

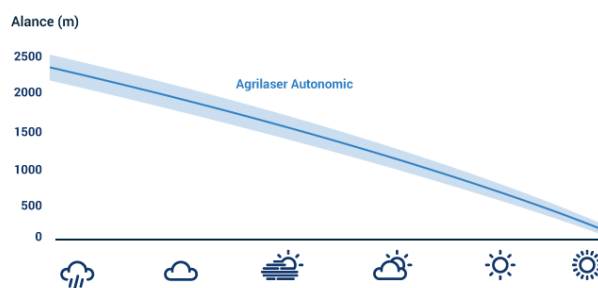
Tabla 2.1 Especificaciones del dispositivo

| | |
|--------------------------------|--|
| Alcance | Hasta 2500 m de largo |
| Efectividad | Largo plazo, los pájaros no se acostumbran al láser |
| Implementación | Fácil implementación |
| Fuentes de Alimentación | AC o Solar |
| Alcance | Es más eficaz al anochecer o al amanecer y en días nublados o lluviosos. |

Fuente: (BirdGard, 2015)

En la figura 2.10 se puede apreciar el alcance real para ahuyentar las aves de forma efectiva, en donde depende de las condiciones ambientales.

Figura 2.10 Condiciones de iluminación



Fuente: (BirdGard, 2015)

2.5.2 Ahuyentador con ultrasonido para aves

Este dispositivo de la marca Green Level Berlin posee una recarga solar y un sensor de movimiento que emite una fuerte onda ultrasónica para asustar a las aves, resiste la intemperie y también funciona de noche con el flash, posee hasta 5 tipos de ondas ultrasónicas para que no se acostumbren a ninguna de ellas, el sensor de movimiento capta el movimiento de las aves hasta 10 metros.

Figura 2.11 Ahuyentador ultrasónico



Fuente: (BIRDGARD, 2019)

Tabla 2.2 Especificaciones del dispositivo

| Especificaciones | Valor |
|-------------------------|--|
| Alimentación de voltaje | Energía solar + 3 pilas AA recargables |
| Frecuencia regulable | 13.5-45.5kHz |
| Sensor de movimiento | 8-10 metros, 110 grados |
| Cobertura | 120 m2 |
| Certificado | CE y RoHS y FCC |
| Marca | Green Level Berlin |

Fuente: (BIRDGARD, 2019)

2.5.3 Cañón simulador de disparos

Este dispositivo de Gepaval, S.L. funciona con gas Butano o propano, lo que les permite simular unas detonaciones sonoras para la protección de los cultivos y ahuyentar a pájaros, jabalíes, ciervos y cualquier otro animal que pueda dañarlos. Dichas detonaciones se las puede regular a la frecuencia deseada, desde un minuto hasta media hora, el área de protección de este dispositivo está entre 3 a 4 hectareas dependiendo el tipo de cultivo y terreno.

El tipo de encendido del dispositivo es electrónico mediante un piezoeléctrico, y el resto del mecanismo es mecánico. (GEPVAL, 2019)

Figura 2.12 Cañón simulador de disparos Gepaval Guardian-2 standard



Fuente: (GEPVAL, 2019)

CAPÍTULO 3

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

Este capítulo detalla el diseño e implementación realizada para la dispersión de palomas.

3.1 MÉTODOS PARA AHUYENTAR PALOMAS

En la tabla 3.1 se puede encontrar las ventajas y desventajas de los métodos de ahuyentamiento indicados en el literal 2.4.

Tabla 3.1 Ventajas y desventajas de los diferentes tipos de ahuyentadores de aves

| MÉTODO | VENTAJAS | DESVENTAJAS |
|-----------------------|---|---|
| Láser | <ul style="list-style-type: none"> - Ahuyenta de manera eficiente y progresiva, tras su primera configuración. - Evita la aglomeración de aves. - Tiene una efectividad a largo plazo ya que los pájaros no se acostumbran al láser pues lo detectan como peligro. - Es seguro tanto para las personas como para las aves - Este dispositivo es silencioso. | <ul style="list-style-type: none"> - El haz de luz puede atenuarse debido a la cantidad de luz solar que exista en el medio ambiente. |
| Ultrasonido | <ul style="list-style-type: none"> - El método por ultrasonido es silencioso para las personas ya que emiten sonidos superiores a los 20kHz. - Es un dispositivo de fácil montaje - Para el ahuyentamiento de aves no usa químicos. - Puede llegar a ser un dispositivo pequeño dependiendo de la potencia de amplificación. - El dispositivo por sus dimensiones y peso es fácilmente transportable (portátil). | <ul style="list-style-type: none"> - La mayoría de estos dispositivos no garantizan su correcto funcionamiento. - Se recomienda eliminar cualquier tipo de maleza cercana al lugar ya que puede interferir con las señales emitidas. - Las aves se adaptan al ultrasonido en pocos periodos de tiempo. |
| Simulador de Disparos | <ul style="list-style-type: none"> - Debido al fuerte sonido emitido por la explosión de gas posee una muy buena efectividad con las aves | <ul style="list-style-type: none"> - Utilización de químicos para producir las explosiones. - Ruidoso - No portátil. |

Tabla comparativa sobre los tipos de ahuyentadores de aves.
Elaborado por: Wladimir Pachacama.

3.1.1 Selección del tipo de ahuyentador

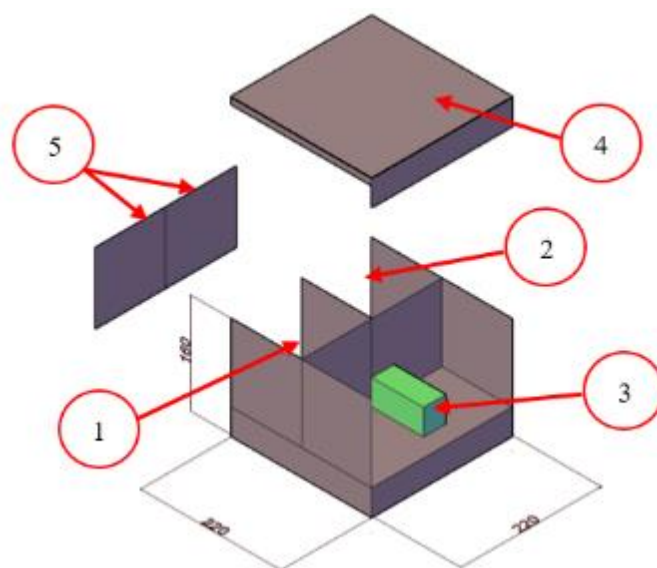
De la Tabla 3.1 se puede deducir que sobre los diferentes métodos de dispersión de aves se verifica que los proyectos mediante la utilización de la tecnología láser y por medio de ultrasonido son mucho más viables, puesto que presenta mayor tipo de ventajas, como es en el caso del método por láser, pues, este método es amigable para el medio ambiente y las aves, además de tener un mayor rango de cobertura y exactitud al ahuyentar aves entre las otras ventajas que puede observarse en la tabla 3.1.

Por otro lado, el método por ultrasonido es silencioso al oído humano, así como también no es contaminante y es de fácil instalación. Mientras que, el método por simulación de disparos puede llegar a ser contaminante de forma auditiva y para el medio ambiente ya que éste usa gas butano sin contar que por malas prácticas pueda llegar a ocasionar accidentes.

3.2 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO POR LÁSER

El módulo láser consta de dos servomotores los cuales son los encargados de mover el láser de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo para cubrir la mayor área posible, además consta de dos punteros laser de una alta potencia y un controlador el cual será el encargado de que los actuadores realicen las acciones necesarias. En la figura 3.1 se puede observar el diseño de la carcasa y las partes pertenecientes al módulo láser.

Figura 3.1 Diseño de la carcasa y partes del módulo láser



Elaborado por: Wladimir Pachacama

Tabla 2.2 Detalles explicativos de la figura 3.1

| Descripción | Valor |
|-------------|--------------------------------------|
| 1 | Área de baterías |
| 2 | Área de tarjeta de PCB |
| 3 | Área de servomotores y láser |
| 4 | Tapa del módulo |
| 5 | Tapas de las áreas de baterías y PCB |
| Medidas | 220x220x160 mm |
| Material | Carcasa de acero inoxidable |

Elaborado por: Wladimir Pachacama

3.2.1 Servomotor

La selección de este actuador se debe a que se lo puede alimentar con una fuente establecida entre 4.8V a 6V o típicamente utilizados 5V, además posee un torque entre 1.8 a 2.2kgf.cm aproximadamente (COMPONENTS101, 2019), torque suficiente para mover sin problema los laser del módulo ahuyentador. Cabe recordar que los servomotores están formados por un sistema mecánico de precisión, pudiendo controlar con gran precisión el grado de giro que necesitamos aplicar, para el movimiento de los láser, los servomotores son controlados por un sistema computarizado con memoria como en nuestro caso será el controlador que se observará más adelante. (Mora, 2014)

Figura 2.2 Servomotor



Fuente: (Mora, 2014)

En la tabla 3.3 se observa las características de funcionamiento del servomotor MG90S

Tabla 3.3 Características importantes del servomotor

| Descripción | Valor |
|---------------------|--------------------------|
| Voltaje operacional | 4.8V a 6V típicamente 5V |
| Torque | 1.8Kg/cm (4.8V) |
| Rotación | 0° - 180° |

Fuente: (COMPONENTS101, 2019)

3.2.2 Selección del láser

Para el desarrollo de este módulo se realizó varias pruebas con 3 tipos diferentes de láser, los detalles se los presenta en la tabla 3.4.

Tabla 3.4 Especificaciones de los láseres utilizados en las pruebas

| Descripción | 1er Láser | 2do Láser | 3er Láser |
|-------------------------------|-------------|-------------|---------------|
| Color | Rojo | Verde | Verde |
| Alimentación | 4.5V, 150mA | 3V, 250mA | 3.7V, 6800mAh |
| Temperatura de funcionamiento | -30 ~ 60 °C | -20 ~ 60 °C | -15 ~ 25 °C |
| Potencia de salida | 5mW | 5mW | 100mW |
| Longitud de onda | 650nm | 532nm | 532nm |
| Tipo de batería | 3*AG3 | 2*AAA | litio |
| Alcance | 10m | 25m | 10km |

Elaborado por: Wladimir Pachacama

Los detalles de las pruebas se los puede observar en el capítulo 4 de este documento. Una vez realizadas las pruebas se pudo observar que el láser que mayor precisión llevo a tener fue el puntero laser de 100mW, que posee un peso ligero, es fácil de transportar y ampliamente utilizado en astronomía, en la oscuridad puede alcanzar una distancia considerable y posee las siguientes características que se pueden apreciar en la tabla 3.5

Figura 3.3 Láser 100mW



Elaborado por: Wladimir Pachacama

Tabla 3.5 Detalles del producto

| Descripción | Valor |
|-------------------------------|--|
| Potencia de salida | 100mW |
| Longitud de onda de salida | 532nm±10 |
| Batería | 3,7V; 6800mAh |
| Temperatura optima de trabajo | 15°C~25°C |
| Distancia ideal | A horas de la tarde o escasa luz solar alcanza los 10km de distancia según su hoja de datos. |

Fuente: (laserpointerstore, 2020)

3.2.3 Controlador

El controlador utilizado es la placa Arduino que es una plataforma de creación electrónica de código abierto (Banzi & Shioh, 2016). Entre las características más importantes tenemos que está basada en hardware y software libre, flexible y fácil de utilizar, además nos permite crear diferentes tipos de microordenadores de una sola placa. Para esto primero debemos entender a qué se refiere con hardware libre, lo cual se refiere a todos los dispositivos cuyas especificaciones y diagramas son de acceso al público en general para que cualquier persona pueda replicarlos. Por otro lado, con software libre nos referimos a todos los programas informáticos cuyos códigos son accesibles por cualquier persona de la misma manera que el hardware.

Figura 3.4 Arduino uno



Fuente: (Díaz J. , 2016)

3.2.4 Batería de Ion de Litio

Esta batería es la recomendada por el fabricante, debido a las condiciones de fabricación del puntero láser, por esta razón la utilizaremos, y es una batería de Litio, también denominada batería Li-ion, también conocida como pila recargable con dos o

más celdas, cuando la batería funciona en modo de descarga, los iones de una y otra celda se combinan químicamente para formar el elemento estable, esta combinación produce energía que es la que se aprovecha. (Robles Aguilera & Robles Cruz, 2018) La batería utilizada para cada láser es del valor recomendado en las especificaciones del dispositivo.

En la figura 3.5 se observa las baterías a usarse en el proyecto.

Figura 3.5 Baterías de Litio



Elaborado por: Wladimir Pachacama

Tabla 3.6 Descripción de la batería de Litio

| Descripción | Valor |
|--------------------|----------|
| Tipo de batería | Li-Ion |
| Voltaje | 3.7 V |
| Capacidad | 6800 mAh |
| Tiempo de descarga | 5 horas |

Fuente: (Carlos, 2017)

3.2.5 Circuito integrado Reloj en Tiempo Real (RTC)

Para el desarrollo del prototipo se utilizará el RTC DS1307 el cual es un circuito integrado reloj en tiempo real, que es capaz de llevar la cuenta de la fecha y la hora de una manera autónoma, se caracteriza por tener un bajo consumo de energía y su propia fuente de alimentación auxiliar. Para la comunicación a través de I2C requiere de dos resistencias pull-up en los pines SDA y SCL.

En la figura 3.6 se observa el RTC usado en el proyecto.

Figura 3.6 RTC DS1307



Fuente: (Valle, 2018)

3.2.6 Software utilizado

El IDE es el entorno de desarrollo integrado utilizado por Arduino, sus siglas significan “Integrated Development Environment” (ERGO SUM, 2017), también es conocido como un programa informático el cual está compuesto por herramientas de programación que ha sido empaquetado como un software de aplicación.

Figura 3.7 Logotipo del software IDE



Fuente: (ERGO SUM, 2017)

3.2.7 Generación del algoritmo para el control del láser

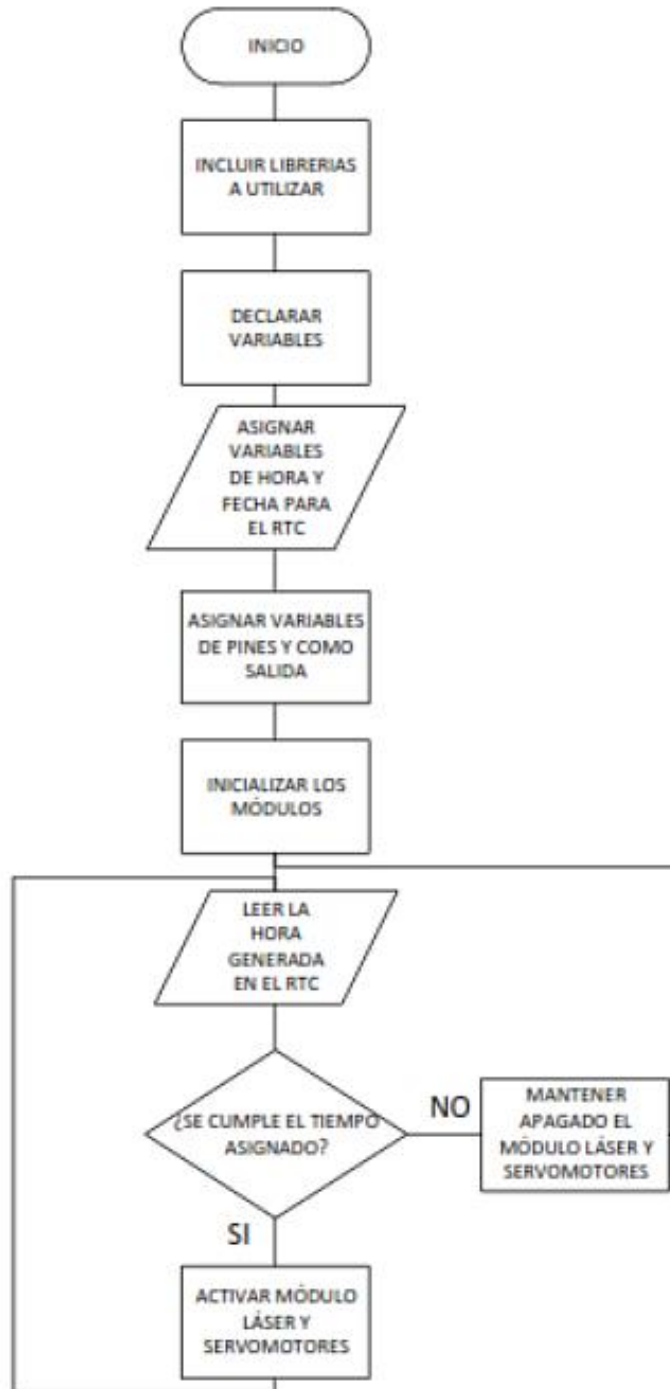
Como primer paso debemos comprender el funcionamiento del prototipo, así se podrá realizar un algoritmo capaz de cumplir con el objetivo propuesto.

El prototipo tendrá un switch el cual será el encargado de encender y apagar el dispositivo de forma manual, sin embargo, el ahuyentador se activará automáticamente a ciertas horas del día una vez que el switch se encuentre en “encendido”. El dispositivo se activará con un lapso de 20 minutos de retardo entre cada activación, es decir, se encenderá a las 10:00, luego a las 10:20, después a las 10:40 y así sucesivamente. Al llegar la hora de activación el prototipo encenderá los servomotores los cuales se encargarán de mover de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo el haz de luz del láser, asegurando así una mayor área de cobertura. El dispositivo puede ser apagado de forma manual una vez terminado el día o cuando el usuario así lo decida para poder cargar las baterías del dispositivo.

En la figura 3.8 se puede observar el diagrama de flujo de la función del algoritmo utilizado para realizar el giro del servomotor al ángulo deseado.

El código fuente del diagrama de flujo mostrado en la figura 3.8 se encuentra en el Anexo 1.

Figura 3.8 Diagrama de flujo del método por láser.

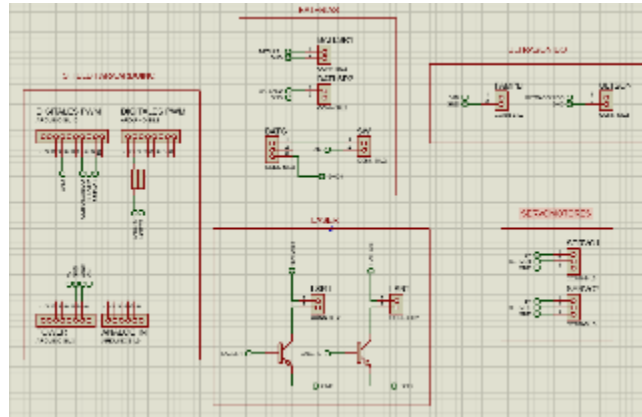


Elaborado por: Wladimir Pachacama

3.2.8 PCB implementado

En la figura 3.9 se puede observar el diagrama del esquemático desarrollado en el software Proteus para el control por método de láser.

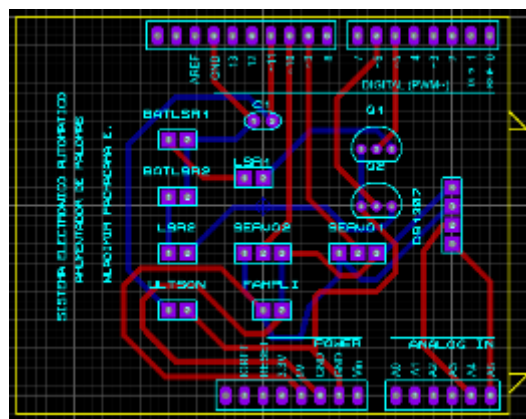
Figura 3.9 Diagrama del esquemático para el método de láser



Elaborado por: Wladimir Pachacama

En la figura 3.10 se puede observar el PCB diseñado con unas dimensiones de 90x50mm

Figura 3.10 Diseño PCB utilizado.



Elaborado por: Wladimir Pachacama

3.2.9 Desarrollo del prototipo

Para que la activación del módulo sea automática se utilizó un reloj en tiempo real (RTC) el mismo que nos permite llevar la cuenta de la fecha y hora de manera autónoma como ya se había mencionado en el marco teórico.

En la figura 3.11 se puede observar el módulo implementado para el ahuyentamiento de aves mediante el método de láser. Este módulo consta de dos servomotores como ya se había mencionado anteriormente el uno se encarga del movimiento que barre de izquierda a derecha mientras que el segundo se encarga de subir y bajar el haz de luz del láser.

Figura 3.11 Módulo para el ahuyentador por láser



Elaborado por: Wladimir Pachacama

En la tabla 3.7 se aprecia la descripción del módulo láser.

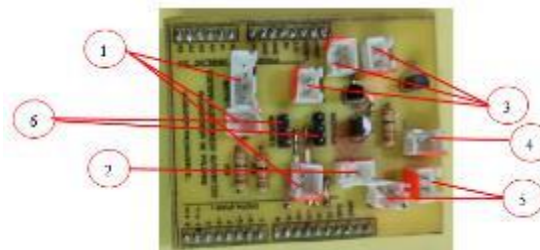
Tabla 3.7 Descripción del módulo láser

| DESCRIPCIÓN | VALOR |
|-------------------------|----------------------------|
| Módulo | Láser |
| Medidas | 220x220x160 mm |
| Alimentación de voltaje | 2 baterías: 3.7V – 6800mAh |
| Transportación | Portátil |
| Material | Acero inoxidable |

Elaborado por: Wladimir Pachacama

En la figura 3.12 se puede observar la PCB realizada para este módulo. Además, en la tabla 3.8 se puede observar las características principales de los elementos usados en la elaboración del PCB y mostrados con su numeración pertinente.

Figura 3.12 PCB realizada con sus respectivos componentes



Elaborado por: Wladimir Pachacama

Tabla 3.8 Descripción de los componentes utilizados en la elaboración del PCB

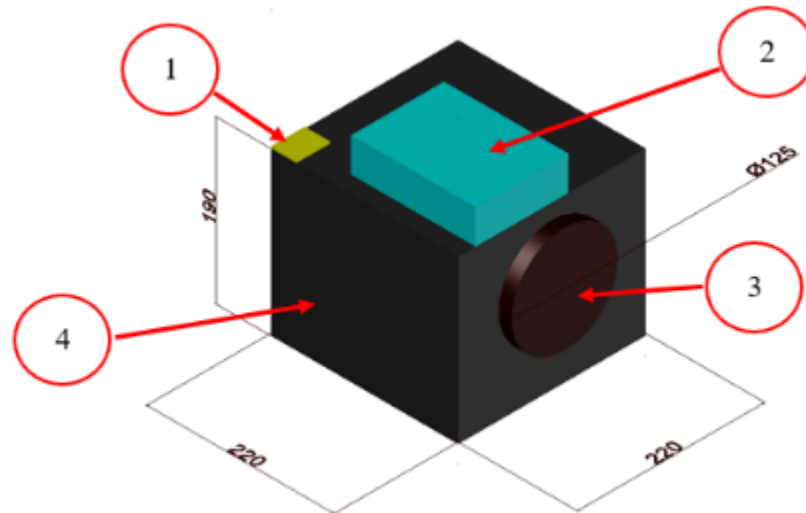
| N° | ELEMENTO | DESCRIPCIÓN |
|----|--------------------------------------|---|
| 1 | Baterías | Estos pines son los encargados de suministrar la cantidad de energía necesaria para alimentar los laser y la placa en general. |
| 2 | Alimentación para placa amplificador | Este pin se encarga de suministrar la cantidad de energía necesaria a la placa de amplificación de audio. |
| 3 | Pines de conexión para laser | Los laser son los encargados de la disuasión de palomas mediante este método y son alimentados por las baterías del literal 1. |
| 4 | Pin para generación de ultrasonido | Este pin es el encargado de enviar la señal de audio generado por el Arduino para la dispersión de aves por el método de ultrasonido. |
| 5 | Switch y batería para laser extra | En los pines que se observan se encuentra conectado un switch que se encarga que de encender el prototipo y un pin reservado para un láser extra. |
| 6 | Pines para control de servomotores | Los servomotores son los encargados de dar el movimiento angular a los laser tanto en una orientación horizontal como vertical. |

Elaborado por: Wladimir Pachacama

3.3 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO POR ULTRASONIDO

El módulo por ultrasonido consta de una bocina tipo corneta la cual fue seleccionada debido a sus especificaciones técnicas las cuales se las podrá observar en la tabla 3.7 y a su estructura en forma de cono ya que las ondas tienen un mayor direccionamiento hacia el lugar que deseamos apuntar, a más de esto consta de una tarjeta de amplificación de audio y una tarjeta controladora la cual se encargará de encender, apagar y emitir las ondas en los tiempos seleccionados. El conteo del tiempo se lo realizará mediante un RTC de las mismas especificaciones que del literal 3.2.5

Figura 3.13 Diseño de la carcasa y partes del módulo láser



Elaborado por: Wladimir Pachacama

Tabla 3.9 Detalles explicativos de la figura 3.11

| Descripción | Valor |
|-------------|--------------------------------|
| 1 | PCB's del módulo |
| 2 | Bocina tipo corneta |
| 3 | Salida de ondas de ultrasonido |
| 4 | Carcasa |
| Medidas | 220x220x190 mm |
| Material | Carcasa de acero inoxidable |

por: Wladimir Pachacama

3.3.1 Amplificador de audio

Un amplificador es un elemento el cual tiene integrado un circuito electrónico que puede aumentar la intensidad de la tensión, la corriente o la potencia de una señal que se aplica a la entrada. Los amplificadores de audio son también conocidos como amplificadores de potencia o etapa de ganancia. Se basan en ampliar la señal de salida ejerciendo un esfuerzo sobre la tensión que trae la señal de entrada. (Díaz, Martín, & Antorán, 2017)

En la figura 3.14 se observa la bocina tipo corneta utilizada para la dispersión de aves por ultrasonido con las características que se observa en la tabla 3.10

Figura 3.14 Bocina tipo corneta utilizada para la dispersión de aves por ultrasonido



Elaborado por: Wladimir Pachacama

Tabla 3.10 Descripción del amplificador utilizado

| DESCRIPCIÓN | VALOR |
|-------------------|---------------------|
| Marca | MITZU |
| Frecuencia máxima | 150W |
| Impedancia | 8 Ohms |
| Medidas | 20 x 19 cm |
| Uso | Interior y exterior |

Fuente: (MITZU, 2019)

3.3.3 Batería utilizada en el amplificador de audio

La batería utilizada en el amplificador de audio es de baja auto descarga, menor al 3% de su capacidad nominal al mes, posee una cubierta ABS y no posee efecto memoria después de repetidos usos o descargas, se encuentra completamente sellada, además es operativa en un amplio rango de temperaturas.

El sistema trabaja con la batería de 11.1V debido al TDA utilizado en la amplificación de audio, este TDA trabaja con un voltaje de alimentación de 8V -18V como máximo. En la figura 3.15 se muestra la batería utilizada para el amplificador de audio.

Figura 3.15 Batería utilizada para el amplificador de audio



Elaborado por: Wladimir Pachacama

Tabla 3.11 Características de la batería utilizada

| Descripción | Valor |
|--------------------|---------|
| Modelo | TURNIGY |
| Voltaje | 11.1V |
| Capacidad | 1.3Ah |
| Cantidad de celdas | 3 |

Fuente: (TURNIGY, s.f.)

3.3.4 Análisis de frecuencias

En el análisis de frecuencias se desarrolla algoritmos para lectura de audio y de filtrado del audio obtenido, de esta manera se podrá realizar una comparación entre éstos y se podrá detectar las frecuencias similares.

A continuación, se presenta la Tabla 3.12 con los comandos utilizados en el software Matlab para la lectura y filtrado de la señal de audio.

Tabla 3.12 Comandos utilizados en Matlab para lectura y filtrado de señal de audio

| COMANDO | DESCRIPCIÓN |
|---|---|
| $y, fs] = \text{audioread}(\text{'nombre_archivo'})$ | Utilizado para la lectura de audio. En donde "fs" es la frecuencia de muestreo y "y" las muestras de la señal. En un teléfono celular la fs es de 16kHz, aunque para poder asegurarse se pueden abrir los archivos en un software capaz de indicar la frecuencia de muestro del archivo de audio. |
| $Y = \text{fft}(X, n)$ | Entrega la DFT del punto n. Si no llegara a especificar ningún valor para n, Y tiene el mismo tamaño que X. |
| $[b, a] = \text{butter}(n, Wn, ftype)$ | Diseña un filtro Butterworth de paso bajo, paso alto, paso de banda o supresión, depende del valor y el número de elementos. |
| $p = \text{nextpow2}(A)$ | Devuelve la potencia más pequeña de dos que es mayor o igual que el valor absoluto de A, esta función es útil para optimizar las operaciones FFT, que son más eficientes cuando la longitud de secuencia es una potencia exacta de dos. |
| $y = \text{linspace}(x1, x2, n)$ | Genera valores espaciados linealmente. |

Fuente: (MathWorks, 2019)

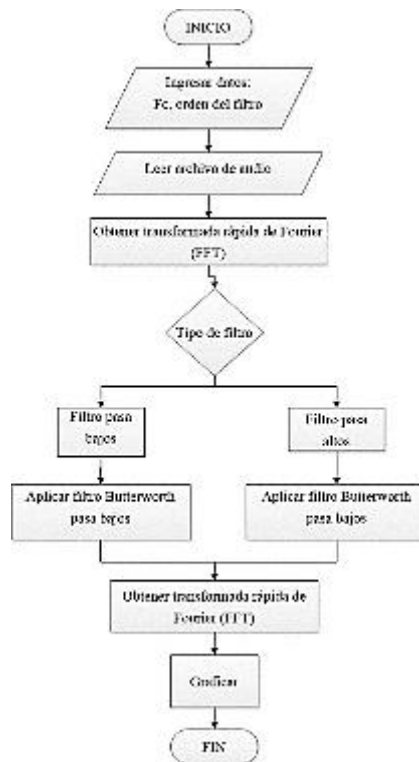
3.3.5 Procesamiento de señales de audio

Para este análisis de frecuencias se utilizará el software Matlab y varios sonidos, los cuales logran asustar a las palomas y los que no tienen efectos.

Una vez adquiridos los diferentes sonidos a ser analizados se utilizará la transformada rápida de Fourier, la cual es un método matemático que nos permite transformar una señal en función del tiempo en una señal en función de la frecuencia, este método es de gran utilidad, ya que nos permite evaluar la distribución de frecuencias de la energía que está transmitiendo un sonido. Además, para este análisis es necesario aplicar un filtro pasa bajos y pasa altos, pues eso facilitará el análisis y podremos observar de mejor manera las frecuencias que coinciden en cada uno de los sonidos, el filtro a usar es el filtro Butterworth, pues, está diseñado para producir la respuesta más plana que sea posible hasta la frecuencia de corte (Huiracán, 2007).

La figura 3.16 muestra diagrama de flujo del algoritmo implementado para el procesamiento de las señales de audio, además, el código fuente del diagrama de flujo mostrado en la figura 3.16 se encuentra en el Anexo 2.

Figura 3.16 Diagrama de flujo para el procesamiento de señales de audio



Elaborado por: Wladimir Pachacama

Se realiza el análisis de frecuencias de los audios obtenidos teniendo lo siguiente como se muestra en la tabla 3.13

Tabla 3.13 Frecuencias obtenidas con Matlab

| Filtro pasa altas ≥ 20 kHz | |
|---|-------------------------|
| Nombre del audio | Frecuencia [kHz] |
| Audio | 23.61 |
| Petardo 40 gramos | 23.35 |
| Bocina de gas | 23.73 |
| Globo desde computador | 26.9 |
| Globo desde celular | 24.33 |
| Canto del Halcón | 22.78 |
| Petardo | 24.16 |
| Pistola de balines de pólvora | 19.97 |
| Canto de un gavián | 23.48 |

Datos obtenidos con MATLAB R2016b

Con los datos mostrados en la tabla 3.13 se puede apreciar que las frecuencias con más reincidencias están entre los 23 kHz y 24 kHz, siendo así las ondas ideales que deberían ahuyentar a las aves, sin embargo, para las pruebas se tomara el rango de frecuencias entre los 20 y 25kHz.

Las imágenes del espectro de frecuencias de audio se los encuentran en el Anexo 4.

3.3.6 Generación de la señal de frecuencia

Para la generación de la señal de frecuencias se desarrollará el algoritmo en el IDE de Arduino utilizando las frecuencias ya analizadas mediante Matlab, de la misma forma que el método por láser, este método se activará automáticamente después del lapso de 30 minutos entre activación por un periodo de 5 minutos. Para el desarrollo del algoritmo es necesario calcular el periodo de la señal a utilizar, esto se lo logra con la fórmula que se presenta a continuación.

$$T = \frac{1}{f} \tag{Ec.(3.1)}$$

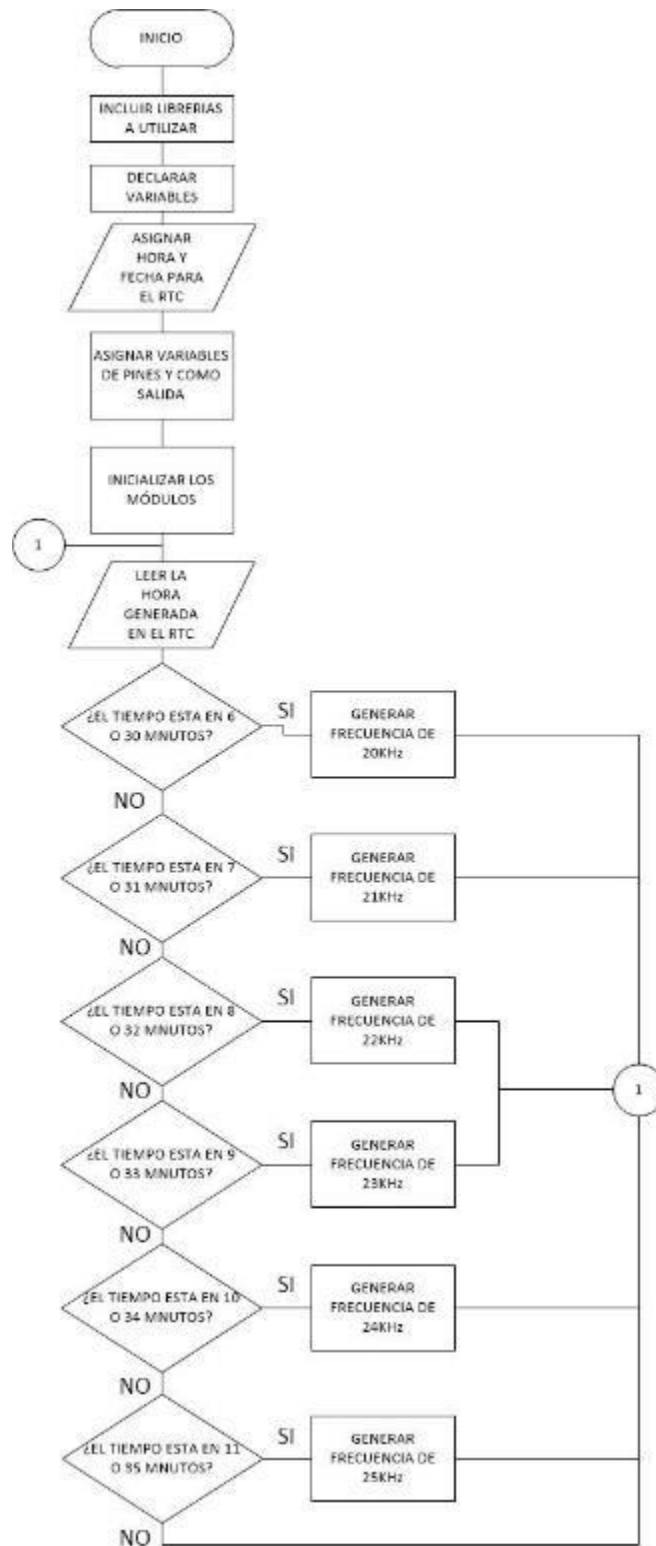
En donde:

T = Periodo de la señal

f = frecuencia de la señal

El código fuente se encuentra en el Anexo 3.

Figura 3.17 Diagrama de flujo para la generación de frecuencia



Elaborado por: Wladimir Pachacama

Utilizando la formula (1) calculamos los valores de periodo de cada una de las frecuencias a utilizar, resultando lo que se puede apreciar en la tabla 3.14

Tabla 3.14 Periodo calculado con las frecuencias deseadas

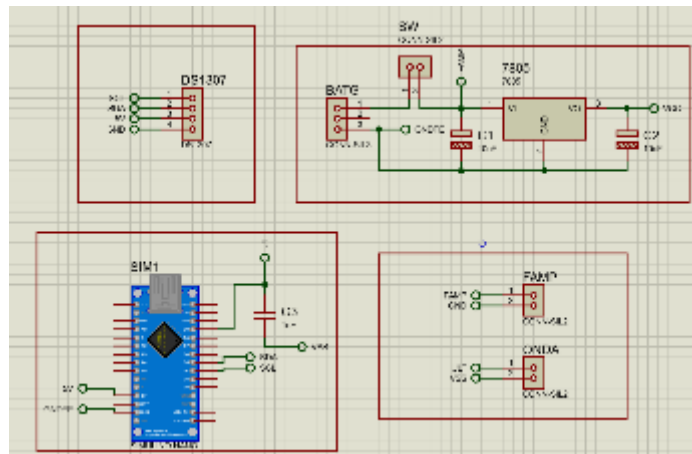
| Frecuencia (f) [kHz] | Periodo (T) [us] |
|-------------------------|---------------------|
| 20 | 50 |
| 21 | 47.62 |
| 22 | 45.45 |
| 23 | 43.48 |
| 24 | 41.67 |
| 25 | 40 |

Elaborado por: Wladimir Pachacama

3.3.7 PCB implementado

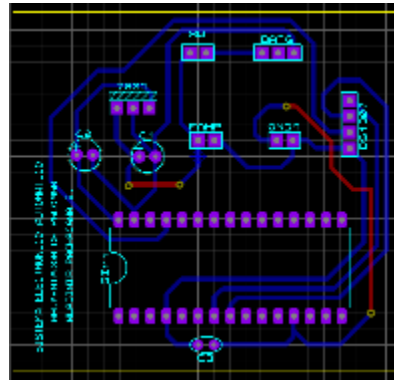
En la figura 3.18 se puede observar el diagrama del esquemático desarrollado en el software Proteus para el control por método de ultrasonido. El PCB utilizado para este método se encuentra en la figura 3.19

Figura 3.18 Diagrama del esquemático para el método por ultrasonido



Elaborado por: Wladimir Pachacama

Figura 3.19 Diseño PCB utilizado.

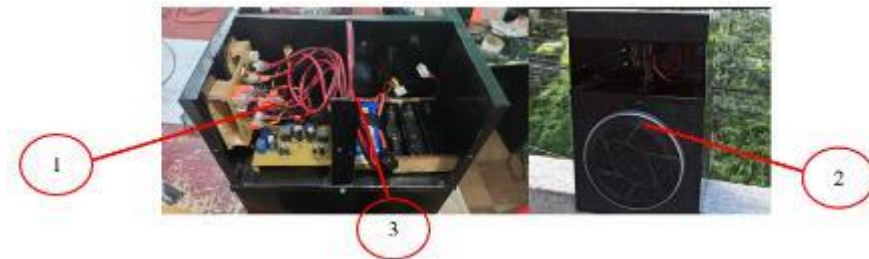


Elaborado por: Wladimir Pachacama

3.3.8 Desarrollo del prototipo

En la figura 3.20 se puede apreciar las partes que forman parte del amplificador de audio utilizado para el ahuyentamiento de aves, mientras que en la tabla 3.15 se puede observar la descripción de los elementos.

Figura 3.20 Elementos que forman parte del amplificador de audio



Elaborado por: Wladimir Pachacama

Tabla 3.15 Descripción de los componentes que forman parte del amplificador utilizado

| Nº | ELEMENTO | DESCRIPCIÓN |
|----|------------------------|--|
| 1 | Placa de Amplificación | Esta placa se encarga de la amplificación de la señal producida por el Arduino para la emisión del ultrasonido |
| 2 | Altavoz | El altavoz es el encargado de emitir la señal de audio originada en la placa de Arduino y entregada por el amplificador. |
| 3 | Batería | Esta batería es la encargada de la alimentación de voltaje del circuito de amplificación, las especificaciones de esta se la encuentran en la tabla 3.5. |

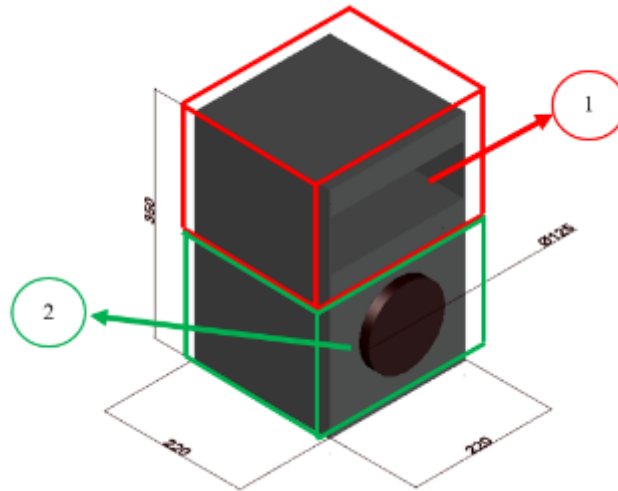
Elaborado por: Wladimir Pachacama

3.3.9 Diseño de la carcasa para el prototipo

El prototipo es modular, es decir, los métodos de ahuyentamiento pueden funcionar alternadamente o a su vez de forma individual si así se lo desea.

En la figura 3.21 se puede observar el diseño de la carcasa que se utilizara para la implementación del proyecto, mientras que en la tabla 3.16 se puede encontrar las medidas de esta.

Figura 3.21 Diseño de la carcasa a utilizar en el proyecto



Elaborado por: Wladimir Pachacama

Tabla 3.16 Características generales de la carcasa

| Descripción | Valor |
|-------------|-----------------|
| 1 | Láser |
| 2 | Ultrasonido |
| Medidas | 22 x 22 x 35 cm |

Elaborado por: Wladimir Pachacama

CAPÍTULO 4

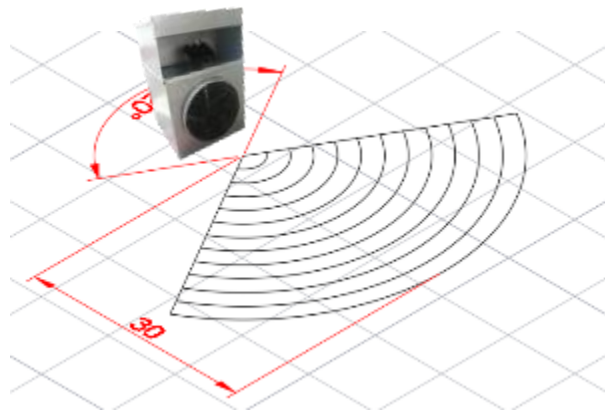
PRUEBAS Y RESULTADOS

El desarrollo de este capítulo se proyecta en la prueba y resultados obtenidos con el proyecto, como se indicó en el capítulo 3 se desarrolló dos métodos de dispersión de palomas, el primero fue mediante luz laser y el segundo mediante ultrasonido.

4.1 MÓDULO LASER

Para la verificación de la eficacia del proyecto se desarrollan pruebas a distancias comprendidas entre 2 metros y 30 metros como se muestra en la figura 4.1, además se logra apreciar el rango de propagación del láser.

Figura 4.1 Pruebas realizadas



Elaborado por: Wladimir Pachacama

En base a la figura 4.1 se puede calcular el área de protección como se muestra a continuación, ya que el rango de emisión del láser es una circunferencia dividida en tres partes se puede utilizar la ecuación 4.1 para encontrar el área de protección del prototipo.

$$\text{Área de protección} = \frac{2\pi r^2}{3} \quad \text{Ec.(4)} \quad \text{1)}$$

Entonces aplicando la fórmula anterior podemos encontrar el área así:

$$\text{Área de protección} = \frac{2\pi(30m)^2}{3}$$

$$\text{Área de protección} = 1884,96 \text{ m}^2$$

Sin embargo, el rango que el láser no cubre es el que está pegado a la base del módulo, siendo esta área la siguiente:

$$\text{Área de no protección} = \frac{2\pi(2m)^2}{3}$$

$$\text{Área de no protección} = 8.38 \text{ m}^2$$

Entonces el rango total de protección será:

$$\text{Área total} = \text{Área de protección} - \text{Área de no protección} \quad \text{Ec.(4 2)}$$

$$\text{Área total} = 1884.96 - 8.38$$

$$\text{Área total} = 1876.58 \text{ m}^2$$

En las pruebas realizadas con los diferentes tipos de láser que ya se mencionaron anteriormente se puede apreciar los datos que se encuentran en la tabla 4.1

Tabla 4.1 Palomas ahuyentadas con el láser rojo

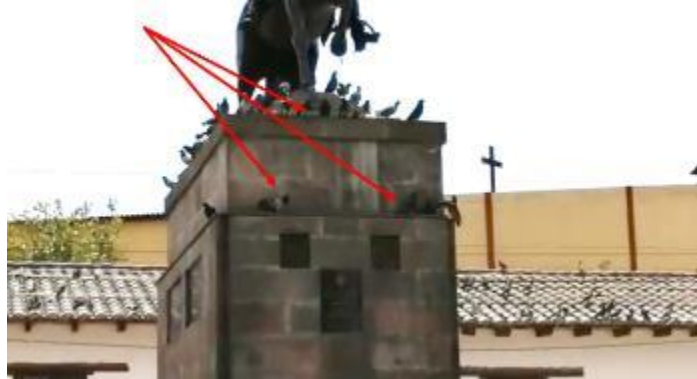
| DISTANCIA [m] | PALOMAS AHUYENTADAS | | |
|------------------|---------------------|-----------------|-------------------|
| | Láser rojo 5mW | Láser verde 5mW | Láser verde 100mW |
| 2 | 1 | 3 | 7 |
| 4 | 1 | 1 | 7 |
| 6 | 0 | 0 | 7 |
| 8 | 0 | 0 | 7 |
| 10 | 0 | 0 | 5 |
| 12 | 0 | 0 | 7 |
| 14 | 0 | 0 | 5 |
| 16 | 0 | 0 | 6 |
| 18 | 0 | 0 | 6 |
| 20 | 0 | 0 | 7 |
| 22 | 0 | 0 | 5 |
| 24 | 0 | 0 | 6 |
| 26 | 0 | 0 | 7 |
| 28 | 0 | 0 | 5 |
| 30 | 0 | 0 | 5 |

Elaborado por: Wladimir Pachacama

Los resultados obtenidos varían acorde a la posición en la que el láser se encuentra apuntando, pues, si el haz de luz llega por la parte frontal de la paloma será mucho más fácil que esta la detecte y huya del lugar, mientras que si llega por la parte posterior o laterales la reacción demorará hasta que la luz se encuentre en el punto de visibilidad de la paloma.

En base a las pruebas realizadas se pudo comprobar que la potencia del tercer láser es efectiva para el objetivo del proyecto, pues, en la gran parte de las pruebas el resultado fue positivo, como se muestra mediante las flechas de color rojo, en la figura 4.2 se puede observar la cantidad de palomas posadas en la estatua.

Figura 4.2 Palomas posadas en la estatua



Elaborado por: Wladimir Pachacama

Al utilizar el láser como se muestra señalado con las flechas verdes las palomas se ahuyentaron inmediatamente del área como se muestra en la figura 4.3, pues, el láser pasaba por repetidas ocasiones por el área demostrando así a las aves que el lugar no era seguro para ellas, la flecha roja muestra el momento exacto en el cual una de las palomas se está retirando del lugar debido a que el láser se encontraba apuntando en esa dirección como se aprecia mediante las flechas verdes.

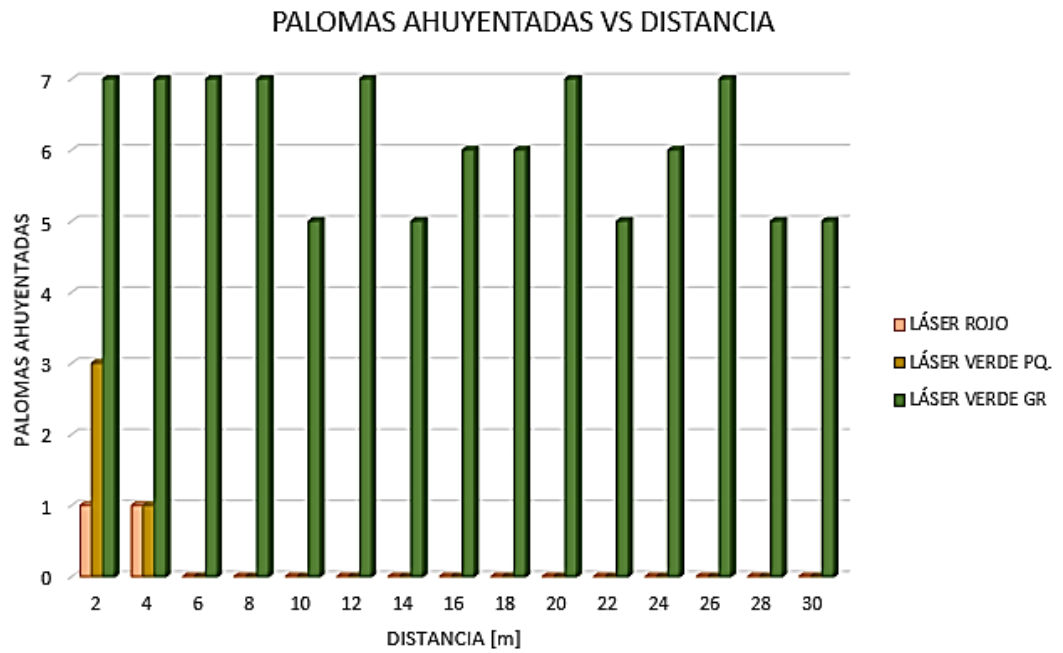
Figura 4.3 Láser apuntando en la pared de la estatua



Elaborado por: Wladimir Pachacama

En la gráfica 4.4 se puede observar una gráfica comparativa con los resultados obtenidos con los tres láser utilizados.

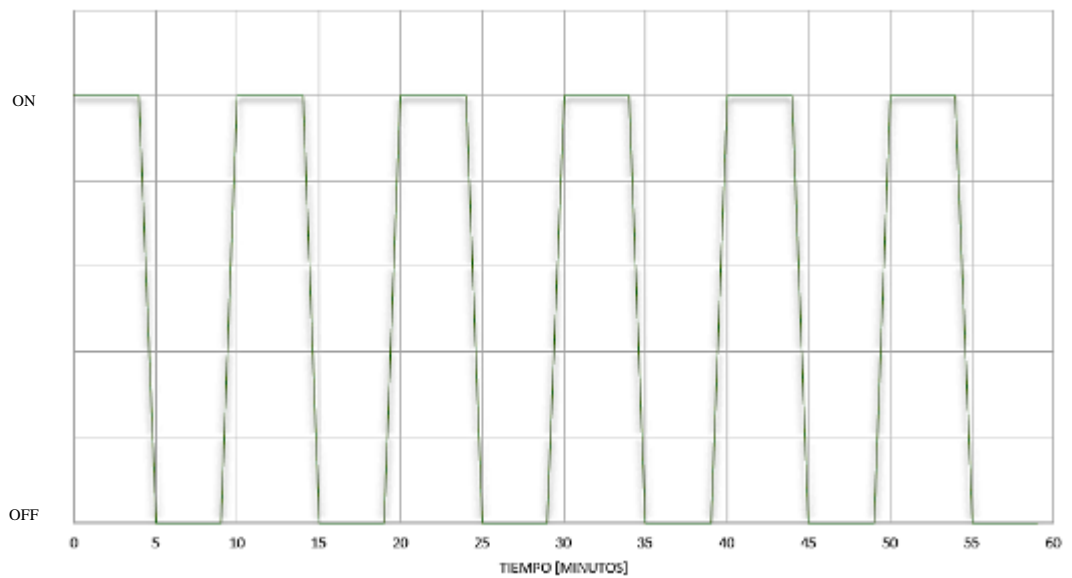
Figura 4.4 Gráfica comparativa de los resultados de los láseres utilizados en las pruebas



Elaborado por: Wladimir Pachacama

En la figura 4.5 se puede apreciar el diagrama de tiempo de activacion del módulo.

Figura 4.5 Diagrama de tiempo
MÓDULO LÁSER

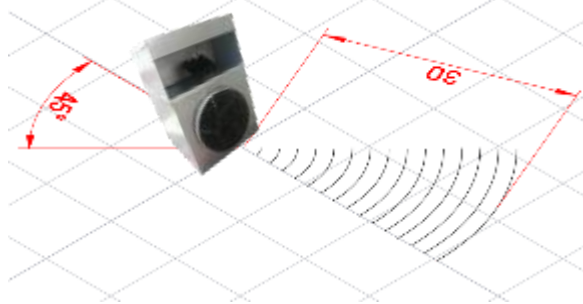


Elaborado por: Wladimir Pachacama

4.2 MÓDULO POR ULTRASONIDO

De la misma manera que se realizó las pruebas con el módulo láser, se desarrolla las pruebas con el amplificador de audio, las distancias de prueba serán las mismas que del método anterior si se observan los resultados esperados, caso contrario se tomará las muestras hasta los 10 metros.

Figura 4.6 Pruebas realizadas con el método de ultrasonido



Elaborado por: Wladimir Pachacama

Una vez implementado el módulo por ultrasonido se pudo constatar una ligero error en las frecuencias generadas por el Arduino dando como resultado lo que se puede apreciar en la tabla 4.2

Tabla 4.2 Frecuencias reales obtenidas

| Periodo (T) [us] | Frecuencia (f) ideal [kHz] | Frecuencia (f) real [kHz] |
|----------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 50 | 20 | 17.592 |
| 47.62 | 21 | 19.932 |
| 45.45 | 22 | 19.682 |
| 43.48 | 23 | 20.494 |
| 41.67 | 24 | 21.375 |
| 40 | 25 | 21.375 |

Elaborado por: Wladimir Pachacama

Para calcular el error generado en las frecuencias utilizaremos la ecuación (4.3) que se presenta a continuación.

$$EA = |P^* - P| \quad \text{Ec.(4.3)}$$

En donde:

P^* = Valor de la medida

P = Valor exacto

Dando como resultado lo siguiente:

Tabla 4.3 Cálculo del error en las frecuencias

| N | Periodo (T) [us] | Frecuencia (f) ideal [kHz] | Frecuencia (f) real [kHz] | Error (EA) [kHz] |
|----------|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|
| 1 | 50 | 20 | 17.592 | 2.408 |
| 2 | 47.62 | 21 | 19.932 | 1.068 |
| 3 | 45.45 | 22 | 19.682 | 2.318 |
| 4 | 43.48 | 23 | 20.494 | 2.506 |
| 5 | 41.67 | 24 | 21.375 | 2.625 |
| 6 | 40 | 25 | 21.375 | 3.625 |

Elaborado por: Wladimir Pachacama

De la tabla 4.3 podemos deducir cual es el error promedio en las frecuencias generadas de la siguiente manera, para así poder corregir dichos valores y generar las frecuencias deseadas.

$$Error\ promedio = \frac{\sum EA}{N} \quad Ec.(4.4)$$

$$Error\ promedio = \frac{2.408 + 1.068 + 2.318 + 2.506 + 2.625 + 3.625}{6}$$

$$Error\ promedio = 2.425\ kHz$$

Una vez encontrado este error lo que procederemos a hacer, es a sumar esta frecuencia restante en la frecuencia ideal mostrada en la tabla 4.3 para poder obtener las frecuencias deseadas, además se volverá a calcular el periodo con la fórmula (1), obteniendo como resultados, lo siguiente:

Tabla 4.4 Cálculo del periodo a usar

| Frecuencia (f) [kHz] | Periodo (T) ideal [us] | Periodo (T) real a usar [us] |
|---------------------------------|-----------------------------------|---|
| 20 | 50 | 36 |
| 21 | 47.62 | 33.62 |
| 22 | 45.45 | 31.45 |
| 23 | 43.48 | 29.48 |
| 24 | 41.67 | 27.67 |
| 25 | 40 | 26 |

Elaborado por: Wladimir Pachacama

En el Anexo 5 se puede observar las frecuencias obtenidas en el osciloscopio.

En base a las pruebas realizadas mediante el método por ultrasonido se puede demostrar que a diferencia del método por láser, éste es deficiente, pues el tiempo de reacción en las palomas es tardío, como se observará en la tabla 4.5 que se presenta más adelante.

En la figura 4.7 podremos observar a las palomas posadas en el tendido eléctrico antes de encender el dispositivo.

Figura 4.7 Palomas en el tendido eléctrico



Elaborado por: Wladimir Pachacama

Una vez encendido el dispositivo de ultrasonido se pudo constatar que las palomas no huían en ese preciso instante, al paso de varios minutos las palomas empezaron a alejarse una por una del tendido eléctrico.

Como se puede apreciar en la figura 4.8 las palomas empezaron a alejarse progresivamente del tendido eléctrico debido a que el dispositivo se encontraba encendido.

Figura 4.8 Menor cantidad de palomas en el tendido eléctrico



Elaborado por: Wladimir Pachacama

Luego de otro lapso de tiempo el tendido eléctrico se encontraba completamente vacío como se puede apreciar en la figura 4.9

Figura 4.9 Tendido eléctrico sin presencia de palomas



Elaborado por: Wladimir Pachacama

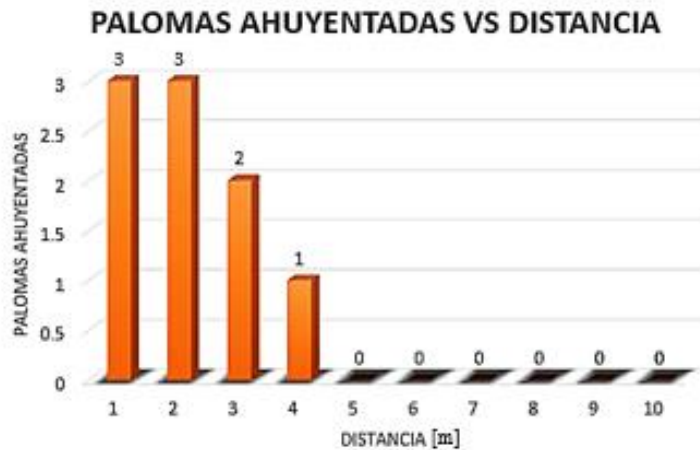
En la tabla 4.5 se observa el número de palomas ahuyentadas en base a la distancia.

Tabla 4.5 Palomas Ahuyentadas vs distancia mediante el método de ultrasonido

| DISTANCIA [m] | PALOMAS AHUYENTADAS |
|--------------------------------|--------------------------------------|
| 2 | 3 |
| 3 | 2 |
| 4 | 1 |
| 5 | 0 |
| 6 | 0 |
| 7 | 0 |
| 8 | 0 |
| 9 | 0 |
| 10 | 0 |

Elaborado por: Wladimir Pachacama

Figura 4.10 Gráfica palomas ahuyentadas vs distancia por método de ultrasonido

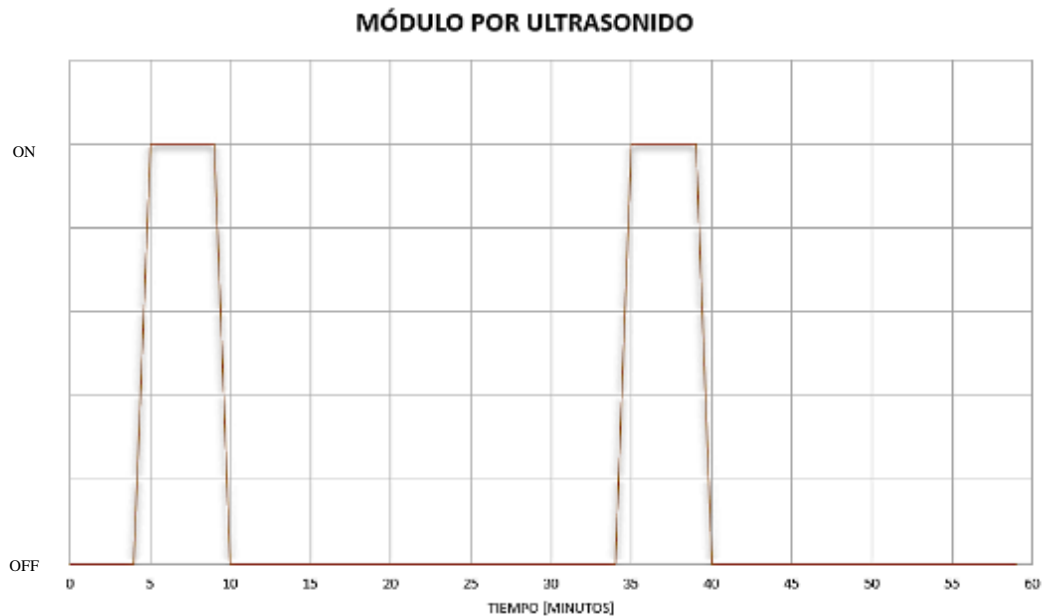


Elaborado por: Wladimir Pachacama

Uno de los principales problemas suscitados con este método se basa en el medio en el que se decida transmitir las ondas, puesto que si existen ruidos mayores u objetos que se interpongan en las ondas, estas pierden su efectividad, además que no es posible determinar el número de palomas exactas se ven afectadas por el método, debido a que el tiempo de efectividad tiene un retraso considerable.

En la figura 4.11 se puede apreciar el diagrama de tiempo de activacion del módulo.

Figura 4.11 Diagrama de tiempo



Elaborado por: Wladimir Pachacama

4.3 ANALISIS COMPARATIVO

En la figura 4.12 se observa una gráfica comparativa entre los dos métodos, como se puede apreciar el método por laser obtiene mejores resultados que el método por ultrasonido.

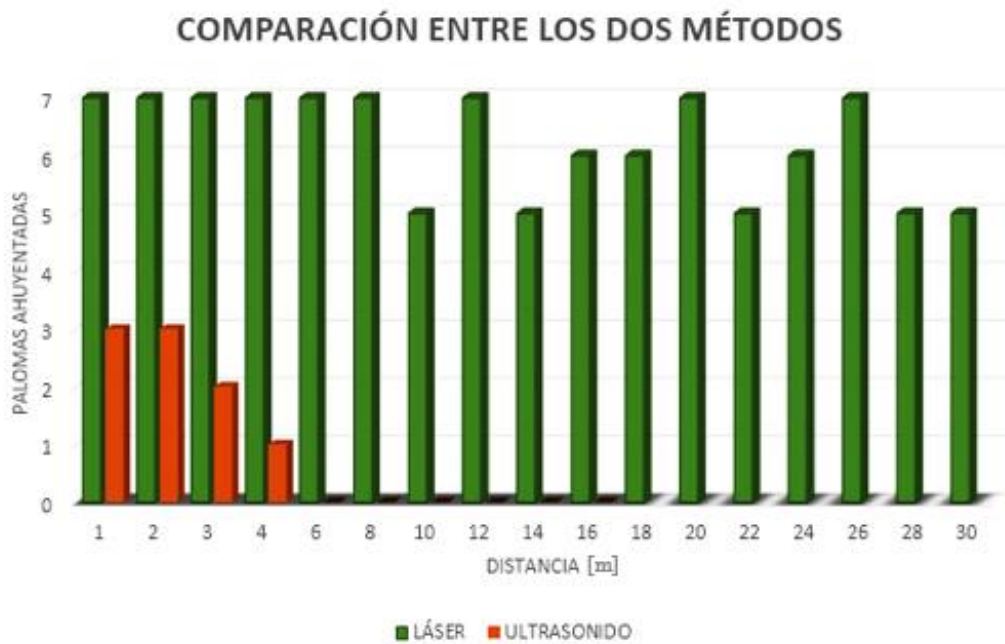
Para determinar la eficiencia del método por láser se utiliza la ecuacion (4.5)

$$Eficiencia = \frac{\overline{valor\ real}}{\overline{valor\ ideal}} * 100\% \quad Ec.(4.5)$$

Entonces, tenemos lo siguiente:

$$Eficiencia\ del\ módulo\ láser = \frac{6.13}{7} * 100\% = 87.62\%$$

Figura 4.12 Gráfica comparativa entre los métodos para ahuyentar palomas

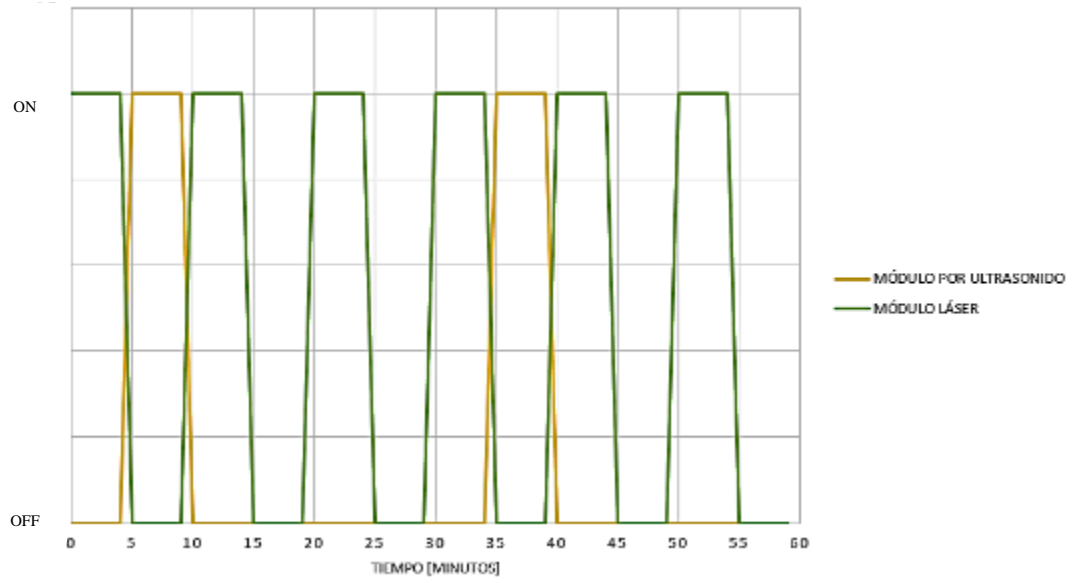


Elaborado por: Wladimir Pachacama

En la figura 4.13 se puede apreciar el gráfico comparativo de los tiempos de activacion de los módulos.

Figura 4.13 Comparación de Diagramas de tiempo

GRÁFICO COMPARATIVO, TIEMPOS DE ACTIVACIÓN



Elaborado por: Wladimir Pachacama

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Se desarrolló el prototipo ahuyentador de palomas de forma modular que contiene un módulo láser y otro mediante ultrasonido, el cual tiene un funcionamiento individual o alternado dependiendo la configuración deseada y algunas pruebas de campo fueron desarrolladas en el sector de Solanda.

Se investigó las características de tres diferentes métodos de dispersión de palomas. El primero fue por medio de láser el cual utiliza rayos de luz de alta potencia y largo alcance, ahuyentando a las aves ya que estas detectan la luz del láser como peligro, el segundo método fue por ultrasonido, el cual, emite ondas de frecuencias superiores a los 20kHz, para aturdir al oído de las palomas, por último, el simulador de disparos que utiliza gas butano para producir pequeñas explosiones las cuales ahuyentan a las aves.

De los tres métodos analizados se determinó que los dos métodos más eficientes para la implementación en un dispositivo electrónico fueron por láser y ultrasonido. De los cuales se puede concluir que el método por láser produce una efectividad del 87.62%

Se diseñó un prototipo de manera que pueda funcionar de forma individual o conjuntamente para cumplir el objetivo de ahuyentar a las aves. El prototipo se diseñó con una carcasa de metal inoxidable para evitar el daño del prototipo a la intemperie.

En base a las pruebas de campo realizadas en el sector de Solanda en un terreno que tenía sembríos de maíz se pudo concluir que el método por láser ahuyentaba a las palomas de manera casi inmediata, pues, al observar el láser acercarse a ellas empezaban a alejarse del área de cobertura del prototipo, sin embargo, cuando el día estaba muy soleado la luz del láser tendía a atenuarse, ocasionando que sea imperceptible para algunas palomas. Por otro lado, el método por ultrasonido necesitaba áreas despejadas de maleza, ya que, esto ocasionaba que las señales fueran débiles, además, después de varias pruebas las palomas empezaron a acostumbrarse al ultrasonido.

5.2 RECOMENDACIONES

Es recomendable no mantener el dispositivo al alcance de los niños, pues, si el láser se apunta a los ojos podría generar daños en los mismos, ya que la potencia del láser utilizado es mucho mayor a la potencia de un puntero laser normal.

Antes de poner en funcionamiento el dispositivo se recomienda cargar las baterías del dispositivo para obtener los resultados deseados, ya que el consumo de energía en el mismo a largos periodos de tiempo es muy alto.

No mantener encendido el dispositivo si no es necesario, ya que como se mencionó anteriormente, las aves tienden a acostumbrarse a las ondas producidas y esto provocará que el dispositivo sea ineficiente con las aves.

El dispositivo puede ser usado en horas de la mañana y tarde, pues, a partir de las 6 pm las aves se refugian en sus nidos para descansar.

La carga de baterías no se las debe realizar con otro tipo de cargadores que no son los proporcionados con el sistema ahuyentador.

El sistema ahuyentador de aves debe ser colocado en una superficie alta para que el rango de protección del láser sea el adecuado, ya que, si se lo ubica en una zona baja, los mismos cultivos serán quienes interfieran en la proyección del láser y el prototipo llegara a ser ineficiente.

REFERENCIAS

- Agrilaser. (2013). *Plagas Urbanas*. Recuperado de <http://plagas-urbanas.com>
- ARDUINO. (2019). *ARDUINO*. Obtenido de <https://www.arduino.cc/>
- Banzi, M., & Shioh, M. (2016). *Introducción a Arduino*. ANAYA. Recuperado de <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>
- BirdGard. (2015). *Agrilaser Autonomic*. [Fotografía] Recuperado de <https://www.birdgard.es>
- BIRDGARD. (2019). *Ahuyentador solar ultrasonidos para aves*. Recuperado de <http://www.interempresas.net>
- Carlos. (2017). *Comparativa de baterías de Litio 18650*. Recuperado de <https://nergiza.com/>
- Castaños, E. (2016). *PARÁMETROS DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO*. [Fotografía] Recuperado de [LIDIA CON LA QUÍMICA: https://lidiakonlaquimica.wordpress.com/tag/longitud-de-onda/](https://lidiakonlaquimica.wordpress.com/tag/longitud-de-onda/)
- COMPONENTS101. (2019). *MG90S – Metal Gear Micro Servo Motor*. [Entrada de blog] Recuperado de <https://components101.com/motors/mg90s-metal-gear-servo-motor>
- Díaz, J. (2016). *PLACA ARDUINO UNO*. [Fotografía] Recuperado de <http://www.iescamp.es/miarduino/2016/01/21/placa-arduino-uno/>
- Díaz, M., Martín, R., & Antorán, J. (2017). *Como funciona un amplificador*. Recuperado de https://edu.ieee.org/es-unizar/wp-content/uploads/sites/467/2017/02/Presentacion_amp.pdf
- Dinis, L. (2015). *Máquina de Ondas*. Recuperado de <https://www.ucm.es>
- Egle. (2019). *Bored Panda*. [Fotografía] Recuperado de https://www.boredpanda.es/vision_pajaros_versus_humanos/?utm_source=google&utm_medium=organic&utm_campaign=organic
- ERGO SUM. (2017). *Curso de primeros pasos con Arduino*. [Fotografía] Recuperado de <https://www.programoergosum.com>
- Garza Villareal, B. R. (2016). *Consultoria Experta en negocios de Agricultura, Ganadería y Forestales*. [Entrada de blog] Recuperado de <https://agronegociosintegrados.blogspot.com/2016/03/produccion-de-maiz-dulce-una.html>

- GPAVAL. (2019). *Cañón espantapajaros a gas butano o propano*. Recuperado de <http://www.controldeaves.com>
- GPAVAL. (2019). *Feria Virtual*. [Entrada de blog] Recuperado de <http://www.interempresas.net/Agricola/FeriaVirtual/Producto-Canon-Espantapajaros-a-gas-butano-propano-Guardian-2-Standard-9603.html>
- Haag-Wackernagel, D., & Spiewak, R. (2004). Human infestation by pigeon fleas (*Ceratophyllus columbae*) from feral pigeons. *AAEM Ann Agric Environ Med*, (pp. 343-346).
- Huircán, J. I. (2007). *Filtros Activos, Conceptos Básicos y Diseño*. Recuperado de http://quidel.inele.ufro.cl/~jhuircan/PDF_CTOSII/ieeefact.pdf
- LA MECÁNICA DEL CARACOL. (2019). *Una cámara diseñada para imitar cómo ven las aves los colores*. [Entrada de blog] Recuperado de <https://www.eitb.eus/es/radio/radio-euskadi/programas/la-mecanica-del-caracol/detalle/6150997/una-camara-disenada-imitar-ven-aves-colores/>
- Laserpointerstore. (2020). *303 Prome series Laser Pointer Manual*. Recuperado de <https://www.laserpointerpro.com/es/20mw-532nm-mid-open-green-laser-pointer-pen-with-battery-p-390.html>
- Magnino, S., Haag-Wackernagel, D., Geigenfeid, I., Helmecke, S., Dovč, A., & Prukner-Radovčic, E. (2009). Chlamydial infections in feral pigeons in Europe: review of data focus on public health implications. En *Veterinary Microbiology* (pp. 54-67).
- MathWorks. (2019). *Documentación Signal Processing Toolbox*. Recuperado de <https://es.mathworks.com>
- MD TECH S.A. (2017). *Espanta aves*. Recuperado de <http://mdtechstore.gonzalezrios.com>
- Méndez, Villamil, Buitrago, & Soler. (2013). La paloma (*Columba livia*) en la transmisión de enfermedades de importancia en salud pública. *Ciencia Animal*, (pp. 177-194).
- MITZU. (2019). Catálogo. En MITZU. Obtenido de <https://mitzu.com/>
- Mora, J. (2014). *Control de Robot con plataforma de simulación virtual con plugin integrado*. Valencia.
- Parra, S. (2010). *Singularidades extraordinarias de animales ordinarios (XXXVIII): la paloma*. [Entrada de blog] Recuperado de XATAKA CIENCIA:

<https://www.xatakaciencia.com/biologia/singularidades-extraordinarias-de-animales-ordinarios-xxxviii-la-paloma>

Pezantes, E. (14 de Mayo 2017). La cosecha de maíz arranco en los Ríos. *EL COMERCIO*, (pp. Actualidad).

Portal Fruticola. (2016). *Tecnología láser, efectiva para el control de aves*. Recuperado de <https://www.portalfruticola.com>

Robles Aguilera, J. A., & Robles Cruz, M. (2018). Baterías de litio. *Antologia-QES*, (pp. 1-2)

Rosario, I., Acosta, B., & Colom F. (2008). Reservorio de *Cryptococcus* spp. *Iberoam Micol*, (pp. 25,S13-S18)

Schnyder, H. A, Vanderelst, D., Bartenstein, S, Firzlaff, U., & Luksch, H. (2014). The Avian Head Induces Cues for Sound Localization in Elevation. [Fotografía] Revista *PLOS ONE*, (pp. 5)

TURNIGY. Recuperado de <http://www.turnigy.com>

Universidad Técnica de Munich. (2014). *PHYS.ORG*. Recuperado de <https://phys.org/news/2014-12-birds-external-ears.html>

Valle, L. (2018). *Reloj con Arduino, cómo controlar los tiempos con un RTC*. [Fotografía] Recuperado de <https://programarfacil.com>

ANEXO 1

Código fuente para el método por láser desarrollado en Arduino IDE

```
// Incluimos las librerías para poder
controlar los módulos
#include <Servo.h>
#include <Wire.h>
#include "Sodaq_DS3231.h"
// Declaramos la variable para controlar
el servo
Servo servoMotor;
Servo servoMotor1;
char DiaSemana[][4] = {"Dom", "Lun",
"Mar", "Mie", "Jue", "Vie", "Sab"};
// La linea fija la fecha, hora y dia de
la semana, se debe suprimir la linea en la
segunda carga
// Ejemplo 2018 noviembre 11,
08:00:00 dia 6-Sabado (0=Dom, 1=Lun,
2=Mar, 3=Mie, 4=Jue, 5=Vie, 6=Sab)
//DateTime dt(2020, 8, 10, 14, 50, 0,
1); // Descomentar para usar
int las1=5;
int las2=6;
int las3=7;
int ultra=11;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(las1, OUTPUT);
  pinMode(las2, OUTPUT);
  pinMode(las3, OUTPUT);
  pinMode(ultra, OUTPUT);
  // inicializamos los módulos
  rtc.begin();
  Wire.begin();
  // La linea fija la fecha, hora y dia de la
semana, se debe suprimir la linea en la
segunda carga
  //          rtc.setDateTime(dt); //
Descomentar para usar
  // Iniciamos el servo para que empiece
a trabajar con el pin 9
  servoMotor.attach(9);
  delay(200);
  servoMotor1.attach(10);
  servoMotor.write(0);
  delay(200);
  servoMotor1.write(35);
  delay(200);
}
void loop() {
  DateTime now = rtc.now();
  int hora =now.hour();
  int minuto =now.minute();
  int segundo = now.second();
  digitalWrite(ultra,LOW);
  delay(200);
  // ACTIVACION CON RTC
  if(minuto >=0 && minuto <=1 ||
minuto >=20 && minuto <=21 || minuto
>=40 && minuto <=41 ){
    digitalWrite(las1,HIGH);
    delay(100);
    digitalWrite(las2,HIGH);
    delay(100);
    digitalWrite(las3,HIGH);
    delay(100);
    for (int i = 35; i <=50 ; i=i+5)
    {
      servoMotor.write(0);
      delay(1000);
      servoMotor.write(5);
      delay(500);
      servoMotor.write(10);
      delay(500);
      servoMotor.write(15);
      delay(500);
      servoMotor.write(20);
      delay(500);
      servoMotor.write(25);
      delay(500);
      servoMotor.write(30);
      delay(500);
      servoMotor.write(35);
      delay(500);
      servoMotor.write(40);
      delay(500);
      servoMotor.write(45);
      delay(500);
      servoMotor.write(50);
      delay(500);
      servoMotor.write(55);
      delay(500);
      servoMotor.write(60);
      delay(500);
      servoMotor.write(65);
      delay(500);
      servoMotor.write(70);
      delay(500);
      servoMotor.write(75);
      delay(500);
      servoMotor.write(80);
      delay(500);
    }
  }
  //REGRESO
  servoMotor.write(75);
  delay(500);
  servoMotor.write(70);
  delay(500);
  servoMotor.write(65);
  delay(500);
  servoMotor.write(60);
  delay(500);
  servoMotor.write(55);
  delay(500);
  servoMotor.write(50);
  delay(500);
  servoMotor.write(45);
  delay(500);
  servoMotor.write(40);
  delay(500);
  servoMotor.write(35);
  delay(500);
  servoMotor.write(30);
  delay(500);
  servoMotor.write(25);
  delay(500);
  servoMotor.write(20);
  delay(500);
  servoMotor.write(15);
  delay(500);
  servoMotor.write(10);
  delay(500);
  servoMotor.write(5);
  delay(500);
  servoMotor1.write(i);
  delay(2000);
}
}
else {
  digitalWrite(las1,LOW);
  delay(100);
  digitalWrite(las2,LOW);
  delay(100);
  digitalWrite(las3,LOW);
  delay(100);
  servoMotor.write(0);
  delay(100);
  servoMotor1.write(35);
}
}
```

ANEXO 2

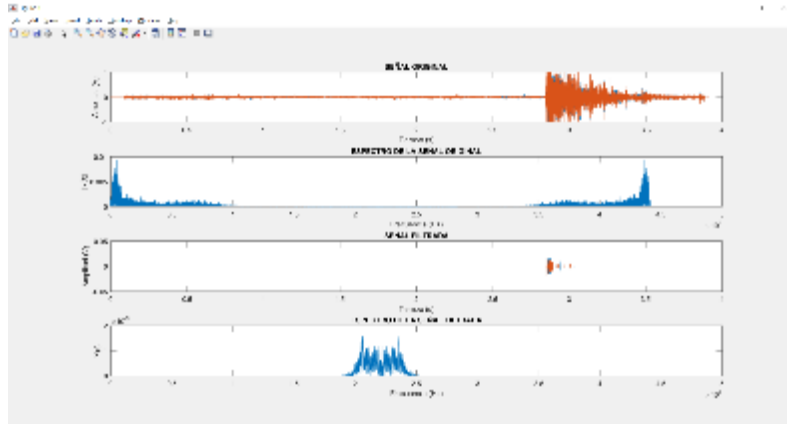
Código fuente para el análisis de audios en MATLAB

```
%% Selección del tipo de filtrado
% 1 -> Pasa bajo
% 2 -> Pasa alto
Fc=20000; % frecuencia de corte
orden=5; % orden del filtro butterworth
tipo=2; % tipo de filtrado.
%% Lectura de la señal de audio
[y,fs]=audioread('H:\respaldos lap\tesis simu\audio.wav.wav');
% fs-> frecuencia de muestreo
% Graficar la señal original
subplot(411)
T=length(y)/fs; % periodo
t=linspace(0,T,T*fs); % tiempo
plot(t,y)
title('SEÑAL ORIGINAL')% Título
xlabel('Tiempo (s)') % Etiqueta del eje X
ylabel('Amplitud (V)') % Etiqueta del eje Y
% xlim([0 20]) % Límite de la señal
%% FFT de la señal
subplot(412)
% Llamado a la función que calcula la FFT
fft_signal(y,fs);title('ESPECTRO DE LA SEÑAL ORIGINAL')
xlim([0 5e4]) %límites del eje x (frecuencias)
%% Filtrado de la señal
switch tipo
case 1
    % Cálculo de los coeficientes del filtro (filtro pasa bajas)
    % Este filtrado deja solo la señal por debajo de 500 Hz
    titulo='FILTRO PASA BAJAS';
    % Frecuencia normalizada
    fNorm = Fc / (fs/2);
    [b,a] = butter(orden, fNorm, 'low');
case 2
    %-----
    % Cálculo de los coeficientes del filtro (filtro pasa altas)
    % Este filtrado deja solo la señal por encima de 500 Hz
    titulo='FILTRO PASA ALTAS';
    % Frecuencia normalizada
    fNorm = Fc / (fs/2);
    [b,a] = butter(orden, fNorm, 'high');
end
% Filtrado de la señal
y_Low = filtfilt(b, a, y);
% Graficación de la señal en el tiempo
subplot(413)
plot(t,y_Low)
title('SEÑAL FILTRADA')
xlabel('Tiempo (s)')
ylabel('Amplitud (V)')
% xlim([0 20/f0])
% Graficación de la señal en frecuencia
subplot(414)
% Llamado a la función que calcula la FFT
fft_signal(y_Low,fs);
title('ESPECTRO DE LA SEÑAL FILTRADA')
xlim([0 5e4]) %límites del eje x (frecuencias)
```

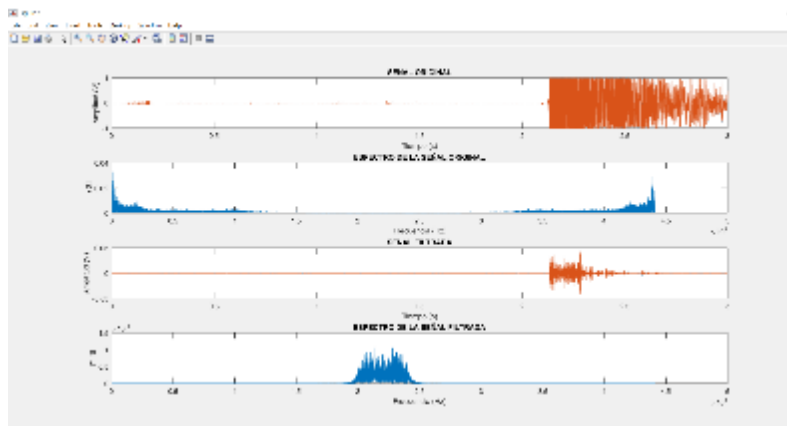

ANEXO 4

ESPECTRO DE FRECUENCIAS OBTENIDAS CON MATLAB

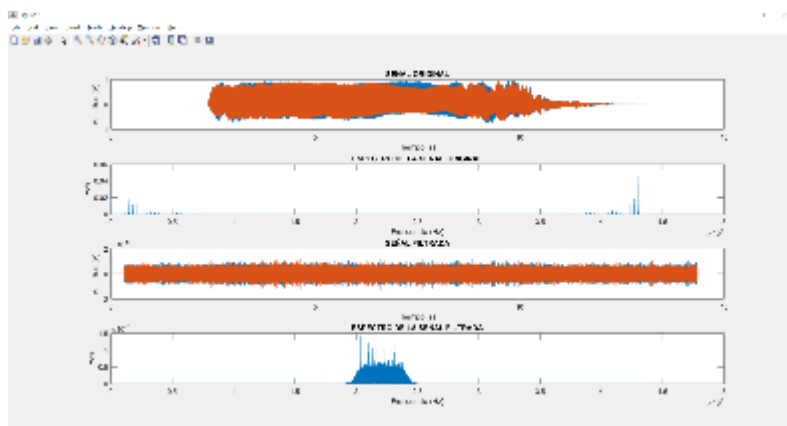
Las figuras que se podrán observar a continuación son los espectros de frecuencias analizados mediante Matlab con cada una de las muestras de audio recolectadas.



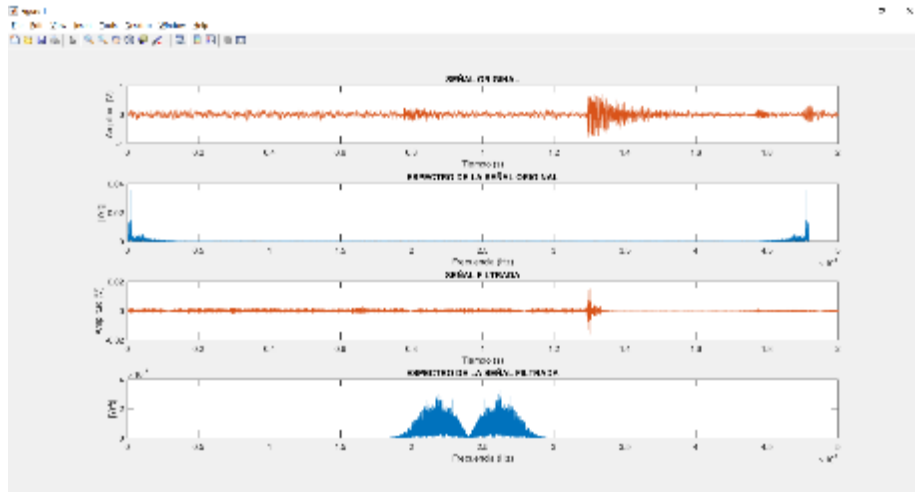
Señal de Audio, filtrada mediante un filtro de Butterworth pasa altas ($\geq 20\text{kHz}$), elaborado en MATLAB R2016b



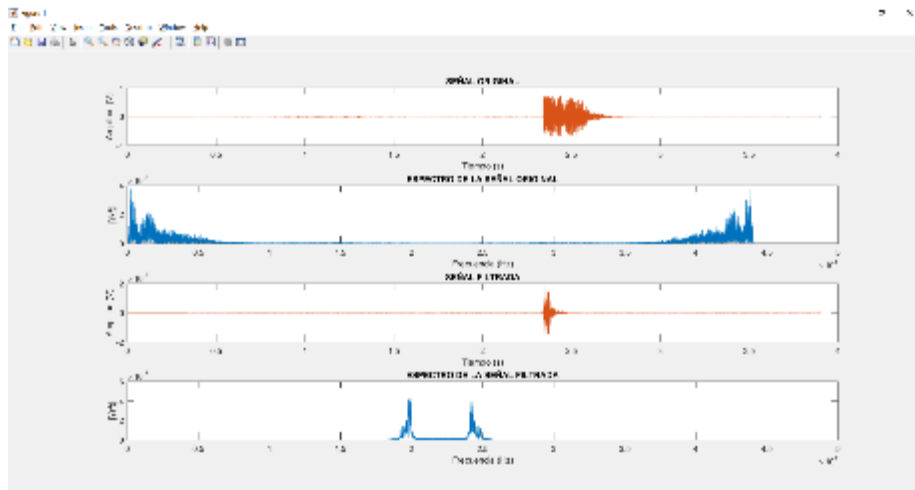
Señal de Petardo 40 gramos, filtrada mediante un filtro de Butterworth pasa altas ($\geq 20\text{kHz}$), elaborado en MATLAB R2016b



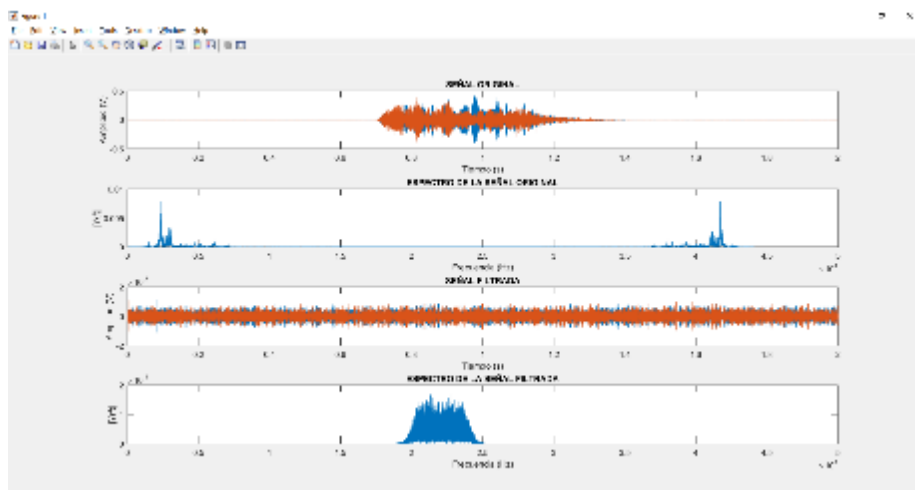
Señal de Bocina de gas, filtrada mediante un filtro de Butterworth pasa altas ($\geq 20\text{kHz}$), elaborado en MATLAB R2016b



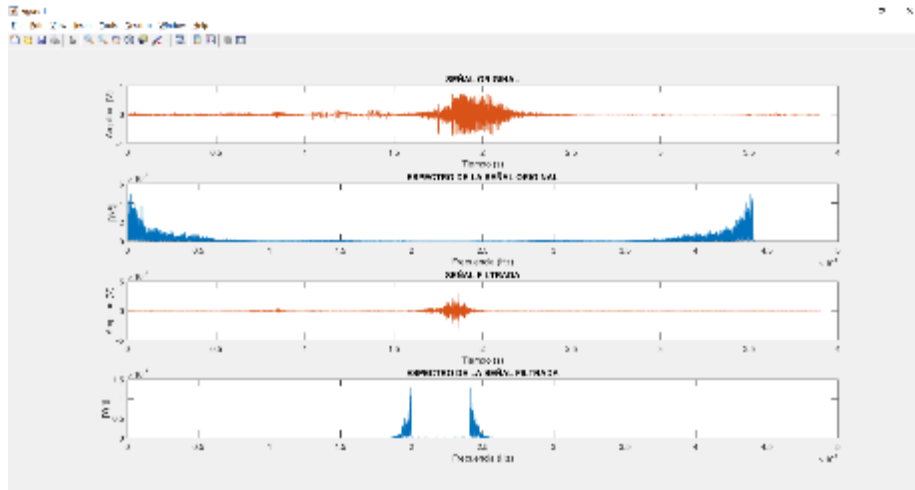
Señal de Globo desde computador, filtrada mediante un filtro de Butterworth pasa altas ($\geq 20\text{kHz}$), elaborado en MATLAB R2016b



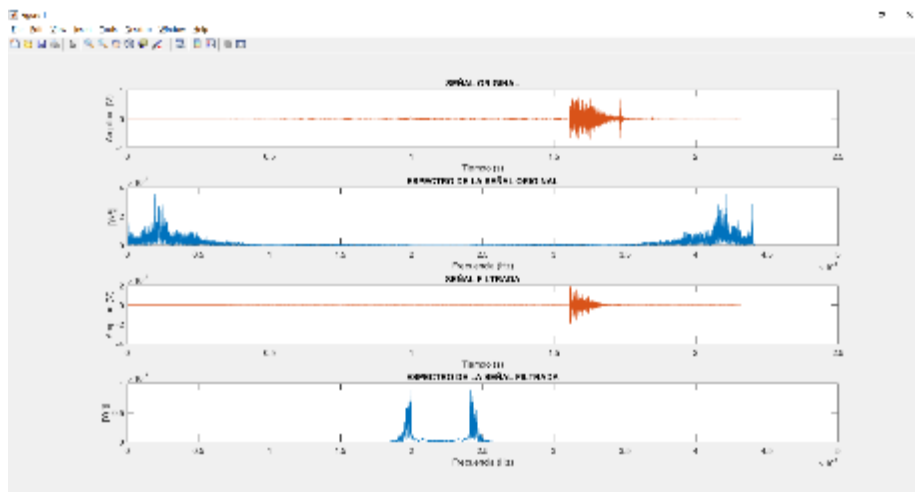
Señal de Globo desde celular, filtrada mediante un filtro de Butterworth pasa altas ($\geq 20\text{kHz}$), elaborado en MATLAB R2016b



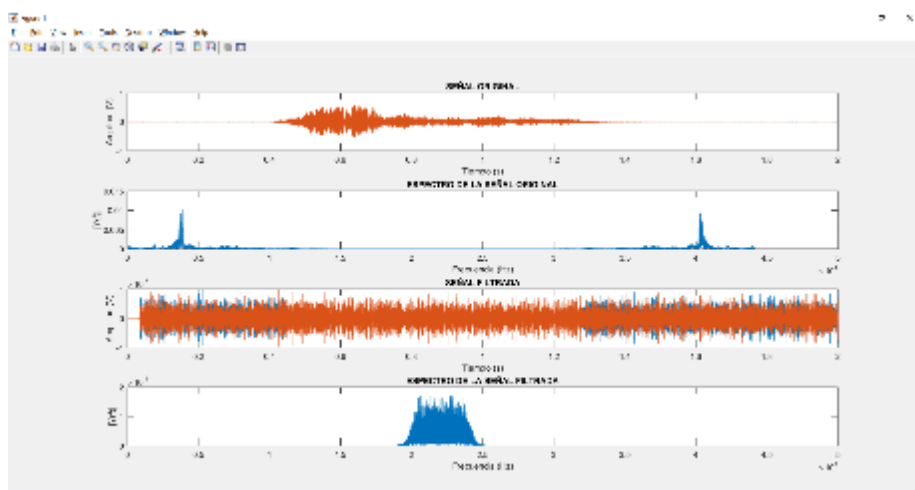
Señal de Canto del Halcón, filtrada mediante un filtro de Butterworth pasa altas ($\geq 20\text{kHz}$), elaborado en MATLAB R2016b



Señal de Petardo, filtrada mediante un filtro de Butterworth pasa altas ($\geq 20\text{kHz}$), elaborado en MATLAB R2016b



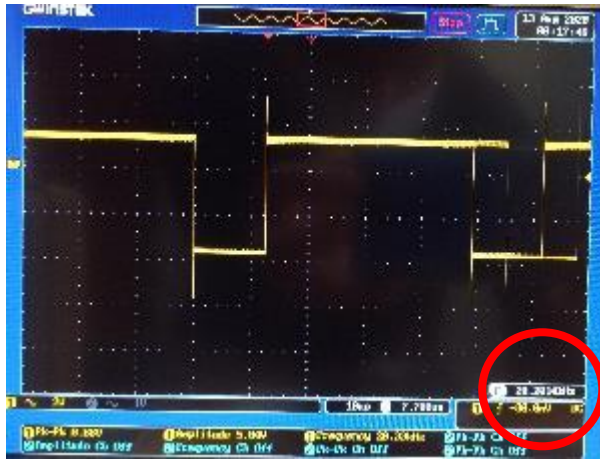
Señal de Pistola de fulminantes, filtrada mediante un filtro de Butterworth pasa altas ($\geq 20\text{kHz}$), elaborado en MATLAB R2016b



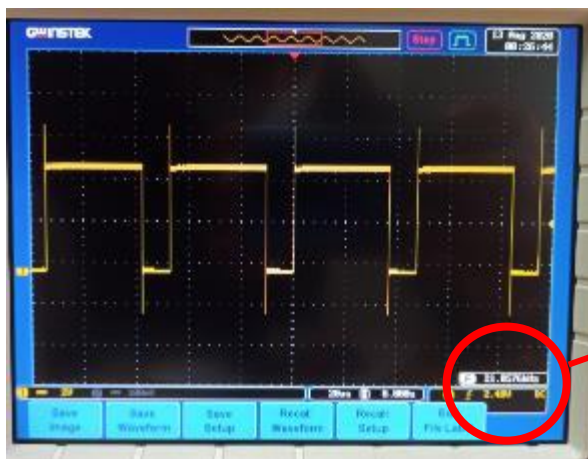
Señal de Canto de un Gavilán, filtrada mediante un filtro de Butterworth pasa altas ($\geq 20\text{kHz}$), elaborado en MATLAB R2016b

ANEXO 5

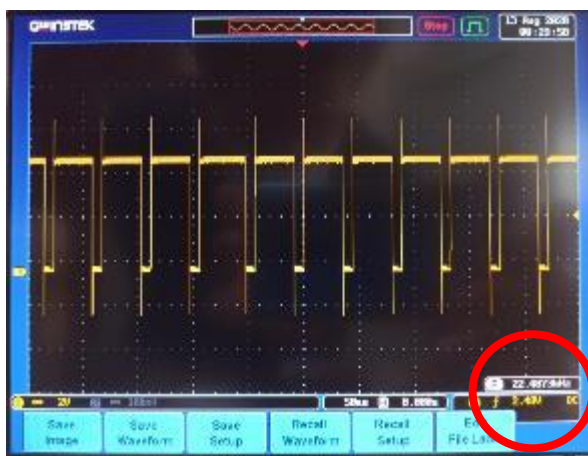
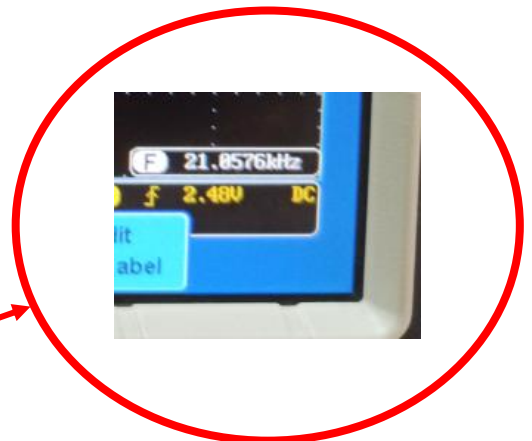
En las imágenes que se observan a continuación se muestra las ondas generadas juntamente con sus frecuencias obtenidas en el osciloscopio.



Onda de 20kHz

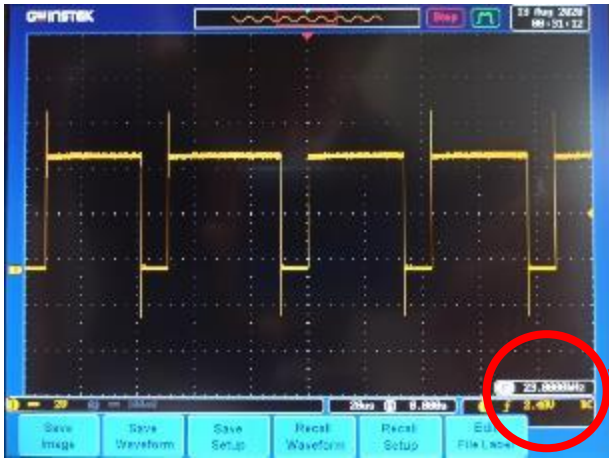


Onda de 21kHz

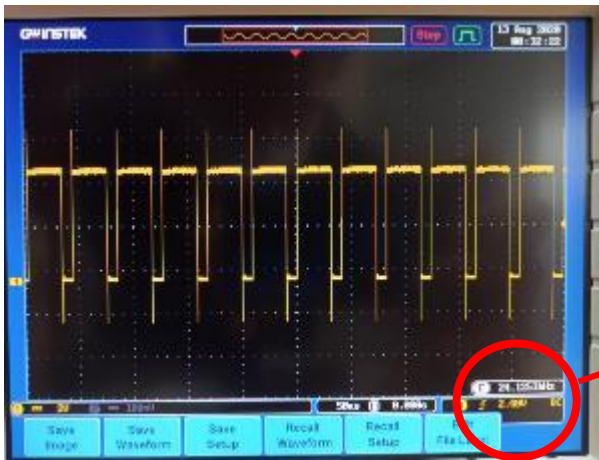
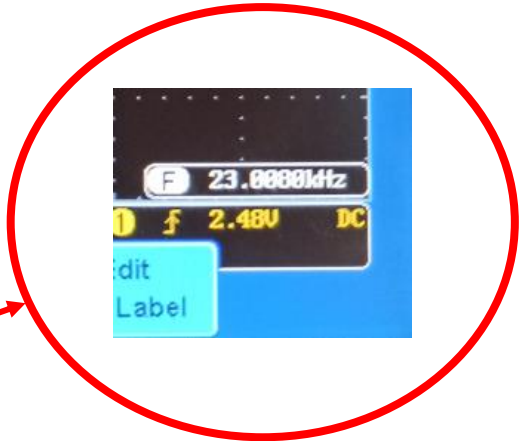


Onda de 22kHz

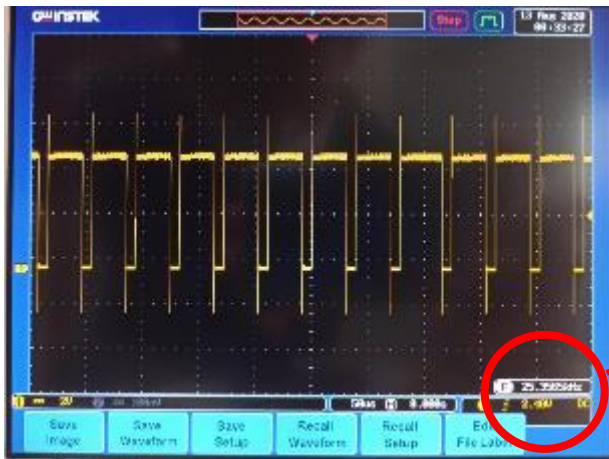




Onda de 23kHz



Onda de 24kHz



Onda de 25kHz

