

**EQUIPO ELECTROMECAÁNICO PARA EL CONTROL DE AVES EN LOS
CULTIVOS DE ARROZ**

WILLIAM JAHIR JIMÉNEZ OTERO

**UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA, ELECTRÓNICA Y BIOMÉDICA
PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA
SAN JOSÉ DE CÚCUTA
2022**

**EQUIPO ELECTROMECAÁNICO PARA EL CONTROL DE AVES EN LOS
CULTIVOS DE ARROZ**

WILLIAM JAHIR JIMÉNEZ OTERO

**Trabajo integral de grado presentado como requisito
para optar al título de Ingeniero electromecánico**

Director

**CIRO ANTONIO CARVAJAL LABASTIDA
M.Sc. Ing. Mecánico**

**Línea de Investigación:
Red de Automatización**

**UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA, ELECTRÓNICA Y BIOMÉDICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
SAN JOSÉ DE CÚCUTA
2022**

A Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mi esposa,

WILLIAM JAHIR

AGRADECIMIENTOS

El proyectante agradece muy amablemente a todos sus profesores de la Facultad por la encomiable labor de formación profesional especialmente a:

CIRO ANTONIO CARVAJAL LABASTIDA Ingeniero Mecánico Msc.

ANTONIO GAN ACOSTA Ingeniero Electricista Phd.

OSCAR ORLANDO GUERRERO DIAZ Ingeniero Electricista Msc.

FEISSAN ALONSO GERENA MATEUS Ingeniero Electrónico Msc.

RESUMEN

El trabajo de investigación plantea la implementación de un dispositivo capaz de ahuyentar aves utilizando un sistema electromecánico el cual genera señales electromagnéticas que espantan las aves sin afectarlas físicamente y de esta forma proteger el cultivo de arroz; se proyectó la alimentación de los circuitos electrónicos utilizando energía solar fotovoltaica, buscando diferentes opciones para seleccionar la tecnología más idónea de forma tal que no afecte físicamente las aves y su entorno, así mismo, proteger el medio ambiente. De acuerdo con lo anterior, se utilizó la tecnología de sistemas embebidos, específicamente el Arduino, dispositivo de hardware y software libre y bajo costo, cumpliendo de esta forma con el objetivo económico en el diseño y así poder competir con equipos que producen compañías internacionales buscando de esta forma favorecer económicamente a los cultivadores de arroz en la región de Norte de Santander.

PALABRAS CLAVE: Ave, dispositivo, cultivo, ahuyentar.

ABSTRACT

The research work proposes the implementation of a device capable of repelling birds using an electromechanical system which generates electromagnetic signals that repel birds without physically affecting them and thus protect the rice crop; The power supply of the electronic circuits was projected using photovoltaic solar energy, looking for different options to select the most suitable technology in such a way that it does not physically affect the birds and their environment, as well as protect the environment, according to the above, the technology was used of embedded systems, specifically the Arduino, a free and low-cost hardware and software device, thus fulfilling the economic objective in the design and thus being able to compete with equipment produced by international companies, seeking in this way to economically favor rice farmers in the region. from North Santander.

KEY WORDS: Bird, device, crop, Scare away.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	13
1. FUNDAMENTACIÓN	15
1.1 EL PROBLEMA	15
1.2 JUSTIFICACIÓN	15
1.3 OBJETO	15
1.4 OBJETIVOS	15
1.4.1 Objetivo general	15
1.4.2 Objetivos Específicos	16
1.5 ACOTACIONES	17
1.5.1 Alcance	17
1.5.2 Limitaciones	17
1.6 LEGISLACIÓN	17
1.6.1 Impacto ambiental	17
2. ARGUMENTACIÓN	18
2.1 ANTECEDENTES	18
2.2 MARCO TEÓRICO	19
2.2.1 Arrocero Americano ave migratoria	19
2.2.2 Sentidos de las aves	21

2.2.3 Métodos para ahuyentar sonoros	22
2.2.4 Transductores de ultrasonidos	23
2.2.5 Arduino	24
3. METODOLOGÍA	28
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	28
3.2 MARCO ESTRATÉGICO TÁCTICO	28
3.3 PLAN DE TRABAJO	28
4. DESARROLLO DEL PROYECTO	30
4.1 ETAPA 1	30
4.2 ETAPA 2	40
4.3 ETAPA 3	52
5. CONCLUSIONES	60
6. RECOMENDACIONES	61
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
ANEXOS	63

LISTA DE ANEXOS

	pág.
ANEXO A. Plano de la Estructura	64
ANEXO B. Control de Aves	65

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Arroceros Norte de Santander el Zulia	13
Figura 2. Aves migratorias	14
Figura 3. Ave migratoria Arrocero Norteño	20
Figura 4. Mapa de distribución de las aves en Colombia	21
Figura 5. Rango de frecuencias de sonido	22
Figura 6. Longitud de la onda	22
Figura 7. Transductor de ultrasonido piezoeléctrico	23
Figura 8. Placas Arduinos	25
Figura 9. Arduino UNO	25
Figura 10. Arrocero Norteño	30
Figura 11. Arrocero Norteño hembra	32
Figura 12. Mapa de migración de las aves	35
Figura 13. Ondas longitudinales	38
Figura 14. Ondas transversales	39
Figura 15. Diagrama a bloque del sistema alimentado por energía solar	40
Figura 16. Panel solar	41
Figura 17. Controlador de carga	43
Figura 18. Batería 12 voltios 7Ah	44
Figura 19. Arduino UNO	48

Figura 20. Módulo Amplificador Audio De Dos Canales Tda729	50
Figura 21. Circuito interno Módulo Amplificador Tda729	51
Figura 22. Plano estructura de soporte del sistema	52
Figura 23. Sistema de control de aves	53
Figura 24. Simulación en Proteus	54

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Partes del Arduino UNO	26
Cuadro 2. Especificaciones técnicas Arduino UNO	27
Cuadro 3. Cuadro de cargas	40
Cuadro 4. Características del panel solar	42
Cuadro 5. Especificaciones técnicas controlador de carga	43
Cuadro 6. Especificaciones de la batería	44
Cuadro 7. Ventajas y desventajas del sistema	46
Cuadro 8. Características técnicas del Arduino UNO	49
Cuadro 9. Especificaciones técnicas circuito interno Módulo Amplificador Tda729	51
Cuadro 10. Programa Arduino	56
Cuadro 11. Costo del proyecto	59

INTRODUCCIÓN

En Norte de Santander, específicamente en el municipio de El Zulia su economía se basa en el cultivo de arroz; esta actividad del sector de la agricultura ha tenido que afrontar situaciones complejas para su desarrollo y sostenimiento en el ámbito local, nacional e internacional con referencias a las importaciones.

Figura 1. Arroceros Norte de Santander el Zulia



Fuente: Autor

Actualmente se presentan múltiples causas que afectan de manera directa el cultivo del arroz, como la pandemia suscitada en el año 2020 que ha originado cambios en las importaciones de los insumos necesarios para su cultivo y la variación de los precios en el mercado; este factor ha sido decisivo y ha afectado notoriamente a los cultivadores de la región y a nivel nacional, debido a lo cual han tenido que optimizar sus procesos de producción para no generar pérdidas que los pueden llevar a la bancarrota. Por este motivo los arroceros de Norte de Santander han buscado estrategias que contrarresten las pérdidas que puedan generarse por ataques de agentes externos como plagas, aves, enfermedades y que de alguna manera se pueda disminuir la posibilidad de pérdidas en los cultivos evitando así la quiebra inminente de los cultivadores y dueños de fincas arroceras.

Las aves se han convertido en los campos de cultivo de arroz de la región en un problema que se viene dando hace muchos años, debido a la gran migración de ellas que se da en diferentes épocas del año buscando alimento y de esta forma afectando directamente los cultivos.

1. FUNDAMENTACIÓN

1.1 EL PROBLEMA

Los cultivos de arroz existentes en la región se ven afectados directamente por diferentes tipos de plagas, aves, y enfermedades; con referencia a las aves éstas son de tipo local y migratorias las cuales invaden los cultivos en busca de alimento en el día o en horas de la noche, esto genera traumatismos en el cultivo en cualquier fase de su proceso ya sea en el sembrado de la semilla o en la cosecha, causando problemas en la calidad del producto o su pérdida total; esta problemática genera pérdidas económicas para los agricultores.

Figura 2. Aves migratorias



Fuente: Autor.

Continuamente se mira con preocupación los métodos utilizados para ahuyentarlas como son aparatos de sonido fuerte o pólvora y esto afecta a los demás animales en los alrededores de los cultivos, como también crea malestar entre los habitantes de la zona por el alto ruido que éstos producen; en casos más extremos se utilizan elementos que hacen daño o matan a estas aves como son las caucheras o muchas veces hasta armas o productos explosivos.

Estas aves muchas veces emigran de otros países por el invierno en el norte y buscan en Suramérica un sustento para sobrevivir y poder emigrar nuevamente a

sus países de origen, los agricultores locales usan métodos artesanales para ahuyentarlas; en algunos casos se presentan problemas tanto para ellos como para el medio ambiente y las aves que se ven agredidas en su hábitat natural.

1.2 JUSTIFICACIÓN

En el marco de los procesos de formación de Ingeniería Electromecánica, parte integral de un Ingeniero Electromecánico de la UAN, es gestionar y liderar proyectos en el área electromecánica con una acertada planificación, organización, dirección y ejecución supervisando el buen funcionamiento de éstos.

Observando la problemática que se evidencia en el sector arrocero de la región debido a la presencia de aves locales y migratorias que genera pérdidas económicas a los cultivadores de arroz, debido a la invasión de éstas en todo el proceso de producción el cual inicia con el sembrado de las semillas, siendo acá el momento propicio para la llegada de las aves en busca de alimento y así sucesivamente se van presentando en las diferentes fases del cultivo llegando en algunos casos a su deterioro total.

Debido a lo anterior se vio la necesidad de iniciar el desarrollo del presente proyecto, con el cual se pretende mitigar el deterioro de la calidad del producto final y así bajar el índice de pérdidas económicas en la cosecha de arroz protegiendo de esta forma los ingresos de los agricultores de la región.

1.3 OBJETO

Proyección del dispositivo electromecánico generador de señales electromagnéticas par el ahuyentamiento de las aves que afectan los cultivos de arroz en la región de Norte de Santander.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general. Implementar un dispositivo electromecánico para el control de aves en los cultivos de arroz.

1.4.2 Objetivos Específicos. Analizar las condiciones y procedimientos para el control de los tipos de aves en cultivos de arroz.

Definir las características tecnológicas del dispositivo electromecánico como estrategia de control para el ahuyentamiento de aves.

Proyectar el sistema electrónico utilizando componentes de fácil adquisición y de bajo costo.

1.5 ACOTACIONES

En la presente investigación la información específica con respecto a las aves migratorias que afectan los cultivos de arroz se obtuvo de la Revista de arroz y agricultores asociados a Coagronorte; se limitó a datos puntuales sobre las costumbres de las aves y sus fechas de migración; siempre se contó con la colaboración de la Federación Nacional de Arroceros seccional Cúcuta.

1.5.1 Alcance. El trabajo tiene un alcance específico para la implementación de un dispositivo electromecánico para el control de aves en los cultivos de arroz.

Siendo una propuesta tecnológica para mejorar el proceso de cultivo del arroz, la parte económica de los cultivadores y al mismo tiempo proteger el sistema ecológico que se forma alrededor de estos cultivos.

1.5.2 Limitaciones. La investigación tuvo como sede para su desarrollo la ciudad de Cúcuta (Norte de Santander) contando con la Universidad Antonio Nariño y el SENA sede pescadero dentro del convenio nacional SENA-UAN con una duración de 4 meses.

El proyecto se limita a la implementación del dispositivo electromecánico para el control de aves en los cultivos de arroz.

1.6 LEGISLACIÓN

En la construcción de cualquier tipo de dispositivo electromecánico se puede ver afectada la flora y la fauna silvestre y se produce una afectación directa contra el medio ambiente, a esto se le denomina impacto ambiental del proyecto, el cual esta reglamentado por la legislación colombiana.

1.6.1 Impacto ambiental. La modificación del ambiente se produce cada vez que el hombre toma una acción en contra de la naturaleza, esto lo podemos llamar en resumen impacto ambiental; en Colombia existe una legislación que protege el medio ambiente, para el caso de este proyecto la afectación se da si se toman medidas directas para lesionar las aves como sucede a menudo en los campos que usan métodos drásticos atacando con explosivos o elementos que de una u otra forma la vida del animal se ve en peligro; cuando se usan elementos acústicos no solo se ahuyenta el ave sino que los seres humanos se ven afectados por el exceso de decibeles que afectan el oído humano, esto hace que el ecosistema se afecte porque el ave hace parte de el por períodos cortos cuando está viajando de un lugar a otro.

Por esta razón en este proyecto se tomó la decisión de trabajar con señales de ultrasonido para cumplir con la Ley 22421 creada para la conservación de la fauna y la Ley 2153 del 2021 la cual creó un sistema de monitoreo para evitar el tráfico y afectación de la fauna y la flora silvestre.

2. ARGUMENTACIÓN

2.1 ANTECEDENTES

En cuanto a trabajos o escritos específicamente sobre el tema a tratar existe información sobre estudio realizado sobre la migración de estas aves y trabajos de investigación para mitigar esta problemática se encontró.

A nivel internacional:

Implementación de sistema automático para ahuyentar aves mediante Ondas Sonoras.

Universidad San Francisco de Quito, Colegio de Politécnico; Quito, Ecuador.

Resumen: La Implementación de Sistema Automático para ahuyentar aves mediante ondas sonoras, es un proyecto que utiliza la ingeniería electrónica para resolver problemas sociales como son el exceso de palomas en ciertas áreas, sin causar impacto en el medio ambiente. se hizo el estudio en una zona donde factores externos pudieron haber influido en los resultados y solo con un tipo de ave y especie en particular con equipos de sonido de baja calidad. Dejan también una brecha para estudiar si el sonido que hace el ave a observar peligro pueda servir para ahuyentarlas.

Comportamiento aerodinámico de un dispositivo ahuyenta aves y estudio de campos de viento sobre topografía compleja: Universidad de Granada (España)- Este proyecto se basa en la investigación de dos dispositivos de ahuyentamiento de aves por medio de cable y se estudia el comportamiento de estos por las líneas y el efecto que tiene el aire sobre ellas - Se trata de dos cuerpos de geometría sencilla que se suspenden de las catenarias de las líneas de distribución. Su objetivo es hacer visible el cableado evitando así que las aves colisionen contra él. Para ello utiliza la energía del viento que transforma en una dinámica que genera emisión de destellos luminosos.

A nivel nacional:

Diseño de un dispositivo tecnológico como mecanismo de protección para el control de aves en los cultivos de arroz. Año 2017

Autores: Castro Castro, Héctor Uriel y Liévano Garzón, Sandra Judith

Universidad: Corporación Universitaria Minuto de Dios.

Resumen: El presente proyecto, pretende contribuir a la disminución de las pérdidas económicas que se están generando por el daño causado por las aves en los campos arroceros, a través de un dispositivo tecnológico tipo prototipo que se implementará como mecanismo de protección de los cultivos de arroz.

El proyecto se realizó teniendo en cuenta la información obtenida de la entrevista realizada a la persona afectada quien fue el que entrego la información y planteó la problemática que estaba afrontando.

A nivel local: no se evidenció ningún proyecto al respecto.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Arrocero Americano ave migratoria. Esta especie *Spiza americana* pertenece a la familia *cardinalidae*, es conocida como chicharra, falso gorrión o chizga común, la hembra es similar al macho. Su ciclo de vida es intergeneracional, de dirección cíclica, migra por temporadas con orientación latitudinal y es transfronterizo.

Figura 3. Ave migratoria Arrocero Norteño



Fuente: <https://ebird.org/species/dickci>

Se reproduce en Estados Unidos y migra por el oeste de México pasando por Centroamérica por la costa Pacífica, entra a Venezuela y posteriormente a Colombia.

Al aumentar las áreas de siembra del arroz, se convirtió en una plaga que afecta más del 20% del rendimiento. Actualmente se estima que su población es alrededor de los 22 millones de individuos.

Su migración se da desde agosto; inicia su viaje por el sur de Estados Unidos donde se reproducen y permanecen hasta el mes siguiente para viajar directamente a Venezuela llegando entre septiembre y octubre. Luego entran a Colombia alrededor de noviembre o diciembre y su regreso lo inician en abril en grandes bandadas siguiendo la misma ruta y llegan de nuevo en el mes de mayo a los sitios de reproducción.

Figura 4. Mapa de distribución de las aves en Colombia



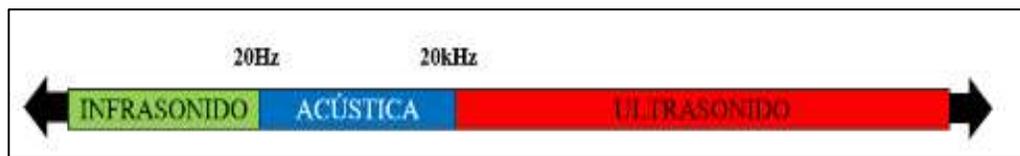
Fuente: <https://ebird.org/species/dickci>

En Colombia se distribuyen en todos los departamentos arroceros; se estima que el costo adicional para evitar los daños está entre 180 a 250 mil pesos por hectárea relacionados con jornales con jornadas extras, implementos de ruido y otros medios utilizados para ahuyentar estas aves, ya que consumen el grano después de trillarlo con el pico y pueden comer aún en vuelo; éstos intensifican el consumo cerca de la época de su regreso.

2.2.2 Sentidos de las aves. Frecuencia de nivel ultrasónico: En el espectro sonoro podemos encontrar ondas inaudibles para el oído humano, pueden ser ondas internas y ondas ultrasónicas. Los dispositivos de ultrasonido producen pulsos por encima de los 20 kHz, por lo que los humanos no pueden escucharlos, ya que nuestra audición en otros animales, como murciélagos y roedores, varía de 20 Hz a 20 kHz. Frecuencias perceptibles superiores a 20 kHz e inferiores o iguales a 100 kHz, mientras que el rango de audición de las aves es inferior a 50 Hz y superior a 20 kHz, con una sensibilidad máxima entre 1 y 5 kHz.

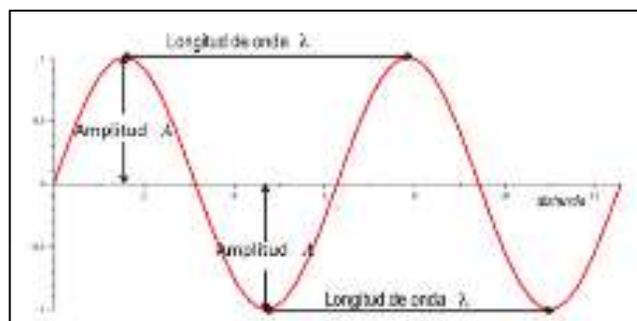
La longitud de onda está definida como la distancia que recorre una onda en un período y también está relacionada con la velocidad a la que viaja la frecuencia a través del sonido, denotada por la letra griega λ (lambda) en metros, como se evidencia en la gráfica.

Figura 5. Rango de frecuencias de sonido



Fuente: Wladimir Pachacama, (Freire Orozco, 2017)

Figura 6. Longitud de la onda



Fuente: Wladimir Pachacama, (Freire Orozco, 2017)

2.2.3 Métodos para ahuyentar sonoros. Ahuyentadores sonoros: Se trata de simular el sonido de los enemigos naturales, es decir aves predatoras de estas plagas de aves mediante sistemas electrónicos, como gavilanes y halcones entre otros. Una de sus ventajas es que es un sistema eficaz porque las aves se asustan cuando escuchan el simulacro de un ave rapaz cerca del espacio protegido. Pero tiene el inconveniente de que debido a la adaptación de la plaga

sus efectos son a medio plazo, ya que la plaga no tiene una actividad relacionada con el sonido, lo que naturalmente provoca peligro y posible muerte a las aves. Por otro lado, este sistema se fabrica en los EE. UU. y es caro de importar.

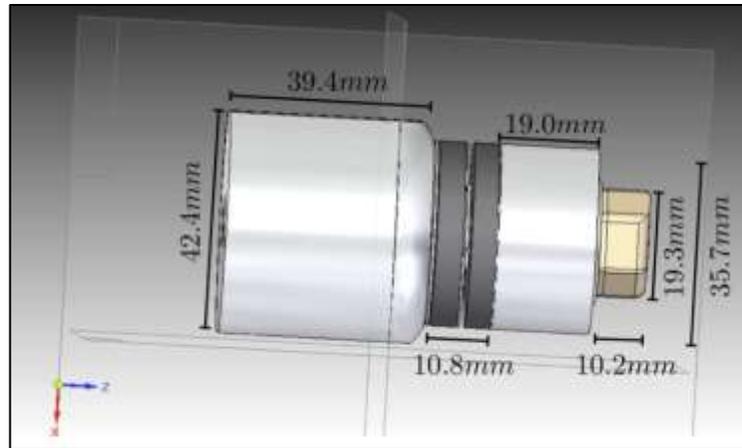
Tecnología por ultrasonido: El ser humano es incapaz de percibir las ondas producidas en el espectro del ultrasonido por esta razón una persona no podrá percibir las ondas producidas por este tipo de dispositivo, sin embargo, los animales como roedores, aves, etc., si pueden percibir estas ondas y mostrar cierto malestar.

Los ahuyentadores por sistema de ultrasonido a diferencia de los ahuyentadores de aves por sonido que son detectados por las personas están configurados mediante un chip específico al tipo de aves que se desea repeler, en cambio los ahuyentadores por ultrasonido son del tipo universal ya que se puede utilizar para ahuyentar cualquier tipo de ave que llegue a los cultivos.

2.2.4 Transductores de ultrasonidos. Los transductores de ultrasonido son dispositivos que convierten señales eléctricas en ondas mecánicas. Al convertir señales eléctricas en ondas mecánicas, los sensores se denominan transmisores. Cuando las ondas mecánicas se convierten en señales eléctricas, el transductor es el receptor. Algunos sensores se pueden utilizar como transmisores y receptores. Hay otros que pueden realizar solo una de estas funciones, por lo que se requieren dos sensores (transmisor y receptor) para la medición.

La conversión de la onda mecánica en una señal eléctrica y viceversa se puede realizar gracias a dos fenómenos físicos.

Figura 7. Transductor de ultrasonido piezoeléctrico

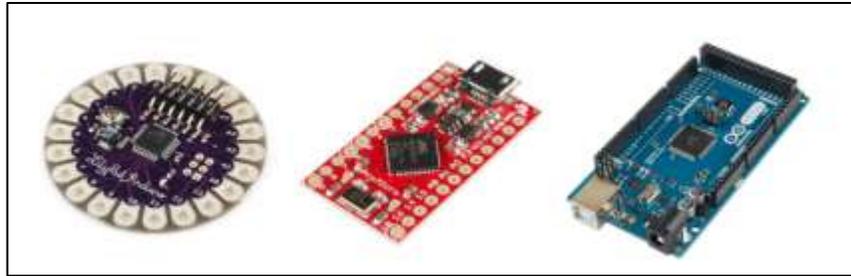


Fuente: <https://www.researchgate.net/figure/Figura-41-Eschema-del-transductor-piezoelctrico>

Los transductores de ultrasonido son dispositivos que convierten señales eléctricas en ondas mecánicas. Al convertir señales eléctricas en ondas mecánicas, que el transductor es un emisor. Al convertir ondas mecánicas en señales eléctricas, el transductor es el receptor. Algunos sensores se pueden utilizar como transmisores y receptores, se encuentran otros que pueden realizar solo una de estas aplicaciones, por lo que se requieren dos sensores un transmisor y un receptor para la medición.

2.2.5 Arduino. Arduino es una empresa de software y hardware informático de código abierto. La comunidad Arduino se refiere a la comunidad de proyectos y usuarios que desarrollan y utilizan placas de desarrollo basadas en microcontroladores. Estas placas de desarrollo se denominan módulos Arduino y son plataformas de creación de prototipos de código abierto. Las placas de microcontrolador simplificadas están disponibles en varios paquetes de placa de desarrollo.

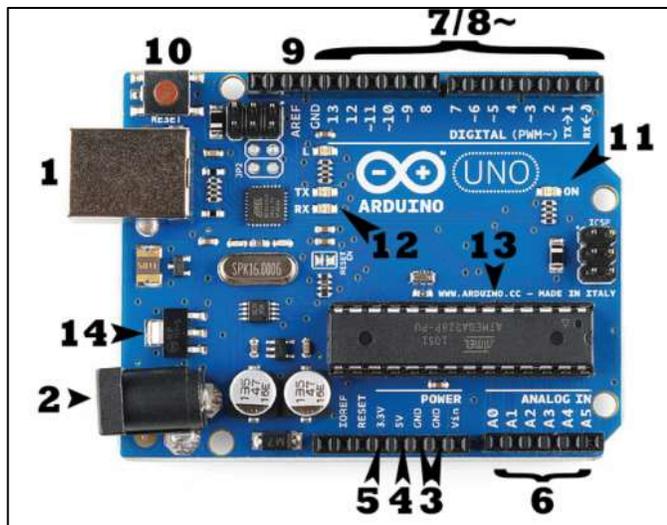
Figura 8. Placas Arduinos



Fuente: <https://arduino.cl/que-es-arduino/>

El método de programación más común es usar Arduino IDE, que usa el lenguaje de programación C++. Esto le da acceso a una enorme biblioteca de Arduino que crece constantemente gracias a la comunidad de código abierto. Hay varias placas Arduino que se pueden utilizar para diferentes propósitos. Algunas placas se ven un poco diferentes, pero la mayoría de Arduinos comparten la mayoría de estos componentes:

Figura 9. Arduino UNO



Fuente: <https://arduino.cl/que-es-arduino/>

Cuadro 1. Partes del Arduino UNO

Alimentación USB y conector cilíndrico	Cada placa Arduino tiene la necesidad de conectarse a la alimentación y para esto el Arduino UNO se puede alimentar con un cable USB desde una computadora o una fuente de alimentación externa. En la figura, la conexión USB está marcada con (1), por lo que carga el código en la placa Arduino y el conector de barril está marcado con (2).
Pines (5 V, 3,3 V, GND, analógico, digital, PWM, AREF)	Los pines de Arduino son donde, se conectan los cables para formar circuitos. Por lo general, tienen "cabeceras" de plástico negro donde simplemente conecta el cable directamente a la placa. Arduino tiene varios tipos diferentes de pines, cada uno conectado a la placa y utilizado para diferentes funciones.
GND (3) :	Abreviatura de "Tierra". El Arduino tiene varios pines GND, cualquiera de los cuales puede usarse para conectar a tierra el circuito.
5 V (4) y 3,3 V (5) :	El pin de 5V proporciona corriente de 5V y el pin de 3,3V proporciona corriente de 3,3V. La mayoría de los componentes simples utilizados con Arduino funcionan con 5 o 3,3 voltios.
Analógico (6) :	El área de clavijas debajo de la etiqueta "Entrada analógica" (A0 a A5 UNO) son las clavijas de entrada analógica. Estos pines pueden leer señales de sensores analógicos y convertirlos en valores digitales que podemos leer.
Digital (7) :	Frente a los pines analógicos están los pines digitales (0 a 13 UNO). Estos pines se pueden usar para entrada digital y salida digital.
PWM (8) :	Una tilde (~) junto a algunos pines digitales (3, 5, 6, 9, 10 y 11 UNO) que actúan como pines digitales normales pero que también se pueden usar para la llamada modulación de ancho de pulso (PWM), estos pines pueden para simular la salida analógica.
AREF (9) :	Indica una referencia analógica. En la mayoría de los casos, puede ignorar este pin. A veces se usa para establecer un voltaje de referencia externo (0 a 5 voltios) en el límite superior de un pin de entrada analógica.
Botón de reinicio	El Arduino tiene un botón de reinicio (10). Al presionar esto, se conectará a tierra temporalmente el pin de reinicio y se reiniciará cualquier código cargado en el Arduino.
Indicador LED de alimentación	Hay un pequeño LED al lado de la palabra "ON" (11) en el tablero. Este LED se enciende cada vez que se aplica energía al Arduino. Si esta luz no se enciende, es muy probable que haya un problema.
LED TX RX	TX significa transmisión y RX significa recepción. Estas marcas suelen aparecer en la electrónica para indicar los pines responsables de la comunicación serial, TX y RX en el Arduino UNO: uno al lado de los pines digitales 0 y 1, y el otro al lado de los indicadores TX y RX. recibir (12). Estos LED nos darán algunas buenas señales visuales cuando nuestro Arduino reciba o transmita datos, como cargar un nuevo programa en la placa.
Circuito Integrado (13)	El circuito integrado principal (IC) de Arduino es ligeramente diferente de un tipo de placa de circuito impreso, pero generalmente proviene de la serie ATmega de IC de ATMEL Corporation. Esto es importante porque es posible que necesite conocer el tipo de IC antes de cargar un nuevo programa desde el software Arduino. Esta información generalmente se puede encontrar por escrito en la parte superior del IC.
Regulador de voltaje (14)	Un regulador de voltaje hace exactamente lo que dice en la lata: controla la cantidad de voltaje permitido en la placa Arduino. Debido a sus limitaciones, no conecte el Arduino a más de 20 VDC.

Fuente: <https://arduino.cl/que-es-arduino/>

Cuadro 2. Especificaciones técnicas Arduino UNO

ESPECIFICACIONES	
Procesador	ATmega328P
Velocidad de reloj	16 MHz
Memoria flash	32 KB
RAM	2KB
Tensión de funcionamiento	5 voltios
GPIO	20
Entradas analógicas	6
CAD	0
PWM	6
UART	1
SPI	1
I2C	1
conector	USB tipo B
USB a serie	ATmega16U2
Cargador LiPo	No
¿Cabeceras soldadas?	Sí
Compatible con escudo	Sí
Factor de forma	Rectángulo de 2,7 x 2,1 pulg.

Fuente: <https://arduino.cl/que-es-arduino/>

3. METODOLOGÍA

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El enfoque y los resultados del presente trabajo se describen como un proyecto de investigación aplicada, que busca la utilización o aplicación de conocimientos del área electrónica y electromecánica para dar solución al problema planteado.

El nivel de la investigación es aplicado, debido a que el eje principal del prototipo es resolver un problema del sector agrario con innovación tecnológica a través de los datos que aportan los cultivadores de arroz sobre las aves nativas y migratorias que afectan sus cultivos.

3.2 MARCO ESTRATÉGICO TÁCTICO

La estrategia metodológica para la proyección del trabajo de investigación se fundamentó en el estudio de la información técnica obtenida en el trabajo de campo realizado, el cual permitió aprender acerca de las diferentes especies de aves nativas y migratorias que llegan en determinadas épocas del año a los cultivos de arroz.

3.3 PLAN DE TRABAJO

De acuerdo con el planteamiento anterior se utilizó una metodología de desarrollo de actividades para alcanzar los objetivos propuestos con fundamentación en el marco teórico, recolectando y analizando la información por medio de las actividades propuestas en las siguientes etapas que corresponden a cada uno de los objetivos propuestos.

Etapa 1. Analizar las condiciones y procedimientos para el control de los tipos de aves en cultivos de arroz.

Para el alcance del objetivo propuesto se desarrollaron las siguientes actividades:

- Realizar un estudio de las condiciones de adaptabilidad de las aves migratorias y locales a nuevos ambientes.
- Estudiar las frecuencias indicadas para ahuyentar las aves sin causar daño a ellas ni a animales nativos y seres humanos.

Etapa 2. Definir las características tecnológicas del dispositivo electromecánico como estrategia de control para el ahuyentamiento de aves.

Para el alcance del objetivo propuesto se desarrollaron las siguientes actividades:

- Analizar los diferentes tipos de tecnologías en el mercado nacional para determinar cuál es la más adecuada para aplicarla en el sistema de ahuyentamiento.
- Aplicar los protocolos de seguridad para el medio ambiente y seres vivos de acuerdo con la tecnología que se va a usar
- Aplicar tecnología de energías renovables para la alimentación del sistema electrónico que se va a usar.

Etapa 3. Proyectar el sistema electrónico utilizando componentes de fácil adquisición y de bajo costo.

Para el alcance del objetivo propuesto se desarrollaron las siguientes actividades:

- Realizar el diseño del dispositivo electromecánico para el control de aves en los cultivos de arroz.
- Verificar los elementos electrónicos más factibles para un diseño de bajo costo y menos contaminantes para el medio ambiente.
- Identificar los puntos estratégicos para la instalación del sistema.
- Realizar pruebas del diseño mediante Software de simulación

4. DESARROLLO DEL PROYECTO

4.1 ETAPA 1

Analizar las condiciones y procedimientos para el control de los tipos de aves en cultivos de arroz.

Estudio de las condiciones de adaptabilidad de las aves migratorias y locales a nuevos ambientes.

Nombre en español: Arrocero Norteño

Nombre en inglés: Dickcissel

Nombre científico: *Spiza americana*

Familia: Cardinalidae

Figura 10. Arrocero Norteño



Fuente: Revista de arroz y agricultores asociados a coagronorte.

El ave conocida como arrocero americano (*Spiza americana*) es denominado también arrocero norteño, sabanero americano, gorrión de pecho amarillo, sabanero arrocero y sabanero común, este tipo de ave paseriforme pertenece a la familia de los cardinálidos. Anteriormente se le incluyó dentro de la familia

Emberizidae siendo el único representante del género Spiza.

Esta ave es de hábito migratorio, se reproduce en el centro-sur de Canadá y el centro de Estados Unidos, e inverna en México, América Central y del Sur.

Su nombre Spiza se deriva de la palabra griega para pinzón, mientras que el apodo estadounidense se refiere al continente americano.

Descripción:

Los adultos miden unos 15 cm de largo. Tiene un pico grueso, triangular, azul grisáceo pálido. Ambos sexos tienen la cabeza gris, las cejas amarillas y la garganta de color blanco amarillento. El dorso, la rabadilla, las alas y la cola son de color marrón con rayas longitudinales negras.

Distribución y Hábitat:

Su ciclo de reproducción inicia desde el centro-sur de Canadá en la provincia de Ontario y la parte central de los Estados Unidos, entre las Montañas Rocosas y las Montañas Apalaches Apalaches. A la llegada del invierno migra en grandes bandadas hacia México donde se vuelve abundante especialmente en el sur, Centroamérica y el norte de Sudamérica en regiones como el norte de Colombia, norte de Venezuela y partes de Guyana también se ha registrado en las Antillas y Ecuador.

Los machos, en época reproductiva, se caracterizan por tener una barbilla negra en el área de la garganta, que se desvanece en otoño e invierno, tiene el pecho amarillo brillante y el vientre emblanquecido, los flancos grisáceos. El patrón de color, aunque no anatómico, se asemeja a la estepa *Sturnella magna*.

Las hembras son muy similares a los gorriones domésticos (*Passer domesticus*). Se caracteriza por una franja blanca pálida debajo de los ojos, un pico gris azulado y manchas amarillas en el pecho.

Figura 11. Arrocero Norteño hembra



Fuente: revista de arroz y agricultores asociados a coagronorte

Se alimentan de insectos y semillas. Prefiere áreas abiertas con mucha hierba. En su zona de invernada, vive en las tierras bajas de clima tropical ya que en su mayoría son abundantes en terrenos agrícolas, especialmente arrozales, de ahí el nombre de arroz. Puede ser dañino para la agricultura y se considera una plaga en algunas áreas.

En Colombia a la altura de 1600 m de altura sobre el nivel del mar desde límites con Panamá y hacia el oriente por las tierras bajas del norte del país colombiano hasta el oriente de la Guajira y hacia el sur hasta el valle y medio del río Magdalena y también se encuentra al oriente de los Andes desde el suroriente de Boyacá hasta el sur del Meta.

Alimentación:

Durante la temporada de reproducción, se alimenta de semillas y artrópodos como saltamontes, orugas, mosquitos, arañas y escarabajos. En invierno se alimenta principalmente de semillas de pasto, arroz y sorgo, con algunos insectos y arañas.

Reproducción:

Se reproduce en América del Norte de mayo a agosto o septiembre. El macho puede ser polígamo y el número de parejas que tiene puede estar relacionado con la calidad de su territorio. El nido es construido íntegramente por la hembra, tiene forma de copa y su estructura utiliza tallos de hierba, hojas y está cubierto de hierba más fina, cardos y raíces. Por lo general, se sienta sobre la hierba y pone de 3 a 6 huevos de color azul pálido, que la hembra también incuba sola durante 12 a 13 días. Los jóvenes están listos para abandonar el nido entre 8 y 10 después de la eclosión, hembra continúa alimentándolos durante unas dos semanas. Se ha demostrado frecuentemente los nidos están parasitados por *Molothrus ater*.

Comportamiento:

Es una especie migratoria que pasa el invierno desde América del Norte hasta América Central y tiene la costumbre de congregarse en bandadas de varios centenares o miles en los sitios de alimentación.

Ecología:

Su hábitat de reproducción son los campos en el medio oeste de América del Norte. Migran en grandes bandadas hacia el sur de México continuando hacia América Central llegando hasta el norte de América del Sur. Pueden ocurrir como vagabundos fuera de su rango normal.

Los dickcissels se alimentan en el suelo o en los campos. Se alimentan principalmente de insectos y semillas. Fuera de la temporada de anidación, suelen alimentarse en bandadas. Los agricultores de algunas regiones los consideran una plaga porque los rebaños pueden consumir grandes cantidades de granos cultivados.

Las aves migran a su área de reproducción bastante tarde, las primeras llegan solo en mayo, y la mayoría de las aves solo llegan a principios de junio. Anidan cerca del suelo en pastos densos o arbustos pequeños, o hasta 91 a 122 cm (3 a 4 pies) de altura en arbustos y árboles. Los machos pueden tener hasta seis parejas, y la mayoría atrae solo a una o dos, y varios no logran atraer a ninguna pareja. Sin embargo, si tales «solteros» sobreviven hasta el próximo verano, tendrán otro intento de atraer a las hembras, ya que los socios solo permanecen

juntos para criar una cría. Dickcissels se encuentran, por lo tanto, entre los pocos pájaros cantores que son verdaderamente polígamos. Cuando parten hacia los cuarteles de invierno a principios de agosto, el pequeño vínculo de pareja que existía durante el verano se rompe.

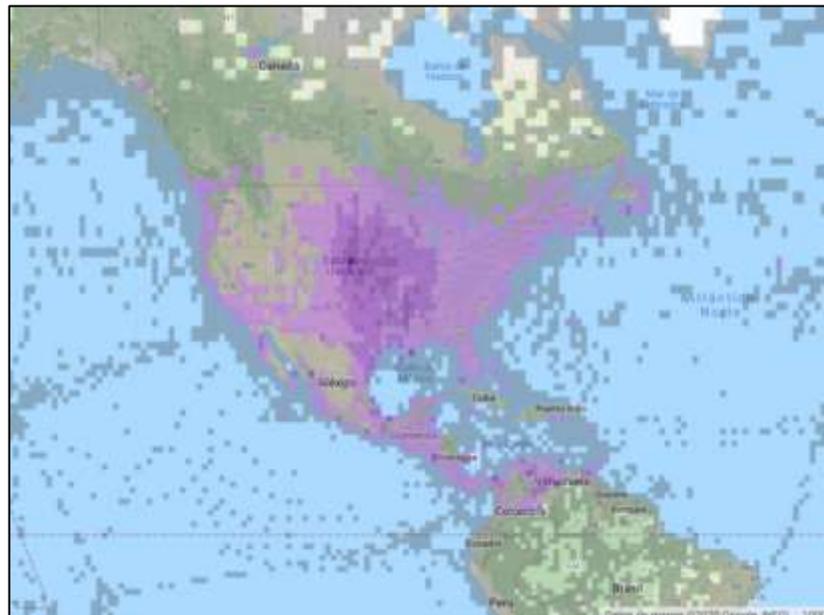
Las poblaciones de Dickcissel fluctúan con frecuencia en número, incluso en la medida en que su rango cambia notablemente. A principios del siglo XIX, los dickcissels se expandieron hacia el este, estableciendo una población en Nueva Inglaterra y los estados del Atlántico medio que desaparecieron a finales de siglo. Tanto la aparición como la desaparición probablemente estuvieron relacionadas con cambios en el uso del suelo.

El Dickcissel es una de las aves reproductoras más típicas y abundantes de los pastizales de las praderas de América del Norte, con un área de reproducción primaria (Figura 1) centrada, casi en forma de ojo de buey, en ese bioma. A pesar de esta afinidad biogeográfica, esta especie es notoria por sus movimientos estacionales regulares dentro de su área principal de reproducción y por sus movimientos irregulares fuera de esta área principal para reproducirse en áreas circundantes donde existe un extenso hábitat de pastizales. Estos movimientos erráticos y seminómadas dan como resultado cambios dramáticos de año en año en la distribución y abundancia, especialmente en áreas periféricas y esporádicamente ocupadas. La mayoría de los Dickcissel pasan el invierno en la región de los llanos (pastizales y sabanas inundados estacionalmente) del centro de Venezuela, pero nuevamente, algunas aves se mueven alrededor del área de distribución invernal y ocasionalmente pasan parte o la totalidad de la temporada no reproductiva en otras áreas de América Central y del Sur.

Tanto en áreas de reproducción como no reproductivas, Dickcissel ha tenido que adaptarse a importantes cambios de hábitat, ya que las praderas y sabanas naturales han sido reemplazadas en gran medida por la agricultura, pero parece haberse adaptado bien a muchos hábitats secundarios e incluso prospera en algunos paisajes agrícolas. La especie ha sido muy bien estudiada tanto en su área de reproducción como en la no reproductiva por varias razones: Muestra cambios inusuales, a veces casi nómadas, en su distribución. y abundancia dentro de sus áreas de reproducción e invernada (Gross 1921, 1968; Fretwell 1986); tiene un sistema de apareamiento polígamo (Zimmerman 1966b); forma grandes bandadas y dormideros durante la temporada no reproductiva (Basili y Temple 1999a); es una plaga en cultivos agrícolas en toda su área de distribución invernal, especialmente en Venezuela (Basili y Temple 1995, 1998); y es motivo de preocupación para la conservación, ya que ha sufrido graves disminuciones de

población (Fretwell 1977, 1979; Basili y Temple 1995). Los estudios más recientes y en curso sobre el área de reproducción han sido motivados por intereses en cómo las prácticas cambiantes de uso de la tierra (por ejemplo, la restauración a gran escala de pastizales a través del Programa de Reserva de Conservación) en el área de reproducción central afectan a las aves que anidan. En el rango de invierno, la investigación más reciente y en curso se ha centrado en la relación del ave con los cultivos de cereales y cómo disminuir los impactos de los esfuerzos de control letales realizados por los granjeros agraviados. Aún así, como revelará esta revisión, muchos aspectos de su biología siguen sin estudiarse.

Figura 12. Mapa de migración de las aves



Fuente: revista de arroz y agricultores asociados a coagronorte

Estudiar las frecuencias indicadas para ahuyentar las aves sin causar daño a ellas ni a animales nativos y seres humanos.

Una investigación realizada por la Universidad Técnica de Munich relaciona que a diferencia de los mamíferos las aves no tienen oídos externos la cual es ayudar a identificar los sonidos que provienen de diferentes alturas, sin embargo, las aves pueden percibir si un sonido proviene desde arriba, abajo o al mismo nivel. Los investigadores descubrieron que las aves pueden usar estos sonidos utilizando

toda su cabeza y esta investigación se la puede encontrar publicada en la revista PLOS ONE.

La investigación se basa en que las diferencias en los niveles de sonoridad pueden detectar fuentes de sonido debido a la forma de la cabeza de un ave, donde las ondas de sonido se reflejan, absorben o dispersan dependiendo de dónde golpean la cabeza, lo que hace que el cerebro del ave sea capaz de decir si un sonido viene de arriba o de abajo, se basa en un sonido con un volumen diferente en los dos oídos.

En el espectro sonoro podemos encontrar ondas inaudibles para el oído humano, pueden ser ondas internas y ondas ultrasónicas. Los dispositivos de ultrasonido producen pulsos por encima de los 20 kHz, por lo que los humanos no pueden escucharlos, ya que nuestra audición en otros animales, como murciélagos y roedores, varía de 20 Hz a 20 kHz. Frecuencias perceptibles superiores a 20 kHz e inferiores o iguales a 100 kHz, mientras que el rango de audición de las aves es inferior a 50 Hz y superior a 20 kHz, con una sensibilidad máxima entre 1 y 5 kHz.

Métodos para repeler aves de forma sensorial

Los elementos para repeler de forma sensorial acústica y visual por lo general van de la mano y se caracterizan por tener un bajo costo. Los repelentes acústicos implican el uso de ruidos fuertes como: fuegos artificiales, cohetes, etc. para crear una presión inmediata y disuadir a las aves de la fuente del sonido. Sin embargo, si el proyectil se lanza al aire, las aves más cercanas al área de impacto pueden sufrir daños auditivos severos o pérdida auditiva total. Esta pérdida auditiva puede hacer que ciertos tipos de canciones se reproduzcan y se vuelvan desorientadores. Otra forma de utilizar la acústica es utilizar la reproducción de canciones de depredadores, que son enemigos naturales de las plagas, para reproducir llamadas de alarma y llamadas de estrés, cualquiera de estas reproducciones creará un estado de alarma y peligro que ahuyentará a las aves.

Los disuasivos visuales se utilizan constantemente en lugares estratégicos, pero pierden su eficacia con el tiempo. Estos repelentes son efectivos la primera vez porque pueden ser peligrosos irritantes para las aves, las cuales les advertirán y evitarán posarse en estas áreas. Los disuasivos visuales utilizan cintas de colores, globos con ojos o colores vivos que intentan hacerse notar y destacar por el contraste con los colores que vería normalmente en su hábitat. Los disuasivos visuales no representan un riesgo dañino o letal para las aves.

Los disuasivos visuales y audibles a menudo se usan juntos para disuadir a las aves de manera más efectiva. Esto se debe a que estimulan ambos sentidos al mismo tiempo, el sonido puede desencadenar inmediatamente un desequilibrio hormonal y se puede visualizar la fuente del sonido, lo que aumenta la eficacia.

Efecto del ultrasonido en las aves:

El término ultrasonido se refiere a la vibración de un medio material que se parece a las ondas de sonido, pero cuyas frecuencias son lo suficientemente altas como para que las perciba el oído humano promedio. Para entender el ultrasonido, hay que entender el concepto de sonido: el sonido es una sensación producida por el oído como una onda longitudinal producida por la vibración elástica del cuerpo y emitida por el medio material.

Los ultrasonidos son las características de las ondas sonoras cuyas frecuencias superan los límites perceptibles del oído humano. Las ondas de ultrasonido viajan casi a la misma velocidad que las ondas de sonido. El aire está a unos cientos de metros por segundo, mientras que los sólidos están a unos miles de metros por segundo, y las ondas ultrasónicas se atenúan más rápido que las ondas sonoras normales. Tanto las ondas electromagnéticas como las sonoras tienen tres características: frecuencia, longitud de onda y velocidad de propagación.

$$v = \lambda \times f$$

v = velocidad de la onda en m/s

f = frecuencia en Hertz (Hz)

λ = longitud de onda en metros (m).

Se expresa como: $v = \frac{\lambda}{T}$

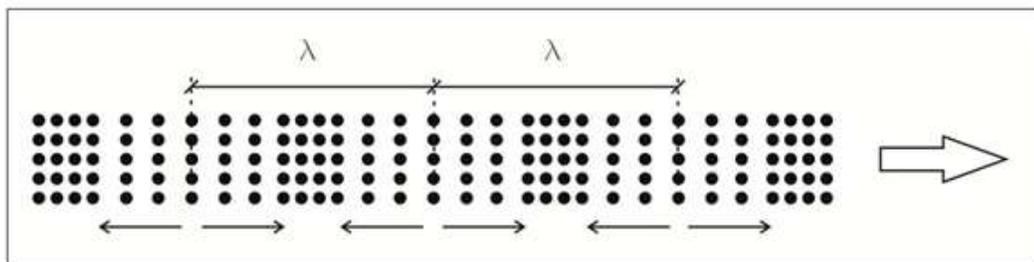
Donde $f = \frac{1}{T}$

T = período de la onda

Las propiedades ultrasónicas relevantes son la amplitud, la potencia y el medio de propagación. Hay dos modos típicos de propagación de ultrasonido: horizontal o vertical. En la forma de propagación longitudinal, la onda se mueve en la misma dirección que las zonas de compresión y depresión. En forma de propagación lateral, la onda se propaga en una dirección ortogonal (en ángulo recto) a la dirección de las zonas de compresión y depresión.

Ondas longitudinales: Ocurren cuando las partículas están vibrando en la misma dirección que la onda. También se les llama ondas de presión porque alternan entre áreas de mayor y menor densidad de partículas.

Figura 13. Ondas longitudinales



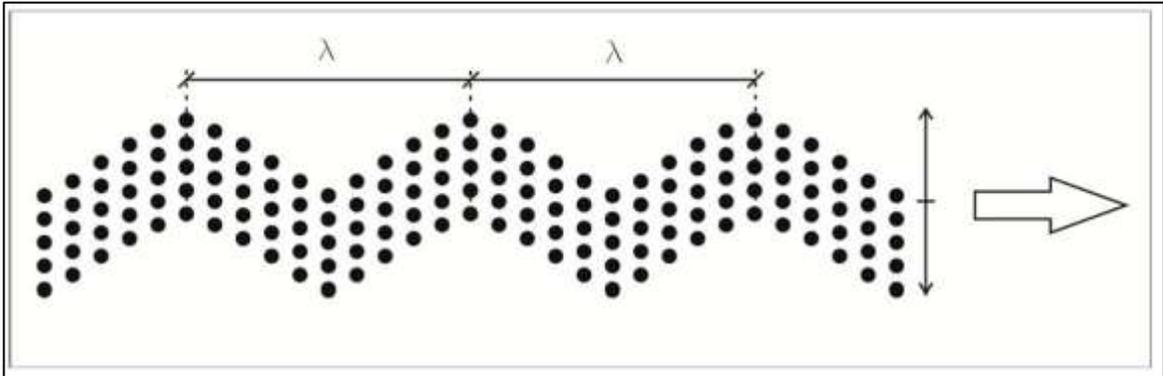
Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Onda_longitudinal

Comportamiento de las ondas longitudinales

La ilustración de arriba muestra un diagrama esquemático de este fenómeno, una simplificación 2D que muestra cómo el movimiento alternativo de partículas de izquierda a derecha y de derecha a izquierda crea presión y áreas cóncavas. hacer que las olas se propaguen. Una longitud de onda es la distancia entre dos áreas consecutivas de máxima o mínima presión. Este tipo de onda se puede transmitir a través de cualquier medio mecánico sólido, líquido o gaseoso.

Ondas, transversales: La dirección de vibración de las partículas es perpendicular a la propagación de la onda.

Figura 14. Ondas transversales



https://es.wikipedia.org/wiki/Onda_transversal.

Las ondas transversales, solo se propagan en materiales que soportan esfuerzos de corte, como sólidos y líquidos que sean altamente viscosos. La figura anterior muestra un diagrama esquemático de tal onda. Mientras que la dirección de la onda sigue siendo longitudinal, el desplazamiento de las partículas es perpendicular a esta dirección, es decir, lateralmente. Este tipo de ondas requieren una fuerte fricción entre las partículas. Por esta razón, las ondas de corte solo pueden propagarse en un medio que pueda transmitir esfuerzos de corte, y en todos los demás casos solo se propagarán ondas longitudinales.

Efecto del ultrasonido en aves: Los oídos de los animales son más avanzados que los humanos en términos de sensibilidad, ya que la mayoría de las especies se comunican entre sí en función de las señales auditivas.

Estructuralmente, las orejas de las aves son similares a las de los mamíferos. Los animales pueden percibir sonidos con la amplitud más baja, por lo que son sensibles a los sonidos con una amplitud más alta, lo que puede causar molestias auditivas. Reducción de sonido perceptible por pájaros hasta 30 KHz.

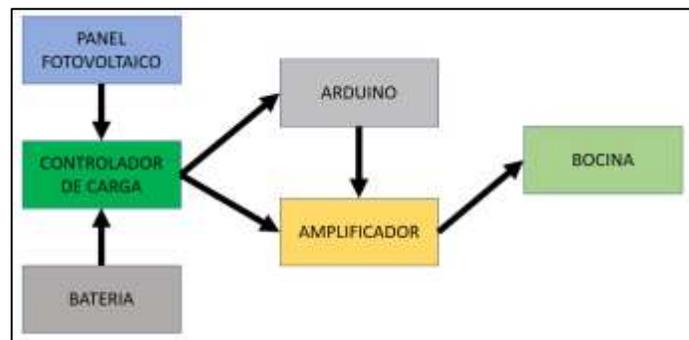
El sistema de audición de las aves, en general, es activo en los niveles del ultrasonido por lo tanto para ahuyentarlas sin generar ningún daño es necesario emitir ondas ultrasónicas especiales, el rango no debe sobrepasar 40 KHz de frecuencia.

4.2 ETAPA 2

Analizar los diferentes tipos de tecnologías en el mercado nacional para determinar cuál es la más adecuada para aplicarla en el sistema de ahuyentamiento.

La energía solar fotovoltaica (ESFV) constituye una fuente de energía renovable, la cual puede usarse en la generación de electricidad mediante el uso de paneles solares fotovoltaicos (PSFV) que convierten la radiación solar en electricidad, haciéndola aplicables a múltiples actividades de la vida.

Figura 15. Diagrama a bloque del sistema alimentado por energía solar



Fuente: Autor del Proyecto

En el desarrollo del proyecto para alimentar los circuitos electrónicos se implementó un sistema de energía solar fotovoltaica; se realizó un cuadro de cargas y se seleccionaron los elementos del sistema.

Cuadro 3. Cuadro de cargas

Elemento	Voltaje de alimentación (V)	Corriente (A)	potencia (W)
Arduino	12	0,02	0,24
Amplificador	12	3	36

Bocina	12	2,5	30

Elementos del sistema solar

- Panel solar de 100 vatios.
- Batería 12 voltios 7 Ah.
- Controlador de carga.

Características de los componentes del sistema de energía solar implementado.

Panel solar:

Figura 16. Panel solar



Fuente: Nelstar solar

RTM-100P es un módulo solar robusto con 36 celdas solares. Cuenta con un meticuloso diseño y técnicas de producción aseguran un alto rendimiento.

Cuadro 4. Características del panel solar

DATOS ELÉCTRICOS (STC)	
Potencia nominal en Watts-Pmax (Wp)	100W
Voltaje de circuito abierto-Voc (V)	21.58V
Corriente de cortocircuito-Isc (A)	6.04A
Voltaje de potencia máxima-Vmp (V)	17.40V
Corriente máxima de potencia-Imp (A)	5.75A
Eficiencia del módulo (%)	15.44%
DATOS ELÉCTRICOS (NOCT)	
Potencia Máxima-Pmax (Wp)	73.6W
Voltaje de circuito abierto-Voc (V)	20.37V
Corriente de cortocircuito-Isc (A)	4.93A
Voltaje de potencia máxima-Vmp (V)	16.85V
Corriente máxima de potencia-Imp (A)	4.37A
DATOS MECÁNICOS	
Células solares	Policristalino 156x91mm 4 o 5 Barras colectoras
Configuración de celda	36 celdas (4x9)
Dimensiones del módulo	1020x670x30mm
Peso	7KGS
Portada	Vidrio templado de 3,2 mm
Material del marco	Aleación de aluminio anodizado
CAJA J	IP65 o IP67, 6 Diodos
Cable	4mm ² (IEC)/12AWG(UL), 900mm
Conectores	MC4 o MC4 comparables
Embalaje estándar	4 piezas/caja de suite
TEMPERATURA Y CLASIFICACIONES MÁXIMAS	
Temperatura operativa nominal de la celda (NOCT)	45°C±2°C
Coeficiente de temperatura de Voc	-0.32%/°C
Coeficiente de temperatura de Isc	0.05%/°C
Coeficiente de temperatura de Pmax	-0.39%/°C
Temperatura operativa	-40-+85°C
Voltaje máximo del sistema	1000V (IEC)/600V(UL)
Clasificación de fusibles de la serie Max	10A
Limitación de corriente inversa	10A

Controlador de carga:

Figura 17. Controlador de carga



Fuente: Manual técnico

Cuadro 5. Especificaciones técnicas controlador de carga

Especificaciones técnicas			
Entrada	Voltaje FV	=50V	
	Intensidad nominal	30A	
	Voltaje sistema	12V/24V Auto	
	Desconexión por alto voltaje (HVD)	16.00V x1 / x2	
	Intensidad descarga nominal	30A	
	Autoconsumo	=13mA	
	Caída de tensión circuito carga	=0.24V	
	Caída de tensión circuito descarga	=0.1V	
Salida	Modo de carga	PWM Multi-etapas (carga, absorción, flotación, ecualización)	
	Voltaje Carga Flotación	13.8V (13V~15V) x1 / x2	
	Voltaje Carga Absorción	2 horas duración	14.4V (13V~15V) x1 / x2
	Voltaje Carga Ecualización		14.6V (13V~15.5V) x1 / x2
	Protección Bajo Voltaje (LVD)	10.8V (10V~14V) x1 / x2	
	Reconexión Bajo Voltaje (LVR)	12.6V (10V~14V) x1 / x2	
	Salida USB	5V 1A	
Características físicas	Sección cableada	16mm ²	
	Temperatura trabajo	-20 ~ +50°C	
	Tamaño (L x W x H)	188 x 95 x 46.5mm	
	Peso neto	355g	

Batería:

Figura 18. Batería 12 voltios 7Ah



Fuente: Ficha técnica

Cuadro 6. Especificaciones de la batería

Especificaciones técnicas	
Voltaje Nominal	12V
Capacidad Nominal (20 Hr)	12.0 Ah
Dimensiones	Longitud 151±2mm (5.95") Ancho 98±2mm (3.85") Altura 93±2mm (3.66 ") Altura Total 98±2mm (3.86 ")
Peso Aproximado	Aprox. 3.82 kg (8.42 lbs)
Terminal	T1/T2 - FI-F6
Material del Envase	ABS UL 94-HB (retardante de llama UL94V-0)
Rango de Operación	12.0 AH/0.600A (20hr, 1.80V/Celda,25° C/77°F) 11.4 AH/1.14A (10hr, 1.80V/Ce1da,25° C/77°F) 10.3 AH/2.06A (5hr, 1.75V/Celda,25° C/77°F) 6.40 AH/12.0A (1C, 1.60V/Ce1da,25° C/77°F) 4.20 AH/36.0A (3C, 1.60V/Ce1da,25° C/77°F)
Máxima Corriente de Descarga	135A(5s)
Resistencia Interna	Aprox. 13.6m Ohm
Rango de Temperatura de Operación	Descarga -15-50°C (5-122°F) carga -15-40°C (5-104°F) Almacenamiento -15-40°C (5-104°F)

Continuación cuadro 6.

Rango Nominal de Temp. de Operación	25±3°C (77±5°F)
Ciclo de Uso	Corriente de carga inicial de menos de 3.6A. Voltage. 14.4V ~ 15.0V a 25° C (77° F) de temperatura. Coeficiente -30mV/ °C
Modo Espera	No hay límite en la carga inicial de tensión actual. 13.5V ~ 13.8V a 25°C (77° F) Temp. Coeficiente -20mV /°0C
Capacidad Afectada por la temperatura	40°C (104°F) 103% 25°C (77°F) 100% 0°C (32°F) 86%
Auto- descarga	Las Baterías de la serie Fulibattery GS se pueden almacenar durante un máximo de 6 meses a 25°C (77°F) y luego se requiere una carga de reposición. Para temperaturas más altas del intervalo de tiempo será más corto.

Teniendo en cuenta la protección del medio ambiente, la fauna y el entorno donde va a funcionar el dispositivo, se previó utilizar tecnología de energías renovables para la alimentación del sistema electrónico. A continuación, se realizó un cuadro comparativo con ventajas y desventajas del sistema

(Véase el Cuadro 7).

Cuadro 7. Ventajas y desventajas del sistema

Tecnología	Ventajas	Desventajas
<p>Ultrasonido</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Los humanos no son capaces de percibir las ondas producidas en el espectro del ultrasonido • Los ahuyentadores por ultrasonido son universales • Según su potencia puede abarcar grandes distancias sin generar perturbaciones al ser humano • Genera malestar a las aves si lastimarlas • Trabaja 24-7 • Las aves no se adaptan al sistema • Producen detonaciones capaces de ahuyentar aves y todo tipo de animales en espacios abiertos • Puede regular a una frecuencia de tiempo deseada • Se puede graduar la intensidad del sonido 	<ul style="list-style-type: none"> • Altos costos de adquisición • Produce perturbaciones a los obreros • Puede lastimar a personas y animales si están cerca de la detonación generando daño permanente • Genera contaminación • Altos costos de implementación
<p>Láser</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ahuyenta de manera eficiente y progresiva • Evita la aglomeración de aves • Tiene una efectividad a largo plazo ya que los pájaros no se acostumbran al láser. • 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. • Altos costos de adquisición • Puede obstruirse fácilmente
<p>Sonidos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Emular sonidos de ave predadores naturales • Genera malestar a las aves si lastimar las aves • Es un sistema efectivo • Bajos costos de implementación 	<ul style="list-style-type: none"> • Efectividad es de mediano plazo por la adaptabilidad de las aves • Puede generar estrés a las personas
<p>repelentes visuales</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Emulación de depredadores como los búhos, águilas y otras aves rapaces • Bajos costos de implementación • Se consiguen de acuerdo con el tipo de ave • Fácil implementación • Genera malestar a las aves si lastimarlas 	<ul style="list-style-type: none"> • Las aves se adaptan fácilmente a su entorno

Nota: De acuerdo con la comparación realizada en el cuadro el mejor sistema para implementar es el de ultrasonido

Tecnologías de sistemas embebidos:

Sistema Embebido. Anglicismo de embedded o integrado, es un sistema de computación que integra hardware y software con alta capacidad de computación, diseñado para realizar funciones dedicadas a un sistema en tiempo real.

Arduino Uno R3 El Arduino UNO es un sistema embebido que está formado por una placa de hardware que se basa en el microcontrolador ATmega328. Su estructura de comunicación con el mundo exterior se soporta en un bloque de entradas y salidas análogas y digitales distribuidas de la siguiente forma:

- 14 puertos digitales de entrada / salida de los cuales 6 los puede utilizar como salidas PWM.
- 6 entradas analógica.
- Un oscilador de cristal de 16 MHz.
- Puerto con conexión USB.
- Conector de alimentación externa y un pulsador de reset.

El software de la placa incluye un controlador USB que puede simular un ratón, un teclado y el puerto serie.

(Véase la Figura 19).

Figura 19. Arduino UNO



Fuente: <https://i2.wp.com/descubrearduino.com/wp-content/uploads/2016/09/arduino-uno1.jpg?resize=632%2C450&ssl=1>

Arduino Uno:

Arduino Uno es una placa de microcontrolador compuesta por pines de entrada y salida digital de los cuales 6 puertos se pueden usar como salidas PWM, también dispone de 6 entradas analógicas, cuenta con una velocidad de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, un cabezal ICSP y un botón de reinicio.

Véase Cuadro 8. Características técnicas del Arduino UNO

Cuadro 8. Características técnicas del Arduino UNO

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
MICROCONTROLADOR	ATmega328P
TENSIÓN DE FUNCIONAMIENTO	5V
VOLTAJE DE ENTRADA (RECOMENDADO)	7-12V
VOLTAJE DE ENTRADA (LÍMITE)	6-20V
PINES DE E/S DIGITALES	14 (de los cuales 6 proporcionan salida PWM)
PINES DE E/S DIGITALES PWM	6
PINES DE ENTRADA ANALÓGICA	6
CORRIENTE CC POR PIN DE E/S	20mA
CORRIENTE CC PARA CLAVIJA DE 3,3 V	50mA
MEMORIA FLASH	32 KB (ATmega328P) de los cuales 0,5 KB utilizados por el gestor de arranque
SRAM	2KB (ATmega328P)
EEPROM	1KB (ATmega328P)
VELOCIDAD DE RELOJ	16 MHz
LED_CONSTRUIDO	13
LONGITUD	68,6 mm
ANCHO	53,4mm
PESO	25g

Tecnología usada para el diseño. De acuerdo con el análisis realizado de las tecnologías en el mercado se determinó, que el Arduino es la mejor opción por capacidad de hardware y la parte económica lo hace asequible.

El Arduino se va a programar para generar la señal de frecuencia de 15 Khz a 40 Khz, esta señal se va a amplificar con la tarjeta Módulo Amplificador Audio de Dos Canales TDA729; acá se tomó la decisión de realizar la implementación con este módulo debido a que en el mercado nacional no se encontró el módulo de potencia requerido; para esta aplicación se realizó la compra en el mercado internacional y llega en el mes de diciembre.

Módulo de amplificación TDA729:

Figura 20. Módulo Amplificador Audio De Dos Canales Tda729



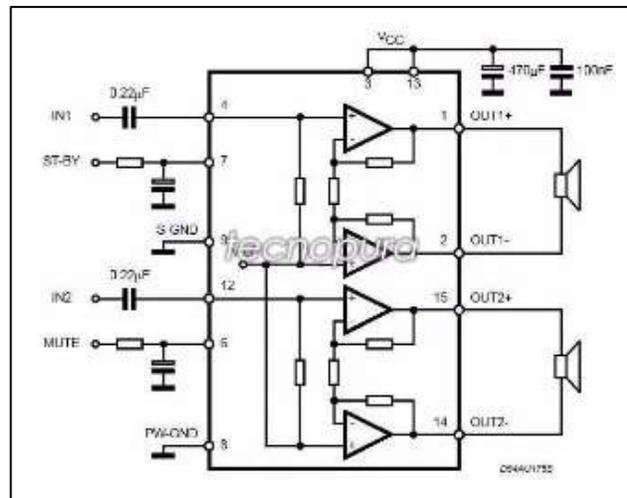
Fuente: manual técnico

Módulo amplificador de sonido TDA7297, posee dos canales de salida de 15W, con una resistencia interna de 80 ohms a 12 Voltios DC. Este módulo funciona para amplificar señales de sonido.

Este amplificador ha sido equipado con un disipador de calor para la placa, cuenta también con un potenciómetro para ajustar el nivel de volumen de salida.

véase figura 21

Figura 21. Circuito interno Módulo Amplificador Tda729



Fuente: Manual técnico

Cuadro 9. Especificaciones técnicas circuito interno Módulo Amplificador Tda729

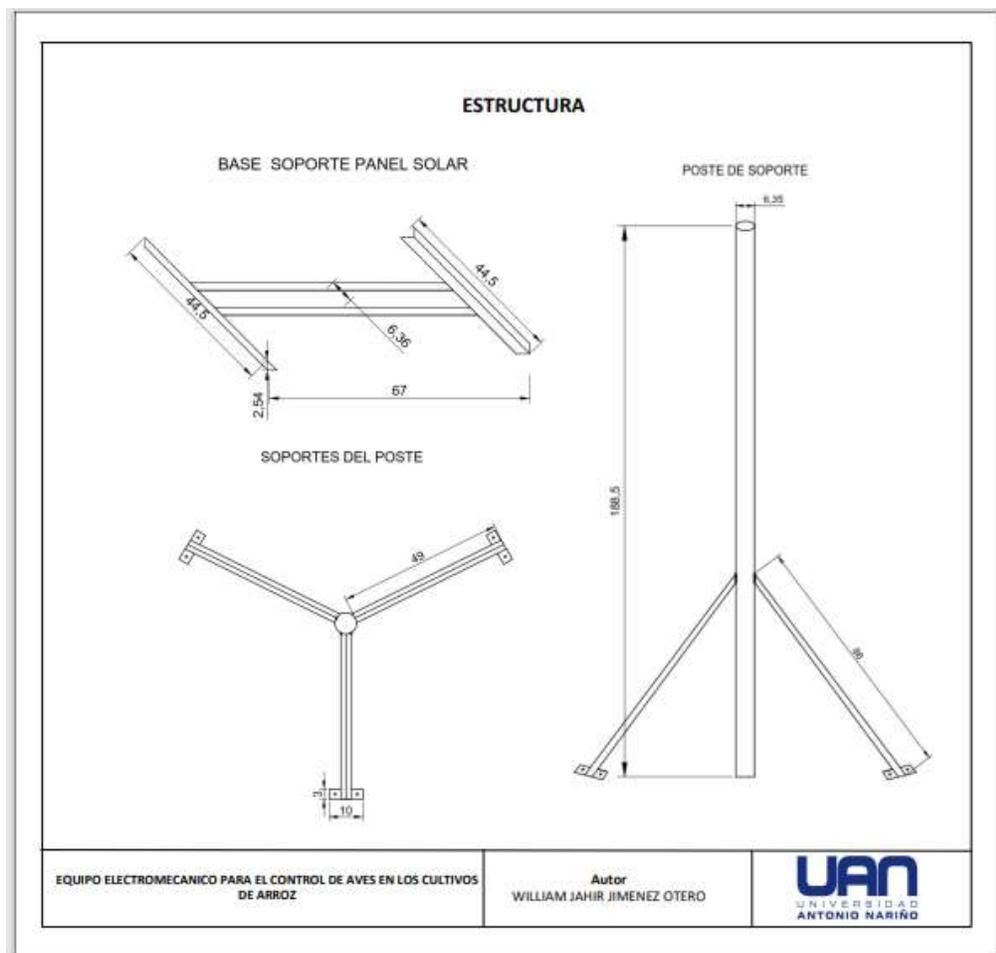
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Referencia	TDA7297 (De doble canal)
Voltaje de operación	9V~18V
Voltaje de entrada recomendado	12V (2A)
Corriente de salida	2A~3A
Potencia de salida:	15W por canal
Ancho de banda:	40Hz - 22KHz
Condensador	2200uF/25V
Impedancia de salida:	4~8 Ohm
Control de volumen:	incorporado
Disipador de calor	Incorporado
Eficiencia	~90%
Dimensiones:	4 x 4 x 3 cm
Peso:	40 g

4.3 ETAPA 3

Realizar el diseño del dispositivo electromecánico para el control de aves en los cultivos de arroz.

La primera actividad que se realizó fue el diseño y fabricación de la base que soporta todo el sistema que incluye paneles solares y el sistema electrónico; su diseño se realizó de tal forma que se pueda anclar fácilmente en el cultivo. Ver la figura 22. Anexo A

Figura 22. Plano estructura de soporte del sistema

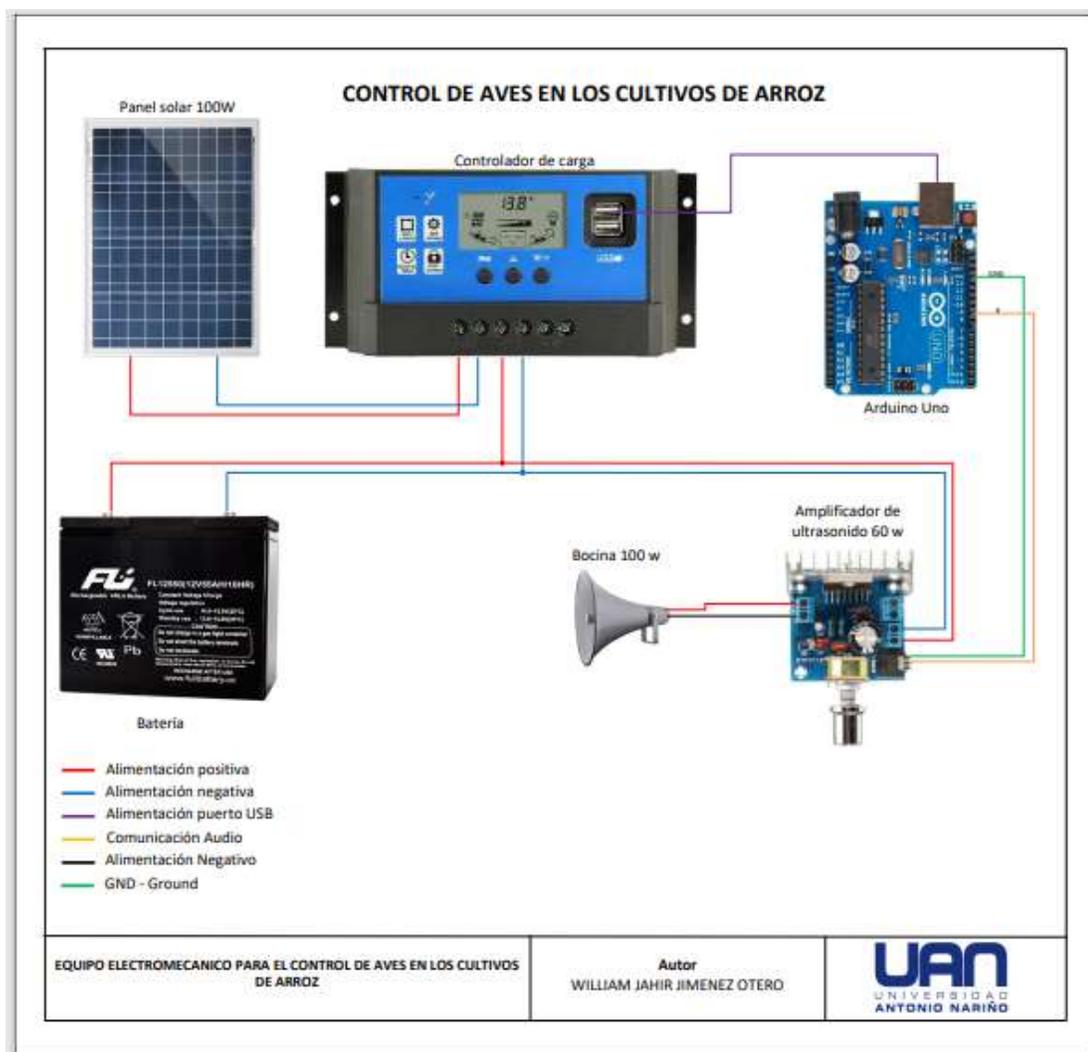


Fuente: Autor del proyecto.

Diseño del sistema a bloques con interconexión de los dispositivos empleados y el sistema de alimentación de energía solar.

En la figura 23 se puede observar la conexión del sistema fotovoltaico Arduino y el amplificador de ultrasonido. Anexo B

Figura 23. Sistema de control de aves



Fuente: Autor del proyecto.

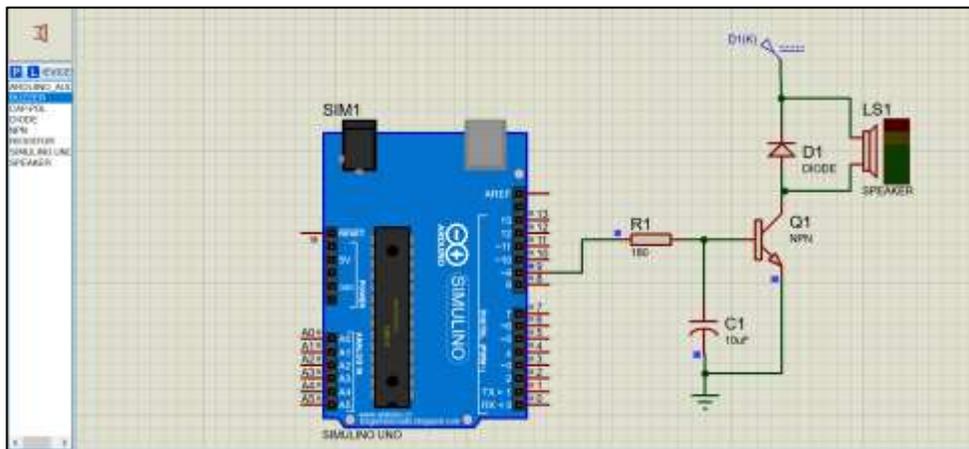
Programación del Arduino para generar el oscilador PWM.

Para realizar el programa en el Arduino se toma la siguiente tabla para verificar los cálculos de la librería usada en el programa, debido a que se puede generar un pequeño error

Simulación en el software Proteus.:

En la herramienta de proteus se realiza la simulación del sistema utilizando la librería de Arduino, se implementa un circuito amplificador transistorizado para evitar superar el consumo máximo que soporta el puerto del Arduino que es de 20 miliamperios. En la figura 24 se puede observar la simulación con una salida en señal audible.

Figura 24. Simulación en Proteus



Fuente: Autor del proyecto.

Programa:

En la configuración del programa se hace uso de la librería de frecuencias PWM la cual se implementa para ejecutar las variaciones de frecuencias requeridas; esta

librería me permite ajustar los temporizados que trae la placa Arduino; cada temporizador tiene de dos a cuatro canales. Cada canal está conectado a un pin. Cambiar la frecuencia de un pin requiere cambios en el temporizador al que se conecta. Lo que a su vez cambia la frecuencia de otros pines conectados a ese mismo temporizador.

El temporizador 0 generalmente se usa para las funciones de cronometraje de Arduino (es decir, la función `millis()`). Cambiar la frecuencia en el temporizador 0 romperá las funciones de cronometraje que puede o no estar usando en otras partes de su proyecto. Hay dos tipos de temporizador, 8 bits y 16 bits. Para resumir, tienen matices que hacen que el código común sea difícil de implementar sin limitar uno u otro. La creación de frecuencias personalizadas (más allá de jugar con el preescalador) con un temporizador de 8 bits requiere el sacrificio de un canal. En otras palabras, cada temporizador de 8 bits que crea una frecuencia personalizada pierde la capacidad de realizar PWM en un pin (el que está conectado al canal A para ser más precisos). Todos los Arduinos, excepto Leonardo, tienen dos temporizadores de 8 bits, lo que significa que configurar todos los temporizadores a una frecuencia particular sacrificará un total de dos pines en dicho Arduino. La biblioteca tiene cinco funciones globales:

`InitTimers()` Inicializa todos los temporizadores. Debe llamarse antes de cambiar la frecuencia de los temporizadores o configurar el deber en un pin.

`InitTimersSafe()` Igual que `InitTimers()` excepto que el temporizador 0 no se inicializa para preservar las funciones de cronometraje.

`pwmWrite(uint8_t pin, uint8_t val)` Igual que `'analogWrite()'`, pero solo funciona con temporizadores inicializados. Continúe usando `analogWrite()` en temporizadores no inicializados.

`SetPinFrequency(int8_t pin, int32_t frecuencia)` Establece la frecuencia del pin (en Hz) y devuelve un bool para el éxito.

`SetPinFrequencySafe (int8_t pin, int32_t frecuencia)` Igual que `SetPinFrequency` excepto que no afecta el temporizador 0

En el programa desarrollado se implementan 3 funciones:

- InitTimersSafe().
- SetPinFrequency(int8_t pin, int32_t frecuencia).
- pwmWrite(uint8_t pin, uint8_t val) las cuales son implementadas para variar la frecuencia desde 20 KHz hasta 40 KHz.

En el cuadro siguiente se tiene el programa de simulación y generador de frecuencia.

Cuadro 10. Programa Arduino

```
include <PWM.h>

int salida = 9; //declaracion de puerto y nombre
int led = 13; //flag para notificar configuracion exitosa
float lectura = 0; // se utiliza la variable flotante para tener una mejor lectura de
numero probenientes del potenciómetro
int32_t frequency = 20000;
int32_t frequency2 = 0;
int FreqMin = 200; // frecuencias a las que quieres osile el sonido
int FreqMax = 400;

void setup() {
  InitTimersSafe();
}

void loop() {
  // Imprime frecuencia alta
```

Fuente: Autor del proyecto.

El siguiente paso fue la construcción del proyecto.

Construcción:

Paso 1: Inicialmente se realizan pruebas con los equipos de energía solar.

Fotografía 1. Prueba panel solar



Se realizó la medición de voltaje en el panel solar; se verificó que estaba trabajando correctamente; la prueba consiste en colocar y quitar la iluminación, como se evidencia en la fotografía anterior

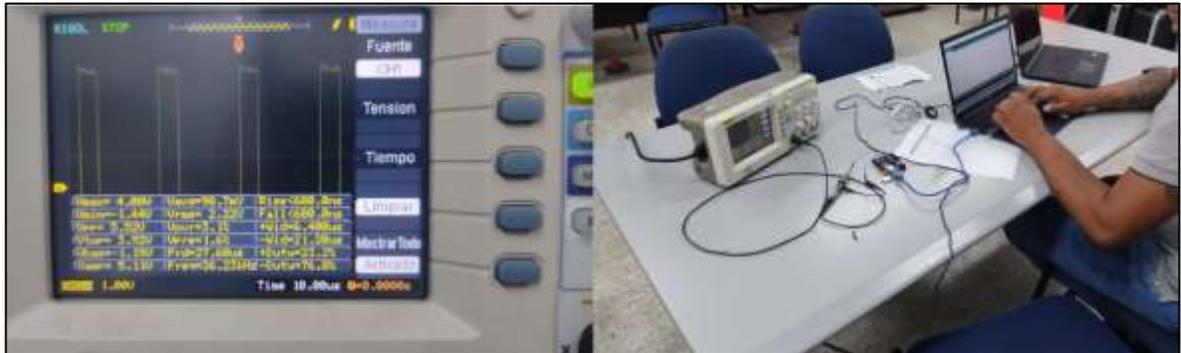
Paso 2: Se procede a realizar el montaje en protoboard para realizar pruebas con equipos reales.

Fotografía 2. Pruebas en protoboard



Pruebas de la señal con el osciloscopio: Se obtuvieron las frecuencias deseadas.

Fotografía 3. Pruebas de señal con el osciloscopio



En estas pruebas se verificó la señal de salida y la frecuencia deseada.

Paso ensamble total del sistema:

Fotografía 4. Ensamble final



Se ensambló el sistema en su totalidad; se realizaron pruebas de señal y los resultados fueron satisfactorios.

Cuadro 11. Costo del proyecto

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT	VALOR UNITARIO \$	VALOR TOTAL \$
1	ARDUINO UNO R3	1	70.739	70.739
2	PANEL SOLAR 100 WATTS	1	480.000	480.000
3	INVERSOR DE ONDA MODIFICADA 400W, 12VDC. SALIDA DOBLE AC, PUERTOS	1	400.000	400.000
4	BATERÍA 12 VDC, 7,5 AH,	2	80.300	160.600
5	CONTROLADOR DE CARGA DE 20A, TECNOLOGÍA PMW, SELECCIÓN AUTOMÁTICA DE 12 O 24 VDC	1	180.000	180.000
6	AMPLIFICADOR DE ALTA FRECUENCIA TDA 7297 ASM-7297	1	130.000	130.000
7	ESTRUCTURA METÁLICA	1	430.000	430.000
8	MODULO INTERFAZ DE POTENCIA RELÉ DE 2 CANALES	1	20.760	20.760
9	DISEÑO DEL EQUIPO	1	3.250.000	3.250.000
TOTAL, COSTOS EQUIPOS			\$ 5.041.799	\$ 5.062.219

5. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el diseño del sistema de control para aves fueron óptimos, pude presentar una solución al medio externo específicamente a la Federación de Arroceros del Norte de Santander

En el desarrollo del trabajo integral de grado apliqué los conocimientos adquiridos en la Universidad en mi formación como Ingeniero Electromecánico de las materias de Electrónica digital, circuitos eléctricos, electrónica analógica, Internet de las cosas IOT, Resistencia de materiales.

Realicé un aprendizaje en nuevas tecnologías de las comunicaciones e Internet de las cosas IOT, tecnologías totalmente nuevas para mí.

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda a futuro realizar la implementación del diseño en la Federación de Arroceros

Es importante que la Universidad Antonio Nariño sede Cúcuta, siga apoyando este tipo de proyectos para que sea un aporte a la comunidad estudiantil y al alma mater hacia el sector agrario industria, específicamente los cultivadores de arroz porque allí hay muchas por realizar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arduino (2020). Recuperado de <https://arduino.cl/arduino-uno/>.

Díaz, M., Martín, R., & Antorán, J. (2017). Como funciona un amplificador. https://edu.ieee.org/es/unizar/wpcontent/uploads/sites/467/2017/02/Presentacion_a mp.pdf

Fernández Hatre, Alfonso. Ensayos no destructivos por ultrasonidos. Instituto de Fomento Regional. Principado de Asturias.

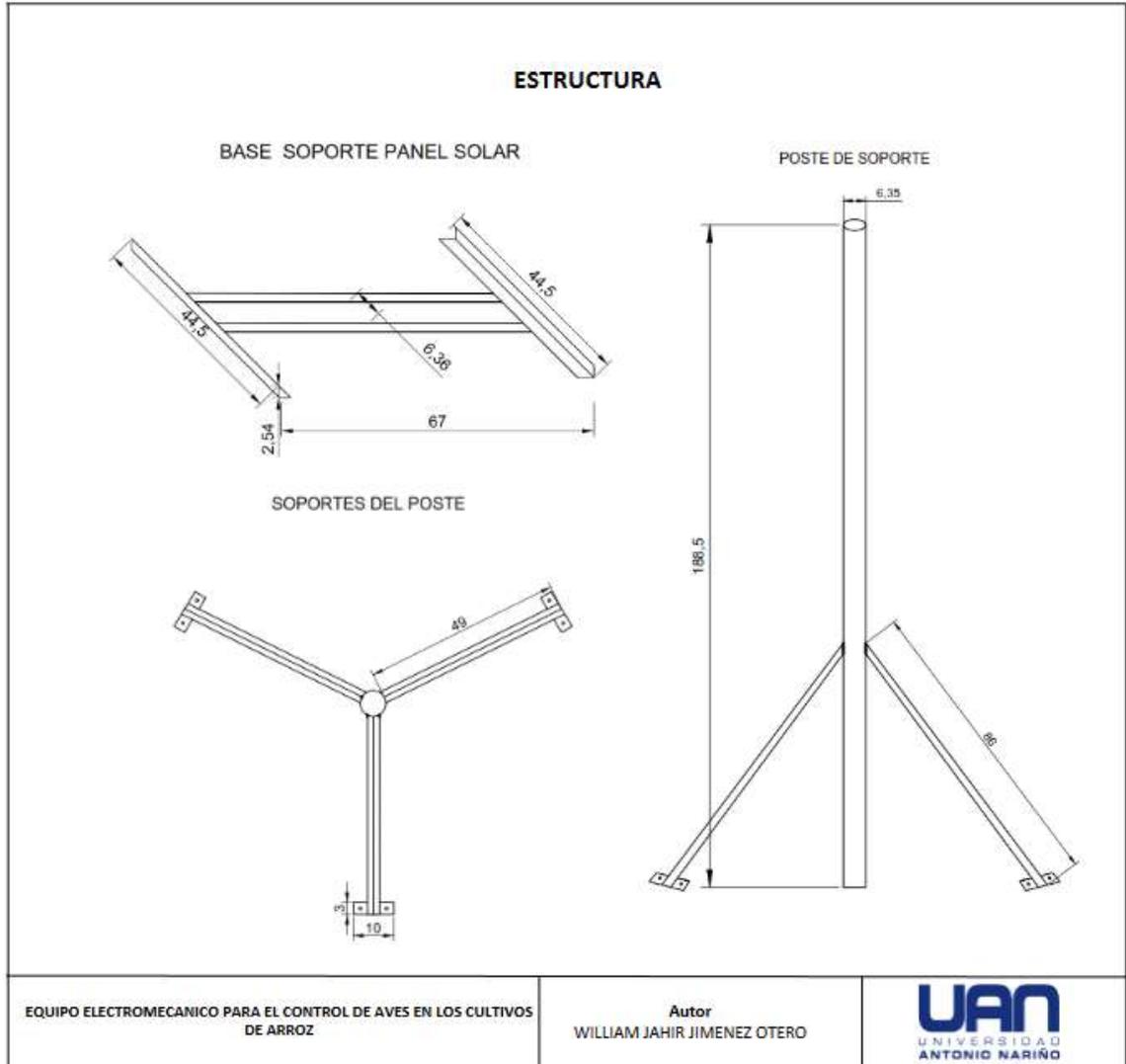
Revista del Arroz. <https://www.fedearroz.com.co/es/>

Rubio, Carlos et al. Fabricación de Transductores Ultrasónicos para Equipos automatizados de inspección de líneas de Tuberías. The Open Access NDT Database . www.ndt.net.

Wiki Aves de Colombia. (20 de febrero de 2014). Wiki Aves de Colombia.

ANEXOS

ANEXO A. Plano Estructura



ANEXO B. Control de Aves

