



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO  
CARRERA DE MECATRÓNICA**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO NO LETAL, PARA  
AHUYENTAR MURCIÉLAGOS MEDIANTE LA VARIACIÓN DE FRECUENCIA A  
IMPLEMENTAR EN LA MISIÓN SALESIANA DE WASAKENTSA.**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
Título de Ingenieros en Mecatrónica

**AUTORES: BRYAN SEBASTIÁN CÁRDENAS TOBAR**

**CRISTHIAN ALEXANDER MEDINA ENCALADA**

**TUTOR: FABIO EDUARDO OBANDO HERRERA**

**Quito-Ecuador**

**2022**

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN**

Nosotros, Bryan Sebastián Cárdenas Tobar con documento de identificación N° 1721487963 y Cristhian Alexander Medina Encalada con documento de identificación N° 1751620426 manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 03 de octubre del 2022

Atentamente,



---

Bryan Sebastián Cárdenas Tobar

1721487963



---

Cristhian Alexander Medina Encalada

1751620426

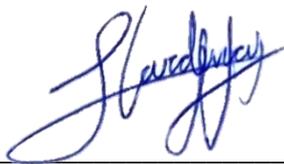
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Bryan Sebastián Cárdenas Tobar con documento de identificación N° 1721487963 y Cristhian Alexander Medina Encalada con documento de identificación N° 1751620426, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos los autores para el desarrollo de un Dispositivo tecnológico: “Diseño y construcción de un prototipo no letal, para ahuyentar murciélagos mediante la variación de frecuencia a implementar en la misión salesiana de Wasakentsa”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieros en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 03 de octubre del 2022

Atentamente,



---

Bryan Sebastián Cárdenas Tobar

1721487963



---

Cristhian Alexander Medina Encalada

1751620426

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Fabio Eduardo Obando Herrera con documento de identificación N° 1707982169, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO NO LETAL, PARA AHUYENTAR MURCIÉLAGOS MEDIANTE LA VARIACIÓN DE FRECUENCIA A IMPLEMENTAR EN LA MISIÓN SALESIANA DE WASAKENTSA, realizado por Bryan Sebastián Cárdenas Tobar con documento de identificación N° 1721487963 y Cristhian alexander Medina Encalada con documento de identificación N° 1751620426, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de un Dispositivo tecnológico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 03 de octubre del 2022

Atentamente,



---

Ing. Fabio Eduardo Obando Herrera, MSc

1707982169

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecido con el Todo poderoso del universo, por guiarme espiritualmente y ayudarme a alcanzar una nueva etapa de transcendencia, agradecido conmigo por no rendirme ante los problemas e injusticias. A mis amados padres Zoila Teresa Tobar Medina y Pedro Antonio Cárdenas Palacios por guiarme y ayudarme de todas las formas que se les fue posible para construir un hombre de bien. A mis hermanos Juan, Daniel y Verónica que son mis amigos incondicionales que formaron y formaran parte de mis logros.

A la prestigiosa Universidad Politécnica Salesiana por abrir sus puertas y moldear mi vida profesional y humana.

A mis docentes y en especial al Ing. Fabio Eduardo Obando Herrera MSc. PhD y al Ing. Byron Ricardo Zapata Chancusig MSc. por su ayuda, paciencia y conocimiento, siendo la clave fuerte para culminar con el mejor de los éxitos este prototipo.

A mis amados amigos Johanna, Nagyd, Luis, Dayana que como hermanos han estado en altos y bajos y especialmente agradecido con Cristhian, quien, con su aporte y con su amistad incondicional llegamos a concluir una fase de vida.

A mi querida familia y en memoria de mis tíos, Emilio y Carmen agradezco su apoyo por formar parte de lo que ahora soy.

A todos mis amigos y personas que con su granito de arena aportaron a mi vida a ser más humano, siempre los llevaré presentes en mi corazón.

***Bryan Sebastián Cárdenas Tobar***

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco primero a Dios por la familia que me ha dado, por esos padres amorosos que nunca me dejaron solo gracias mamita Blanca Encalada y papito Eduardo Medina, a mis hermanos Gabriel Medina y Leonardo Medina, que me dieron todo su apoyo en todo momento de estudio, me enseñaron su dedicación y responsabilidad como profesionales e hijos, además de que son mi ejemplo a seguir.

A la prestigiosa Universidad Politécnica Salesiana por brindare conocimientos para formarme como profesional y un gran ser humano.

A mis docentes y en especial al Ing. Fabio Eduardo Obando Herrera MSc. PhD y al Ing. Byron Ricardo Zapata Chancusig MSc. por su ayuda, paciencia y conocimiento, siendo la clave fuerte para culminar con el mejor de los éxitos este prototipo

A mis amigos que a lo largo de mi vida he cultivado como lo son; Luis, Dayana, Daniela, Aaron, Josué, Estefanía, Camila y Albert que son un ejemplo de amistad incondicional estuvieron en momentos difíciles de mi vida como también en los más emotivos, en especial a mi amigo Sebastián Cárdenas por su infinita paciencia y por su amistad llegamos a concluir este trabajo.

A mi querido Colegio Municipal Cotocollao, que me brindo valores gracias a sus profesores, ahora estoy culminando una etapa gracias a sus enseñanzas.

A toda mi familia que estuvo pendiente de mi en toda esta etapa Universitaria les agradezco mucho en especial a una Medardo Fabricio Ramírez Relica que ahora goza del descanso eterno, siempre lo llevare en mis recuerdos y en mi corazón a toda mi familia.

***Cristhian Alexander Medina Encalada***

## ÍNDICE

RESUMEN .....	I
ABSTRACT.....	II
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	III
JUSTIFICACIÓN .....	IV
OBJETIVOS .....	V
1.1.    Objetivo General .....	V
1.2.    Objetivo Especifico .....	V
CAPÍTULO 1.....	2
1.MARCO TEORICO PROCEDIMENTAL.....	2
1.1.    Antecedentes de enfermedades .....	2
1.1.1.    Histoplasmosis.....	3
1.1.2.    Rabia.....	4
1.1.3.    Síndrome Respiratorio Agudo Grave .....	5
1.1.4.    Ébola.....	6
1.2.    Clasificación del murciélago existente en la comunidad de Wasakentsa .....	6
1.3.    Vespertilionidae (Myotis nigricans).....	8
1.4.    Comportamiento de ecolocalización en Murciélagos .....	8
1.5.    Ecolocalización de Myotis Nigricans.....	9
1.6.    Emisiones de sonido.....	11
1.6.1.    Frecuencias .....	12
1.6.2.    Elementos de las ondas.....	12
1.6.3.    Longitud de Onda .....	13
1.6.4.    Ancho de banda .....	14
1.7.    Ultrasonidos .....	15
1.8.    Transductor.....	15
1.9.    Dispositivos semejantes .....	16
1.9.1.    Ahuyentador de aves por medio de recursos sonoros y visuales.....	16
1.9.2.    Sistema automatizado por ultrasonido para subestaciones eléctricas.....	17
1.9.3.    Diseño y construcción de un sistema eléctrico para la repulsión de una especie de polilla.....	18
1.9.4.    Construcción de un ahuyentador electrónico ultrasónico para murciélagos .....	19
CAPÍTULO 2.....	22

2.ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS .....	22
2.1. Sistema Ahuyentador .....	22
2.1.1. Alternativa 1 (Sistema Ahuyentador) .....	22
2.1.2. Alternativa 2 (Sistema Ahuyentador) .....	23
2.1.3. Alternativa 3 (Sistema Ahuyentador) .....	24
2.1.4. Alternativa 4 (Sistema Ahuyentador) .....	24
2.2. Control electrónico del sistema ahuyentador .....	25
2.2.1. Alternativa 1 (Sistema de control) .....	26
2.2.2. Alternativa 2 (Sistema de control) .....	26
2.3. Identificación de necesidades .....	27
2.3.1. Importancia de necesidades .....	27
2.3.2. Importancias Relativas de necesidades .....	28
2.3.3. Módulos para el Diseño del prototipo .....	30
2.3.4. Módulo de Construcción .....	30
2.3.5. Módulo 2 (Microcontrolador) .....	30
2.3.6. Modulo 3 (Sistema Ahuyentador) .....	31
2.4. Análisis de materiales .....	32
2.4.1 Poliamida 6 .....	32
2.5. Sistema de control .....	32
2.6. Arduino NANO .....	33
2.7. Modulo convertidor de potencia LM2577 .....	34
2.8. Transductor piezoeléctrico .....	34
CAPÍTULO 3 .....	35
3.DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN .....	35
3.1. Principio de levitador acústico .....	35
3.2. Diseño electrónico .....	36
3.2.1. Desarrollo del sistema eléctrico .....	36
3.3. Simulación y Circuito electrónico del prototipo realizado en Proteus .....	36
3.3.1.1. Esquema electrónico .....	37
3.1.1.1. Mejoras en el circuito para simular .....	38
3.3.1.2. Proceso para realizar el esquema electrónico en Proteus .....	38
3.3.2. Diseño PCB .....	39
3.3.2.1. Proceso para realizar el diseño PCB en Proteos .....	40
3.3.2.2. Cálculos del ancho de pista .....	41

3.3.2.3.	Cálculos del ancho de pistas del prototipo variador de frecuencias para la comunidad de Wasakentsa.....	42
3.3.3.	Visualizador 3D de Proteus .....	44
3.4.	Diseño de estructura.....	45
3.4.1.	Estructura diseñada en poliamida 6.....	45
3.5.	Propiedades mecánicas.....	46
3.5.1.	Propiedades térmicas .....	47
3.6.	Diseño de la estructura en Software CAD .....	47
3.7.	Corte de piezas para realizar la estructura.....	48
CÁPITULO 4.....		50
4.PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....		50
4.1.	Activación del piezoeléctrico de ultrasonido .....	50
4.1.1.	Onda de emisión en el piezoeléctrico de ultrasonido .....	53
4.1.2.	Error absoluto y relativo entra la onda emitida y receptada de ultrasonido .....	54
4.2.	Construcción de prototipo basado en la levitación acústica.....	56
4.3.	Construcción de prototipo basado en un variador de frecuencia de onda PWM .....	57
4.3.1.	Análisis del código utilizado para variar la frecuencia de onda PWM .....	58
4.3.1.1.	Frecuencia y factor.....	59
4.4.	Parámetros de la onda para ahuyentar a los murciélagos de la familia Vespertilionidae especie Myotis existentes en el Ecuador .....	60
4.4.1.	Factor para obtener frecuencias de hostigamiento .....	60
4.4.2.	Duty Cycle en la onda de hostigamiento .....	61
4.5.	Pruebas del prototipo basado en un variador de frecuencia de la onda PWM .....	62
4.5.1.	Onda de ultrasonido medida por el espectrómetro .....	63
4.5.1.1.	Pruebas de frecuencia – error relativo a diferentes distancias .....	65
4.5.1.2.	Pruebas de frecuencia – decibeles a diferentes distancias .....	66
4.6.	Pruebas de campo del prototipo variador de frecuencia de sonido .....	67
4.6.1.	Pruebas del variador de frecuencia de sonido en humanos .....	67
4.6.2.	Pruebas del variador de frecuencia de sonido en animales .....	68
4.6.3.	Pruebas del variador de frecuencia de ultrasonido en murciélagos.....	69
4.6.2.1	Dia uno de pruebas en el túnel de Pifo .....	71
4.6.2.2.	Dia dos de pruebas en el túnel de Pifo.....	73
4.6.2.3	Dia tres de pruebas en el túnel de Pifo.....	74
4.7.	Comparaciones entre los datos muestreados .....	75
5.CONCLUSIONES .....		76
6. REFERENCIAS.....		77

7.ANEXOS .....	80
7.1.ANEXO 1 .....	81
7.1.2. Código de Arduino implementado para la generación de frecuencias PWM .....	82
7.2.ANEXO 2 .....	93
7.3.ANEXO 3 .....	94
7.3.1.1. Diseño de elementos en la ventana esquema electrónico .....	94
7.3.1.2. Diseño de elementos en la ventana diseño PCB .....	95
7.3.1.3. Administrador de librerías de Proteus.....	97
7.3.1.4. Exclusión de elementos de la simulación para pruebas del prototipo .....	99
7.3.1.5. Cálculos obtenidos para el ancho de pista según la corriente del prototipo variador de frecuencia para la comunidad de Wasakentsa .....	100
7.3.1.6. Visualizador 3D del prototipo implementado en una placa electrónica .....	101
7.4.ANEXO 4 .....	110
7.5.ANEXO 5 .....	113

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tasa de infección de histoplasmosis [5].....	3
Figura 2. Histoplasmosis pulmonar [7].....	4
Figura 3. Clasificación de países con riesgo del virus de la rabia [9]. .....	4
Figura 4. Diagrama esquemático del coronavirus [11].....	5
Figura 5. Ciclo de transmisión del Ébola. Fuente [13]. .....	6
Figura 6. Murciélago de wasakentsa Fuente: Autores .....	7
Figura 7. Vespertilionidae (Myotis nigricans). Fuente [16] .....	7
Figura 8. Distribución potencial de Myotis nigricans. Fuente [15]. .....	8
Figura 9. Vespertilionidae Pipistrellus. Fuente [18]. .....	9
Figura 10. Percepción del espectro audible. Fuente [21].....	11
Figura 11. Captación de ondas acústicas. Fuente [21].....	11
Figura 12. Grafica de ciclos por segundo. Fuente: Autores.....	13
Figura 13. Longitud de onda. Fuente: Autores .....	14
Figura 14. Amplitud de onda. Fuente: [22] .....	14
Figura 15. Espectro de vibraciones ultrasónicas. Fuente: [22].....	15
Figura 16. Ahuyentador de aves. Fuente: [25] .....	17
Figura 17. Reptil en tablero eléctrico. Fuente: [27].....	17
Figura 18. Circuito generador de frecuencias. Fuente: [26] .....	18
Figura 19. A larva de polilla, B máximo desarrollo de una larva. Fuente: [29] .....	19
Figura 20. Diagrama de bloques sobre el funcionamiento del dispositivo. Fuente: [28] .....	19
Figura 21. Instalaciones de la universidad: Fuente: [30].....	20
Figura 23. Reflector LED .....	22
Figura 24. Dispositivo de frecuencias mediante parlantes. ....	23
Figura 25. Dispositivo de frecuencias mediante transductores.....	24
Figura 26. Radiofrecuencias. ....	24
Figura 27. Esquema de sistema de control. Fuente: Autores.....	25
Figura 28. Control analógico. ....	26
Figura 29. Sistema de control digital de ahuyentador. Fuente: Autores.....	26
Figura 30. Arduino nano [31]. ....	33
Figura 31. Modulo convertidos de potencia. Fuente: Autores.....	34

Figura 32. Transductores piezoeléctricos [32].....	34
Figura 33. Levitador acústico [34].....	35
Figura 34. Circuito Base para realizar las simulaciones y pruebas del prototipo [35]. .....	37
Figura 35. Circuito Mejorado para realizar las simulaciones y pruebas del prototipo. Fuente: Autores.....	38
Figura 36. Ventana de diseño PCB. Autores. ....	40
Figura 37. Ventana visualizadora 3D ejemplo de placa y componentes. Autores.....	44
Figura 38. Placas elaboradas para la instalación de los componentes. Autores. ....	45
Figura 39. Pieza 2D con extrusión aplicado material Nylon 6. Autores .....	48
Figura 40. Estructura acotada y con elementos que la conforman .....	49
Figura 41. Obteniendo los piezoeléctricos de ultrasonido de un módulo HC-SR04. Autores	51
Figura 42. Transductores piezoeléctricos colocados cara a cara. Autores.....	52
Figura 43. Pantalla del osciloscopio mostrando las señales y frecuencias de prueba. Autores .....	53
Figura 44. Señal fuera de rango por superar al valor máximo de activación para el piezoeléctrico de ultrasonido. Autores.....	54
Figura 45. Armado de prototipo levitador acústico de ultrasonido en el protoboard. Autores. .....	57
Figura 46. Armado de prototipo variador de frecuencias PWM en el protoboard. Autores....	58
Figura 47. Pantalla de proteos mostrando una onda cuadrada PWM simulada. Autores.....	61
Figura 48. Pantalla de osciloscopio mostrando una onda cuadrada PWM real. Autores .....	62
Figura 49. Espectrómetro realizando las medidas de la onda de ultrasonido emitidos por los piezoeléctricos. Autores.....	64
Figura 50. Pantalla del espectrómetro mostrando la señal captada con variables de frecuencia y decibeles. Autores.....	65
Figura 51. Habitación de los murciélagos de la especie Myotis genero Nigricans, Oxyotus, Raparius. [15].....	70
Figura 52. Mapa de la zona a realizar pruebas en la parroquia Pifo.....	71
Figura 53. Prototipo variador de frecuencias de onda PWM encendido dentro del túnel. Autores.....	72
Figura 54. Flujograma del código variador de frecuencia de onda PWM.....	81
Figura 55. Ventana esquema electrónico, ejemplo de componente a construir. Autores .....	94
Figura 56. Ventana esquema electrónico ítem para crear un dispositivo. Autores.....	95
Figura 57. Ventana diseño PCB, ejemplo de componente a construir. Autores.....	97
Figura 58. Ventana diseño PCB, ítem para crear un empaquetado. Autores.....	97
Figura 59. Cuadro de elementos sin asignación de empaquetado PCB. Autores .....	98
Figura 60. Herramienta gestión de empaquetados PCB. Autores.....	99

Figura 61. Ventana de errores de Proteus. Autores .....	99
Figura 62. Ventana de propiedades de los elementos esquemáticos, Autores.....	100
Figura 63. Plano acotado del piezoeléctrico de ultrasonido, Autores.....	102
Figura 64. Plano sólido del piezoeléctrico de ultrasonido. Autores .....	103
Figura 65. Plano acotado del pulsador 4 pines .....	104
Figura 66. Plano sólido del pulsador 4 pines, Autores .....	105
Figura 67. Plano acotado del módulo I2C con la pantalla LCD. Autores .....	106
Figura 68. Plano sólido del módulo I2C con la pantalla LCD16x2.....	107
Figura 69. Ventana vista 3D configuración individual del modelo 3D de un elemento. Autores.....	108
Figura 70. Plano esquemático de conexiones del prototipo variador de frecuencias de PMW. Autores.....	109
Figura 71. estructura de prototipo.....	114
Figura 72. estructura de prototipo, elementos de cierre. Autores .....	114
Figura 73. Estructura 3D de prototipo. Autores.....	115

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros de frecuencias ultrasónicas Vespertilionidae (Myotis nigricans) [19]... 10	10
Tabla 2. Equipos de audio usados en los experimentos europeos [25]..... 16	16
Tabla 3. Identificación de necesidades. Autores..... 27	27
Tabla 4. Importancia Necesidades ..... 28	28
Tabla 5. Grado de importancia. Autores ..... 28	28
Tabla 6. Tabla de puntuación de necesidades relativas. .... 29	29
Tabla 7. Necesidades para las personas y su importancia. Autores..... 29	29
Tabla 8. Módulos para el diseño del prototipo. Autores..... 30	30
Tabla 9. Modulo 1 (Construcción). Autores ..... 30	30
Tabla 10. Modulo 2 (Microcontrolador). Autores. .... 31	31
Tabla 11. Modulo 3 (Sistema Ahuyentador). Autores ..... 31	31
Tabla 12. Propiedades de la poliamida 6 ..... 32	32
Tabla 13. Especificaciones Arduino Nano [31]..... 33	33
Tabla 14. Ventajas y desventajas de la opción Gerber para crear pistas automáticamente. Autores..... 40	40
Tabla 15. Valores de las constantes k1, k2, k3 cuando se trabaja en capas superiores o inferiores. Autores..... 42	42
Tabla 16. Valores de las constantes k1, k2, k3 cuando se trabaja en capas internas. Autores. 42	42
Tabla 17. Datos para calcular la corriente de entra en el circuito..... 43	43
Tabla 18. Especificaciones mecánicas de la poliamida 6. [38] ..... 46	46
Tabla 19. Especificaciones térmicas de la poliamida 6. [38]..... 47	47
Tabla 20. Frecuencias que permiten activar al piezoeléctrico de ultrasonido. Autores..... 50	50
Tabla 21. Frecuencia máxima ideal y mínima ideal multiplicada por factores que permitan alcanzar mayor ciclo de repeticiones por segundo. Autores..... 59	59
Tabla 22. Análisis de componentes probadas independientemente y verificar posibles errores. Autores..... 63	63
Tabla 19. Frecuencias - valor relativo medido a los 50 cm. Autores ..... 65	65
Tabla 24. Frecuencias - decibeles medido a los 50 cm. Autores ..... 66	66
Tabla 25. Síntomas de humanos expuesto a frecuencias de hostigamiento. Autores ..... 68	68
Tabla 26. Estimulación de animales expuesto a frecuencias de hostigamiento. Autores. .... 68	68
Tabla 27. Efectos y observaciones del ultrasonido de hostigamiento probado en el día uno. Autores..... 73	73

Tabla 28. Efectos y observaciones del ultrasonido de hostigamiento probado en el día dos. Autores.....	74
Tabla 29. Efectos y observaciones del ultrasonido de hostigamiento probado en el día tres. Autores.....	75
Tabla 30. Cálculo de pistas para los dispositivos que conforman el prototipo.....	100

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación (1).....	41
Ecuación (2).....	42
Ecuación (3).....	43
Ecuación (4).....	43
Ecuación (5).....	55
Ecuación (6).....	55
Ecuación (7).....	55

## RESUMEN

El presente desarrollo de un prototipo tecnológico intitulada “Diseño y construcción de un prototipo no letal, para ahuyentar murciélagos mediante la variación de frecuencia”, está diseñada para la misión salesiana de Wasakentsa. Es un dispositivo conformado por transductores piezoeléctricos, capaces de emitir frecuencias de ultrasonido, la frecuencia de sonido puede ser variada por medio de un sistema electrónico programable que sea vasto de generar ondas de 1 MHz o más. El cual ahuyentará a una especie de quirópteros que habitan en las diferentes áreas civiles de estudio y de descanso de la obra salesiana. Para realizar este prototipo se investigó artículos científicos acerca de; los riesgos de convivir con murciélagos y las enfermedades que causan, el tipo de especie de quiróptero que habita dicha comunidad y a su vez, la forma o métodos de ecolocalización, conjuntamente basado en dispositivos diseñados para la dispersión de diversos animales, siendo uno de estos los murciélagos frugívoros.

El primer prototipo fue elaborado con base en un levitador acústico, ya que este tipo de circuito electrónico emite frecuencias altas para la levitación de partículas en medio de transductores, este principio fue implementado y rediseñado para la variación de frecuencia como; la amplitud y el periodo de la onda. El diseño del sistema electrónico fue realizado en softwares como; Proteus con la finalidad de obtener resultados simulados de frecuencia y compararlos con base en los resultados reales obtenidos de un osciloscopio. Con todo los documentos estudiados, mejorados, analizados y rediseñados, se logró obtener frecuencias variables para implementar el prototipo, que ayudará a la repulsión de la colonia de murciélagos.

**Palabras Clave:** Frecuencias, Murciélagos, Wasakentsa, Ahuyentar.

## ABSTRACT

The present development of a technological prototype entitled "Design and construction of a non-lethal prototype to drive away bats by means of frequency variation", is designed for the Wasakentsa Salesian mission. It is a device made up of piezoelectric transducers, capable of emitting ultrasound frequencies, the sound frequency can be varied by means of a programmable electronic system that is capable of generating waves of 1 MHz or more. Which will scare away a kind of chiropterans that inhabit the different civil areas of study and rest of the Salesian work. To make this prototype, scientific articles were investigated about; the risks of living with bats and the diseases they cause, the type of chiropteran species that inhabits said community and, in turn, the form or methods of echolocation, jointly based on devices designed for the dispersal of various animals, one of these being the fruit bats.

The first prototype was developed based on an acoustic levitator, since this type of electronic circuit emits high frequencies for the levitation of particles in the middle of transducers, this principle was implemented and redesigned for frequency variation such as; the amplitude and period of the wave. The design of the electronic system was carried out in software such as; Proteus in order to obtain simulated frequency results and compare them based on the real results obtained from an oscilloscope. With all the documents studied, improved, analyzed and redesigned, it was possible to obtain variable frequencies to implement the prototype, which will help repel the bat colony.

**Keywords:** Frequencies, Bats, Wasakentsa, Chase away.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### *Problema de Estudio*

La importancia sanitaria, en comunidades alejadas del Ecuador son de muy poco interés para las autoridades. Comunidades que tienen ayuda por parte de misiones cristianas llevan en sí, una responsabilidad, por precautelar la salud de quienes tienen a cargo. La comunidad de Wasakentsa, es una misión llevada a cabo por Salesianos por más de 50 años, esta comunidad ha tenido que; ideárselas para sustentar un centro educativo, como también dar hospedaje a jóvenes de la comunidad indígena achuar. [1]

Esta comunidad Salesiana, tiene una infraestructura típica para un clima Cálido-húmeda que ofrece el Oriente Ecuatoriano, es muy común que tengan una variedad de visitantes no esperados, por parte de la fauna del lugar, como serpientes, arañas y murciélagos, estos últimos han sido huéspedes, llevando a causar problemas, en las instalaciones, tales como; daños de techos y vigas de madera, por los mismos desechos, que estos animales emanan, llegan a ser un peligro para las personas que lo habitan, esto puede conllevar a enfermedades, sumando la falta de suministros médicos, puede convertirse en un problema de salud.

## JUSTIFICACIÓN

Dado las circunstancias del problema, se propone hacer la investigación y construcción de un dispositivo, que conlleve a ahuyentar a esta colonia de quirópteros mediante ondas ultrasónicas, ya que todo ser vivo llega a tener un estrés audible tal y como se menciona los niveles acústicos de los murciélagos es de pulsos de 1,3 ms, en frecuencia modulada de niveles sonoros bajos, entre una aproximación de -10 a -35 dB, además de que presentan un armónico de frecuencia de 190 kHz. [2] esto quiere decir que, si se usa una frecuencia superior a 200 kHz, se podría ocasionar la inestabilidad a los murciélagos, para ahuyentarlos.

El ultrasonido ha existido en la humanidad desde siempre, pero fue descubierta hasta el siglo XVIII. La existencia de estas ondas fue descubierta gracias a la naturaleza de los murciélagos estos lo usaban para atrapar a sus presas [3]. Gracias a estudios que llevan sobre los murciélagos se puede proponer el ultrasonido para ahuyentarlos.

## **OBJETIVOS**

### ***1.1.Objetivo General***

Diseñar y construir un prototipo no letal, para ahuyentar murciélagos mediante la variación de frecuencia a implementar en la misión Salesiana de Wasakentsa.

### ***1.2.Objetivo Especifico***

- Clasificar la especie de murciélagos presentes en la comunidad Salesiana de Wasakentsa, para analizar el rango de frecuencias en las que trabajará el equipo.
- Desarrollar un sistema regulable que emita un rango de frecuencias para ahuyentar a la especie endémica.
- Construir una estructura apta para las condiciones climáticas de la zona que proteja el sistema eléctrico, analizando diversos tipos de materiales.
- Realizar el análisis y comparación de datos para conocer si el prototipo genera un impacto positivo en el desplazamiento de los murciélagos.

# CAPÍTULO 1

## 1. MARCO TEORICO PROCEDIMENTAL

En este capítulo se estudiará el tipo de enfermedades que emiten los quirópteros, así como la identificación de la especie a tratar, frecuencias que emiten para su ecolocalización y su ubicación geográfica en el país, al igual tener conceptos claros de la frecuencia y todo lo que abarca la emisión de ultrasonidos.

### **1.1. Antecedentes de enfermedades**

Los animales silvestres tienen un contacto directo con la naturaleza, siendo importantes para el hábitat en la que pertenecen, muchos de estos animales son portadores de virus que se transmiten entre la misma especie. Los virus existentes en los organismos de los animales son desconocidas por científicos, o a su vez no se tiene una certeza de si hay alguna probabilidad de contagio de animales a seres humanos. Formas comunes de contraer alguna enfermedad por algún animal silvestre, es por compartir mismas ubicaciones donde residen, como por tener contacto con sus desechos [1].

Los murciélagos son importantes para la distribución de semillas, gracias a esto el hábitat donde viven sigue siendo óptimo para vivir, a su vez son los principales ahuyentadores de plagas. Esta especie junto a los roedores son portadores de muchas enfermedades, muchas de estas pueden llegarse a transmitir a los humanos, causando un problema de salud pública. Las comunidades alejadas de las civilizaciones son las primeras en tener problemas de sobre población de murciélagos, sus principales problemas con estos mamíferos voladores son: el daño en propiedades, el peligro de su mordedura, a su vez el exceso de excremento, este último puede causar enfermedades si no se tiene una limpieza adecuada [1].

### 1.1.1. Histoplasmosis

Los murciélagos han sido durante mucho tiempo portadores del hongo Zoonótico *Histoplasma Capsulatum*, este es un tipo de parasito intracelular, la mayoría de murciélagos son huéspedes de este hongo asimismo suelen ser asintomáticos [4]. Esta enfermedad es frecuente en Latinoamérica, en especial en zonas rurales como se muestra en la Figura 1, es ahí donde los murciélagos concentran su mayor cantidad de colonias, Ecuador se muestra en niveles bajos de esta enfermedad, pero no obstante puede ser un riesgo de salud por no contar con un acceso a estas zonas apartadas de la civilización

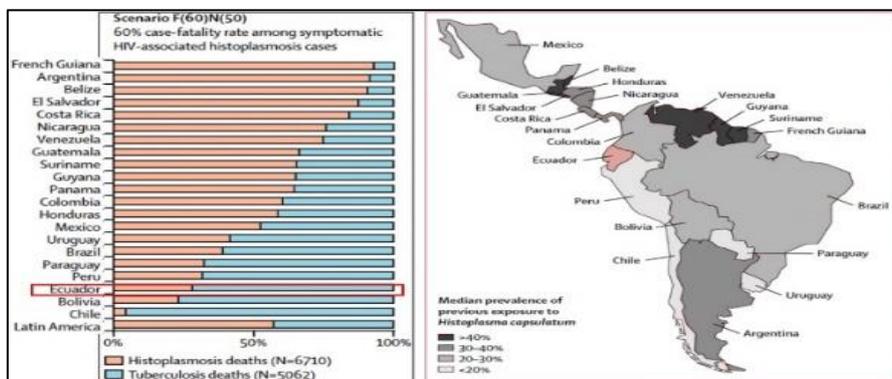


Figura 1. Tasa de infección de histoplasmosis [5].

La enfermedad de histoplasmosis, es causada por un hongo que se llega a desarrollar en los excrementos de murciélagos Figura 2, este hongo, produce esporas que llegan hacer inhaladas por las personas que tienen contacto con estos desechos. La enfermedad no es de transmisión, pero esta enfermedad afecta a los pulmones. Las personas que presentan esta enfermedad cuentan con fiebre y dificultad al respirar [6].

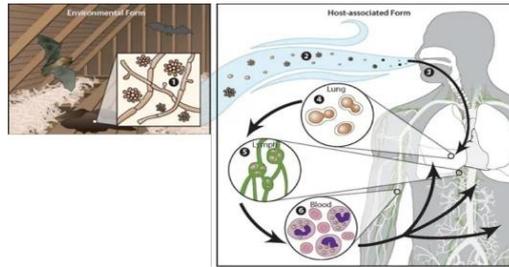


Figura 2. Histoplasmosis pulmonar [7].

### 1.1.2. Rabia

La rabia es común escucharlo que lo propagan perros y animales silvestres, el murciélago es uno de los transmisores de esta enfermedad, siendo este uno de los principales reservorios de la enfermedad, en zonas rurales de la amazonia sufren de mordeduras de estos animales causándoles problemas de salud muy graves, como a su vez una muerte a corto plazo si no se llega a tratar con el debido cuidado. La rabia que transmiten los murciélagos no solo se propaga por sus mordeduras, también se propaga por su orina y sus heces. [8]

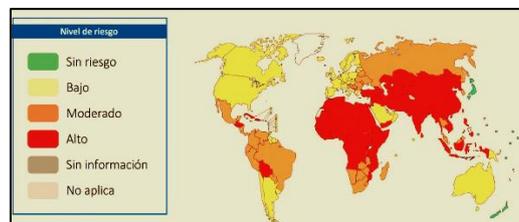


Figura 3. Clasificación de países con riesgo del virus de la rabia [9].

Esta enfermedad es la principal causante de muertes de niños y personas adultas en países de escasos recursos, la rabia cobra vidas de 60 000 personas al año, en latino América como se muestra en la Figura 3, los contagios por rabia en zonas rurales han sido numerosas, convirtiéndose en un problema de salud pública [8]. Los murciélagos

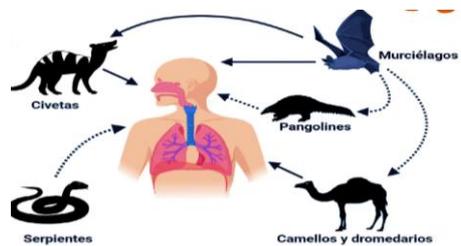
insectívoros es el mayor responsable, por su mayor número de patógenos en su organismo, aunque su medio de transmisión no es mediante mordeduras, como lo haría un murciélago hematófago, la especie de quirópteros insectívoros lo hace por sus desechos fisiológicos, es así como puede hacer la transmisión del virus de la rabia.

### ***1.1.3. Síndrome Respiratorio Agudo Grave***

En inicios del año 2018, la Organización Mundial de la Salud presento al mundo un listado de las enfermedades infecciosas que deberían ser estudiadas a prioridad. En el listado que fue presentado, consta el síndrome respiratorio agudo grave (SARS) [10].

El síndrome respiratorio agudo grave que, con ayuda del coronavirus emitidas por murciélagos, es una de las neumonías más peligrosa, este síndrome causa molestias al respirar, incluso puede provocar la muerte. Esta enfermedad tiene parentesco con el coronavirus, lo que puede significar o parecer una simple gripe común [10].

Los coronavirus tienen la capacidad de infectar al ser humano, debido a la multitud de huéspedes animales que son mamíferos y aves como se muestra en el esquema Figura 4. El SARS-CoV2 pertenece a la sub familia Orthocoronavirinae y al subgénero beta coronavirus, estando más próximo genéticamente al coronavirus de los murciélagos un estudio hecho indica que, tiene una homología del 80% con el antiguo virus SARS-CoV [10].

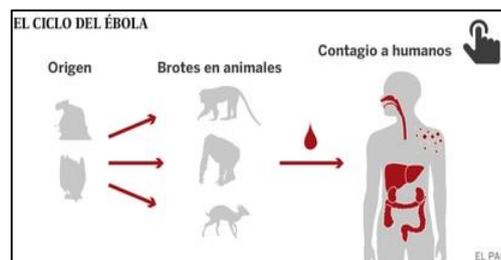


*Figura 4. Diagrama esquemático del coronavirus [11].*

La proteína S tiene una identidad del 93 % con el coronavirus de los murciélagos, con todo esto el SARS-CoV2 confirma que su origen serían los murciélagos salvajes, este tipo de coronavirus tiene una combinación genética entre la cepa del murciélago y un huésped animal intermediario, que es desconocido. [10]

#### **1.1.4. Ébola**

El virus del Ébola es una de las enfermedades más mortales según datos de la OMS, este patógeno es transmitido por los murciélagos, por estar en contacto con el excremento de dicho animal, los principales síntomas de este virus son; erupciones cutáneas, fiebre, dolor muscular y disfunción renal. El análisis de laboratorio para dar positivo en esta enfermedad, es la disminución de leucocitos y plaquetas, a su vez presenta una elevación de enzimas hepáticas [12]. Los murciélagos son una especie clave en epidemiologías Figura 5.



*Figura 5. Ciclo de transmisión del Ébola. Fuente [13].*

#### **1.2. Clasificación del murciélago existente en la comunidad de Wasakentsa**

La amazonia ecuatoriana tiene un espacio suficiente para albergar una gran serie de animales silvestres, entre aves reptiles mamíferos, como entre otras especies. Los murciélagos abarcan gran cantidad de la amazonia, ellos ayudan a mantener un ecosistema estable entre las especies, como también la polinización y control de plagas,

la mayoría de murciélagos necesitan un espacio donde asentarse como son; cuevas, ramas de árboles muy frondosos y zonas rurales donde habitan personas.

La clasificación del tipo de murciélagos que se encuentran en la comunidad amazónica es difícil de categorizar, sin embargo, existe un registro en línea, realizado por la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, donde se catalogan 35 especies de murciélagos en todo el territorio. Haciendo un análisis en la Figura 6 se presenta la especie de murciélago existente en Wasakentsa.



*Figura 6. Murciélago de wasakentsa Fuente: Autores*

Los murciélagos que se observan en la “*Biblioteca de llamadas de ecolocalización de los murciélagos del Ecuador*” [14], presenta información donde se encuentra cada especie como similitudes físicas para encontrar su tipo de ecolocalización. Los rasgos más acordes a la especie a investigar fue Myotis negro (*Myotis nigricans*) Figura 7. Este tipo de especie pertenece a la familia de Vespertilionidae [15], esta familia de murciélagos se caracteriza por ser de una longitud mediana llegando a tener una medida máxima de 105 mm.



*Figura 7. Vespertilionidae (Myotis nigricans). Fuente [16]*

El murciélago *Myotis nigricans* se pueden diferenciar de otras especies por exhibir 3 pares de premolares, estos murciélagos poseen 38 dientes en su totalidad. Pueden llegar a pesar hasta 6.3 g, además de habitar en climas, cálidos, secos y cálido húmedas.

### 1.3. *Vespertilionidae (Myotis nigricans)*.

Estos murciélagos comprenden un grupo extenso al que pertenecen de los cuales, tienen un diverso tamaño, además se encuentran en diversas partes del mundo, en Sudamérica se han reconocido un poco más de 12 especies de la familia de Vespertilionidae. El territorio ecuatoriano es albergue de varias especies de murciélagos, la familia que se estudia en este proyecto se encuentra en gran parte del Ecuador Figura 8. La zona de interés es Morona Santiago, aquí se observa una baja población de este tipo de murciélagos.

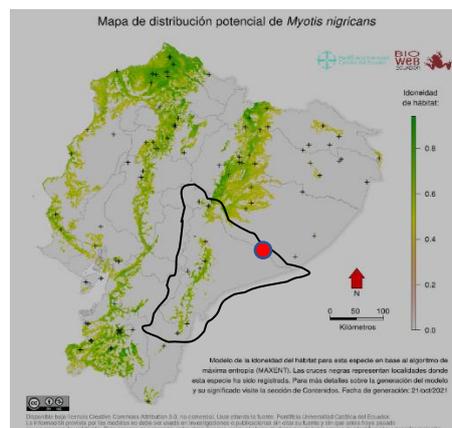


Figura 8. Distribución potencial de *Myotis nigricans*. Fuente [15].

### 1.4. Comportamiento de ecolocalización en Murciélagos

La ecolocalización en sí, es utilizada para forrajear y desplazarse en la oscuridad, los murciélagos en general utilizan ultrasonidos para poder saber el tamaño, volumen y forma del objeto, estas frecuencias ultrasónicas son emitidas en un rango de 20 kHz a 120 kHz [17]. Estas frecuencias los convierte a los murciélagos en mamíferos con un radar que

les ayuda, a distinguir estructuras donde habitar como, también identificar a otros murciélagos que llegan a compartir el mismo refugio. Los murciélagos dependiendo de su especie utilizan diferentes frecuencias, amplitudes de onda y duración de las señales acústicas ultrasónicas.

### ***1.5. Ecolocalización de Myotis Nigricans***

Los murciélagos, en su mayoría utilizan señales de ecolocalización moduladas en frecuencias menores de 40 Hz, las señales cortas de banda son utilizadas para buscar y casar insectos que vuelan cerca de los suelos, plantas o de la superficie del agua. Esta información se ha centrado en el tipo de Myotis de regiones templadas. La Myotis nigricans a diferencia de la especie tropical que emite señales de bandas cortas, Myotis nigricans tiene una modulación más superficial y su ancho de bandas es más pequeña. Existe similitudes en tamaño y emisión de frecuencia y ancho de banda con la especie de Vespertilionidae Pipistrellus Figura 9.



*Figura 9. Vespertilionidae Pipistrellus. Fuente [18].*

En datos obtenidos por la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, se puede evidenciar las frecuencias mínimas, medias y máximas de la especie Myotis nigricans (Tabla 1), con estos datos podemos saber; las señales que emiten son mayores a las

frecuencias que puede llegar a escuchar una persona, estos datos nos pueden ayudar a encontrar una alternativa de ahuyentar a estos quirópteros de la zona de Wasakentsa.

*Tabla 1.*

*Parámetros de frecuencias ultrasónicas Vespertilionidae (Myotis nigricans) [19].*

<b>Parámetro</b>	<b>Mínima</b>	<b>Media</b>	<b>Máxima</b>
<b>Duración (ms)</b>	2.54	3.41	4.11
<b>Frecuencia inicial (kHz)</b>	69.1	76.86	84.63
<b>Frecuencia máxima (kHz)</b>	36.04	76.9	84.63
<b>Frecuencia mínima (kHz)</b>	36.04	38.53	43.84
<b>Frecuencia final (kHz)</b>	36.05	38.56	43.94
<b>Ancho de banda (kHz)</b>	30.47	38.37	43.93

Los parámetros de frecuencias ultrasónicas, nos indican su bajo nivel de ecolocalización que ellos emiten, lo contrario de otras especies que, pueden emitir frecuencias mayores a los 200 kHz. Tesis y artículos existentes sobre dispositivos electrónicos para ahuyentar diferentes tipos de animales, da una certeza de la eficacia de la emisión de ondas ultrasónicas, sin dañar al ser vivo [21].

Para llegar a tener un mejor entendimiento de cada criterio que abarca el termino frecuencia ultrasónica, es necesario desglosar criterios como: Emisiones de sonido, frecuencia, elementos de onda longitud y ancho de onda. Teniendo una mejor percepción sobre estos criterios podremos abarcar lo que será ultrasonido, el fin de comprender estas terminologías nos dará un mejor entendimiento para poder implementar un dispositivo ultrasónico, además de que existen escritos que avalan la efectividad de dichos dispositivos [21].

## 1.6. Emisiones de sonido

Con frecuencia se emplea la terminología de emisión de sonido, como la generación de señales eléctricas de frecuencias audibles entre 15 Hz y 20KHz como se muestra en la Figura 10, estas frecuencias son receptadas por el oído, los sonidos viajan por un medio material como el agua, aire, entre otros. Los sonidos son percepciones para la comunicación de los seres vivos, muchos de los animales utilizan sonidos para localizar a su misma especie, a su vez para encontrar sus alimentos y un refugio donde protegerse de depredadores [20].



Figura 10. Percepción del espectro audible. Fuente [21].

El oído se encarga de percibir y traducir las ondas sinusoidales emitidas mediante los medios ya conocidos como se muestra en la Figura 11, para que sean entendidos por los seres vivos e interpretados, para reaccionar o dar una respuesta al mensaje emitido. [20]. La forma de viajar del sonido es longitudinalmente, las ondas de sonido oscilan en la dirección que se mueven. Las ondas de sonido siempre necesitaran un medio por donde propagarse, por ello se las conoce como ondas mecánicas.

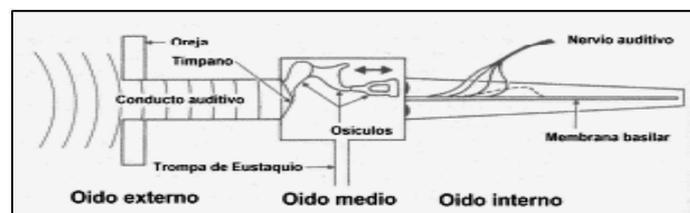


Figura 11. Captación de ondas acústicas. Fuente [21]

El sonido es la propagación de ondas mecánicas originadas por la vibración de un cuerpo a través de un medio, estas ondas pueden ser percibidas por los seres vivos. Los sonidos audibles por el oído humano tienen una frecuencia, pero existen los sonidos que solo perciben ciertas especies de animales. Se trata de ondas acústicas producidas por la oscilación de la presión del aire, que son percibidas por el oído y transmitidas al cerebro para ser interpretadas [20].

- La frecuencia de onda es igual a número de oscilaciones por segundos Hertz (Hz) el oído humano tiene la capacidad de escuchar hasta 20 kHz.
- La longitud de onda es la distancia entre las dos crestas de onda que existe entre sí.
- La amplitud de onda es la relación con el volumen que se llega a escuchar.

### ***1.6.1. Frecuencias***

La frecuencia se entiende como una repetición de algo en física del sonido, es el número de repeticiones o ciclos de una onda durante determinado tiempo, se puede definir también como la velocidad de vibración de un cuerpo. Cada sonido se mide por su frecuencia y la unidad de medición de las frecuencias, es el Hercio o el Hertz, este nombre es gracias al físico alemán Heinrich Hertz, que fue el primero en transmitir ondas de radio.

### ***1.6.2. Elementos de las ondas***

El primer elemento tenemos una distancia que se mide desde la línea de equilibrio, hasta la parte más alta de la onda, esta distancia tiene un nombre, esta distancia se llama amplitud y se mide en; centímetros, metros, nanómetros, otra distancia que se puede medir desde la línea de equilibrio a cualquier punto. El punto de la onda es la elongación

si comparamos la amplitud y la elongación, podemos concluir que la amplitud es la mayor de las erogaciones, esto quiere decir que es la máxima amplitud.

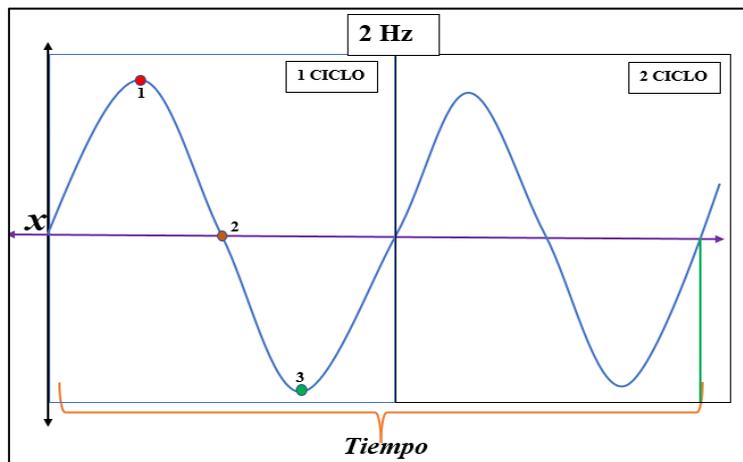


Figura 12. Grafica de ciclos por segundo. Fuente: Autores

Como se muestra en la gráfica Figura 12, se tiene una recta  $X$  que es el punto de reposo, donde inicia la onda de propagación, llegando al punto (1) más alto que se llama cresta, baja hasta pasar por el punto de reposo, a este punto (2) se lo denomina nodo. La onda sinusoidal continúa su propagación y llega hasta el punto más bajo con respecto a la posición de reposo, este punto (3) se llama valle, al regresar al punto de reposo, para dar fin al primer ciclo completo (ciclo 1). Si dos ciclos sucedieron en un segundo, se puede decir que se tiene dos Hercios. El sonido se mide por su frecuencia entre más baja sea la frecuencia o más lenta la vibración, el sonido será más grave y entre más alta la frecuencia o más rápida, la vibración del sonido será más agudo.

### 1.6.3. Longitud de Onda

La longitud de onda Figura 13 es una distancia que puede ser medida de cresta a cresta (1a), simbolizada con la letra griega lambda, pero también puede ser medida de valle a valle (3c), a su vez pueden medirse en tres nodos consecutivos (2b), también nos da una

longitud de onda, en estas longitudes se recorre un ciclo completo de la onda, puede ser de cresta a cresta de valle a valle, o toda esta secuencia que corresponde a tres nodos. La longitud de onda simbolizada por lambda y sus unidades, están dadas en metros por ciclos, es decir unidades de longitud por ciclos, centímetros por ciclo metros por ciclos, nanómetros por ciclos, es decir una longitud por ciclos.

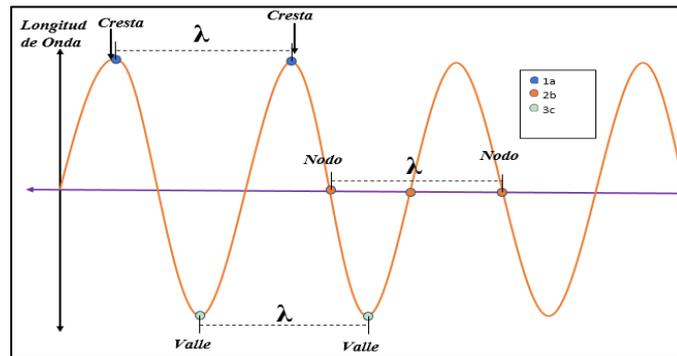


Figura 13. Longitud de onda. Fuente: Autores

#### 1.6.4. Ancho de banda

El ancho de banda es un rango de frecuencias que representa la manera en la que puede variar una señal. Si se tiene una señal que no tiene una frecuencia fija más bien una frecuencia sinusoidal o sea una señal sinusoidal, que va desde un valor hasta otro es decir frecuencia variable. Observando la Figura 14 tiene frecuencia de 30 Hz hasta 20 kHz, esta frecuencia tendrá un ancho de banda de 19970 Hz.

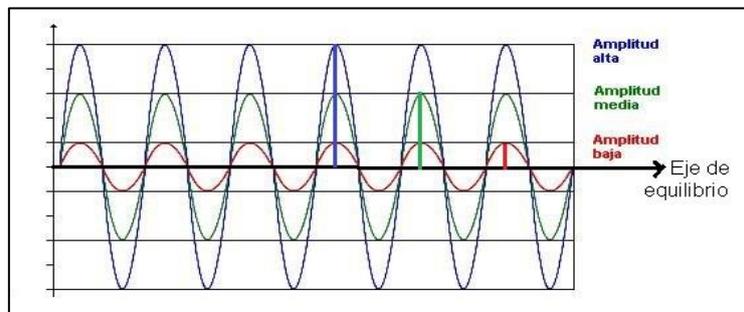


Figura 14. Amplitud de onda. Fuente: [22]

Cuando hablamos de ancho de banda corresponde a la distribución de contenido a lo largo de la frecuencia, esta señal contiene la cantidad de información por unidad de tiempo que envía en cada momento [23]. Una amplitud de banda que rebase el espectro audible se considera Ultrasonido, muchos de los animales tienden a escuchar hasta los 55 kHz como es el caso de los caballos. El tipo de murciélago que debemos ahuyentar tiene un mínimo de emisión de frecuencia de 41.54 kHz.

### 1.7. Ultrasonidos

Las frecuencias ultrasónicas son definidas por la serie de ondas mecánicas, que son originadas por la generación de vibraciones de un cuerpo elástico, esta frecuencia supera el sonido audible que son 20 000 ciclos por segundo, los rangos de los ultrasonidos se encuentran entre 1 y 30 MHz Figura 15. Las frecuencias son inversamente proporcionales a las longitudes de ondas, las frecuencias altas tienden hacer longitudes de ondas cortas [22].



Figura 15. Espectro de vibraciones ultrasónicas. Fuente: [22]

### 1.8. Transductor

Este dispositivo es capaz de transformar o convertir la energía eléctrica en ondas sonoras. La energía ultrasónica, es generada en el transductor que contiene cristales piezoeléctricos, tienen la capacidad de convertir la energía en sonido y el sonido en energía eléctrica es por ello que actúa como emisor y receptor de ultrasonidos. Los

transductores piezoeléctricos aprovechan la conversión eléctrica para generar desplazamientos que se llegan a transmitir en el medio que se rodea [24].

### **1.9. Dispositivos semejantes**

#### **1.9.1. Ahuyentador de aves por medio de recursos sonoros y visuales**

Este dispositivo realizado por la Pontificia Universidad Católica del Perú, dispuso de un estudio de tesis para solventar un problema en campos de cultivos de uvas, para consumo doméstico como para la fabricación de vino y de pisco. Las cosechas fueron afectadas por aves, al momento que las aves llegan a ser un problema en los campos de uvas, estos llegan a ser considerados una plaga, por el motivo que llegan a perjudicar propiedades, los bienes como la salud de los habitantes [25].

Para este dispositivo hicieron un estudio de dispositivos de alta fidelidad (HF) y baja fidelidad (LF), que son emitidos por equipos de reproducción de cintas magnéticas, haciendo caso a un informe de investigación científica sobre este tipo de equipos donde hacen la comparación de HF y LF se pudo concluir que es mejor el HF (Tabla 2) por un mínimo porcentaje de efectividad sobre LF [25].

*Tabla 2. Equipos de audio usados en los experimentos europeos [25]*

<b>ALTA FIDELIDAD (HF)</b>	<b>BAJA FIDELIDAD (LF)</b>
<b>Velocidad de cinta: 9.5 cm/seg</b>	Velocidad de cinta: 9.5 cm/seg
<b>Rpta de Frecuencia: 20 - 15000Hz +/- 2 dB</b>	Rpta de Frecuencia: 200 - 13000Hz +/- 5 dB
<b>Amplificador de 15W</b>	Amplificador de 30W
<b>Bocinas con respuesta de frecuencia de 800-11000 Hz, +/- 4dB</b>	Bocinas con respuesta de frecuencia de 500- 5000 Hz, +/- 5dB
<b>Alimentación: 48 VDC</b>	Alimentación: 12 VDC

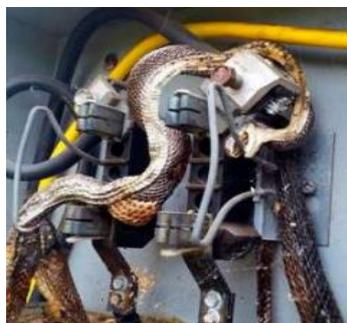
Para la construcción de este equipo se ocupó bocinas, donde se reproducía sonidos como pitidos, sonidos de águilas, guturales, entre otros que oscilaban entre los 15KHz. [25] Teniendo una efectividad ya que evitara que las aves se acostumbren a los dispositivos gracias a su programación Figura 16.



*Figura 16. Ahuyentador de aves. Fuente: [25]*

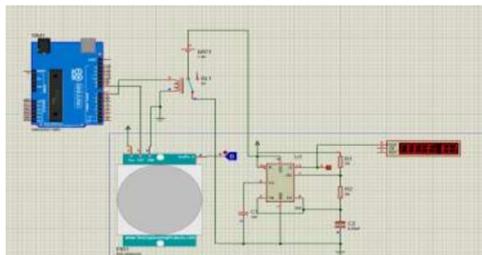
### ***1.9.2. Sistema automatizado por ultrasonido para subestaciones eléctricas***

Este dispositivo fue propuesto por la Universidad católica de Santiago de Guayaquil, el problema surgió en sub estaciones eléctricas donde se encuentran equipos de potencia y control, que son sumamente delicados y de un alto costo, es por ello que están bajo constante observación y mantenimientos [26]. Estas subestaciones se encuentran en zonas al aire libre, esto conlleva a tener problemas con la fauna de la región, siendo estos causantes de apagones y corte del suministro eléctrico como se muestra en la Figura 17.



*Figura 17. Reptil en tablero eléctrico. Fuente: [27]*

El método para ahuyentar a la fauna de la zona es mediante ultrasonido, que se dará gracias a componentes generadores de frecuencia como lo son AD9833 y NE555, la opción que fue elegida para la generación de frecuencias fue AD9833 ya que permite la configuración del tipo de onda ya sea sinusoidal, cuadrática o triangular, también permite rangos de frecuencia de hasta 12 MHz [26]. Este dispositivo cuenta con un microcontrolador, un sistema de carga mediante batería y un speaker Figura 18.



*Figura 18. Circuito generador de frecuencias. Fuente: [26]*

El resultado de este dispositivo fue que, la fauna no tuvo una adaptabilidad a las frecuencias emitidas, teniendo una gran efectividad al momento de ahuyentar a la mayoría de los roedores, reptiles, aves, entre otros.

### ***1.9.3. Diseño y construcción de un sistema eléctrico para la repulsión de una especie de polilla***

Un artículo publicado en la Revista científica de Colombia, propuso una solución a un problema de plaga producida por la especie de polilla Lepidóptera: Noctuidae, esta plaga es muy común en cultivos de flores de exportación, las mismas llegan a depositar sus huevos en las flores (Figura 19), sin embargo, se decidió aplicar productos químicos y biológicos para erradicar el problema. Estos métodos requerían un costo elevado, además de generar daños al medio ambiente [28].

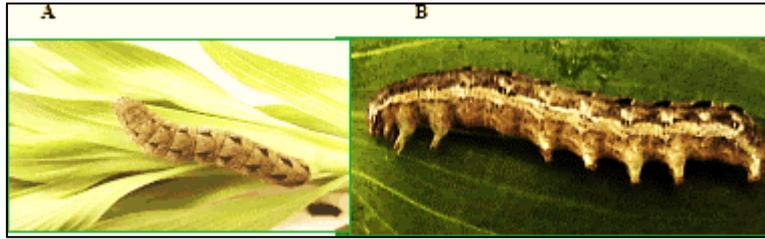


Figura 19. A larva de polilla, B máximo desarrollo de una larva. Fuente: [29]

La Universidad Nacional de Colombia, dispuso de una investigación sobre la ecolocalización de los murciélagos insectívoros, los cuales emiten frecuencias sonoras altas, que pueden ser detectadas por las polillas, y llegar a sentirse en un ámbito hostil. El dispositivo (Figura 20) a emplear fue de emisiones ultrasónicas, por medio de un micro controlador se generaron las señales de onda. La señal que fue emitida se conformó por un tren de pulsos cuadrados compuestos con dos frecuencias de 26k y 47 kHz [28].

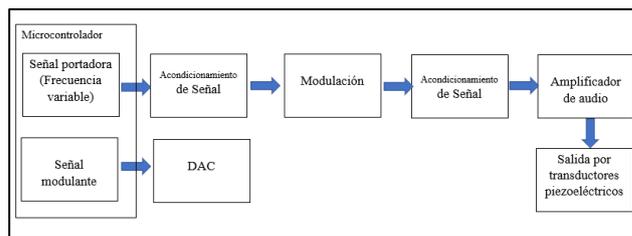


Figura 20. Diagrama de bloques sobre el funcionamiento del dispositivo. Fuente: [28]

El resultado obtenido de este sistema audible fueron los esperados, se evidencio vuelos erráticos y bloqueo de los músculos alares al momento de que la especie fue expuesta a las señales emitidas.

#### 1.9.4. Construcción de un ahuyentador electrónico ultrasónico para murciélagos

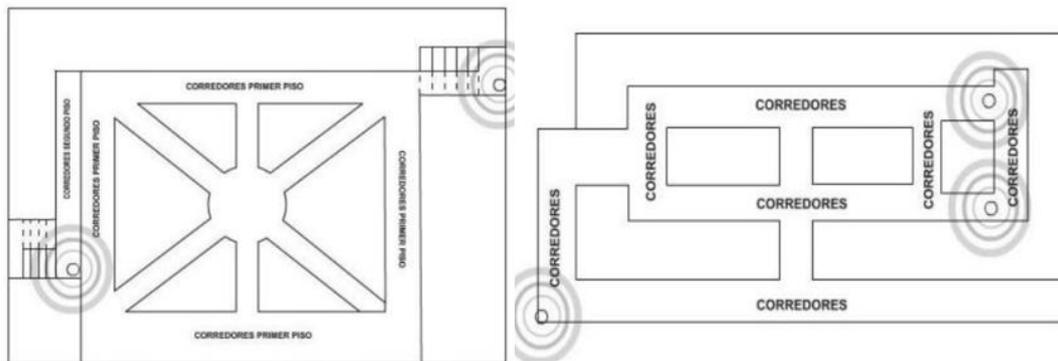
Este último dispositivo propuesto por la Universidad Francisco de Paula Santander pretende erradicar una colonia de murciélagos que se acentuó en las instalaciones de dicha universidad, por motivos de daño en la infraestructura como se muestra en la Figura 21.

El dispositivo aisló de manera satisfactoria a este ejemplar de murciélagos frugívoros [30].



*Figura 21. Instalaciones de la universidad: Fuente: [30]*

El estudio que se llevó a cabo recopiló datos de las frecuencias que emiten los quirópteros que van desde: 30 kHz y 58kHz, con duraciones de 2.5 milisegundos, el circuito contó con transductores piezoeléctricos, ya que estos emiten frecuencias inaudibles para el ser humano, fueron implementados 5 dispositivos como se muestra en la Figura 22 que emiten 32 kHz hasta 64 kHz [30].



*Figura 22. Ubicación de los dispositivos. Fuente: [30]*

Los dispositivos dieron un efecto positivo, pero teniendo en cuenta que su aislamiento es de manera progresiva y no de manera directa ya que, al estar en funcionamiento dicho

dispositivo tomara un tiempo para que los murciélagos reacciones a las frecuencias. Este dispositivo busco provocar alteraciones en su sistema nervioso, las ondas de sonido en un medio vacío producen excitación en las partículas, esta excitación provoca alteraciones de presión, y estas alteraciones afectarían al tejido auditivo de los murciélagos, induciendo malestares e incomodidades [30].

## CAPÍTULO 2

### 2. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

En este capítulo se desarrollará el análisis de alternativas, además de los diferentes tipos de diseños, así como el sistema que realizará el control electrónico, para emitir el sistema ahuyentador.

#### 2.1. Sistema Ahuyentador

Las necesidades a considerar para el análisis de alternativas son: costo de componentes como de construcción, facilidad al momento de usarlo, así como la estructura que se implementara para cuidar el circuito de las temperaturas altas y húmedas de la zona.

##### 2.1.1. Alternativa 1 (Sistema Ahuyentador)

Esta opción pretende emitir uso de luz, en cada cabaña que exista oscuridad, mediante la ayuda de una luz estroboscópica; de esta manera las luces llegan a tener un impacto en lugares donde no llega ni una ráfaga de sol.



*Figura 23. Reflector LED*

**Ventajas:** La emisión de ráfagas de luz en cada cabaña tiende hacer molesto para los murciélagos, por el mismo hecho que son mamíferos nocturnos, esto conlleva a una molestia visual a los quirópteros. Las ráfagas de luz o luces estroboscópicas, llegan a

aturdir la visión de los murciélagos, convirtiendo el lugar de refugio en una zona de estrés, para la especie.

**Desventajas:** Cada cabaña de la zona necesitaría por lo menos, implementar 4 prototipos para alcanzar el éxito del dispositivo, esto conllevaría un gasto mayor, además de que se tiene que tener en cuenta que la zona donde se alberga a la especie no es visible para el ser humano, debido al tipo de techo donde se encuentran.

### **2.1.2. Alternativa 2 (Sistema Ahuyentador)**

Esta opción pretende hacer ahorro de componentes electrónicos, además de ser un dispositivo más simple que la primera opción.



*Figura 24. Dispositivo de frecuencias mediante parlantes.*

**Ventajas:** Un sistema de implementación sencilla, además de una manipulación muy fácil tanto para el usuario como para el creador. Emitirá frecuencias ultrasónicas por un circuito electrónico simple.

**Desventajas:** Los componentes de este prototipo no se asegura de que la emisión de frecuencias ultrasónicas sean las establecidas, además de que el circuito eléctrico no conlleva un sistema de control dado por un sistema embebido.

### 2.1.3. Alternativa 3 (Sistema Ahuyentador)

Los transductores piezoeléctricos como se muestran en la Figura 25 son comunes de encontrar en sensores, estos tienden a emitir frecuencias ultrasónicas para saber la distancia de un objeto, sus ventajas y desventajas son:



Figura 25. Dispositivo de frecuencias mediante transductores.

**Ventajas:** la eficacia al momento de que el murciélago llegue a tener un estrés audible es considerable, ya que existe un artículo sobre repeler una especie de murciélagos mediante frecuencias ultrasónicas emitidas por transductores.

**Desventajas:** estos transductores tienen un nivel máximo de emisión lo cual no nos permite emitir frecuencias más altas de los 45kHz.

### 2.1.4. Alternativa 4 (Sistema Ahuyentador)

Las frecuencias de radio se encuentran al alcance de la población, estas son emitidas por las antenas que se llegan a ser instaladas para las emisiones de radio.



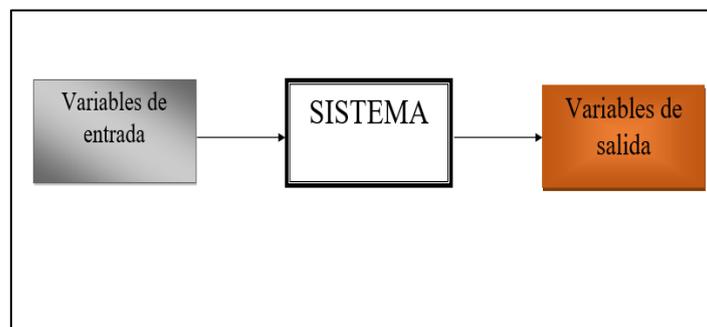
Figura 26. Radiofrecuencias.

**Ventajas:** Emitir frecuencias mediante Radiofrecuencia abarcaría toda la zona con problema de murciélagos.

**Desventajas:** El conocimiento de antenas de radio con lleva a telecomunicaciones, lo cual sería un estudio más grande, lo que conllevaría a un sistema más complejo.

## 2.2. Control electrónico del sistema ahuyentador

El control del prototipo debe tener una frecuencia regulable y programada para la emisión ultrasónica.



*Figura 27. Esquema de sistema de control. Fuente: Autores*

Los sistemas de control tienden hacer analógicos como digitales, son caracterizados por influir en un sistema para su funcionamiento estos sistemas cuentan con una serie de elementos. La finalidad de un sistema de control es conseguir, mediante la manipulación de las variables de control, un dominio sobre las variables de salida, de modo que estas alcancen los valores deseados como se muestra en la Figura 27.

### 2.2.1. Alternativa 1 (Sistema de control)

Los circuitos analógicos nos ayudan a optimizar costos como se ve en la Figura 28, sin embargo, tienden a ser poco precisos cuando necesitamos obtener nuestra variable de salida.

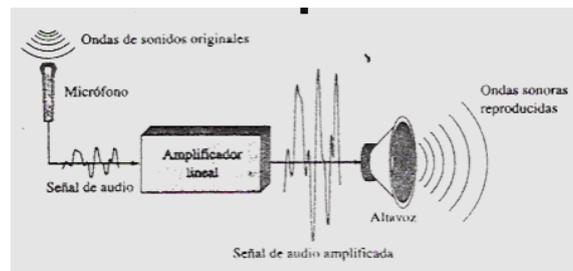


Figura 28. Control analógico.

Estos sistemas son usados por empresas para ahuyentadores de roedores, estas frecuencias no se pueden modificar.

### 2.2.2. Alternativa 2 (Sistema de control)

Los sistemas de control digital obtienen una precisión, gracias al uso de microcontroladores que nos ayudan hacer control de las variables de entrada, y obteniendo las variables deseadas al momento de implementarlo.

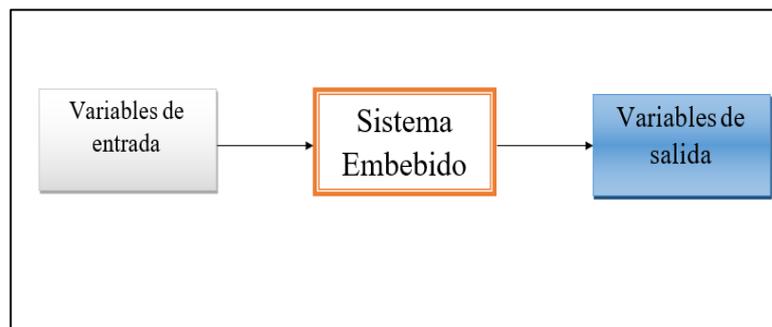


Figura 29. Sistema de control digital de ahuyentador. Fuente: Autores

Este circuito es el que ayudara a obtener las frecuencias ultrasónicas, gracias a la programación que se implementara, además de poder ser regulable la frecuencia de salida.

### **2.3. Identificación de necesidades**

Se debe identificar las necesidades para realizar el prototipo ahuyentador como, el material a ocupar para la protección del circuito, hasta la forma de alimentación del circuito, todo acorde a las necesidades de la Comunidad de Wasakentsa.

*Tabla 3. Identificación de necesidades. Autores*

<b>NECESIDADES</b>	<b>INTERPRETACION</b>
Que soporte temperaturas cálido-húmedas	Material que mantenga una temperatura estable en el circuito
Alta duración de batería	Batería de duración, que alimente al circuito
Que tenga bajo costo	pocos componentes electrónicos
Que no cause molestias a las personas	Considerar frecuencias que puedan causar un estrés a la persona
Que sea de fácil operación y mantenimiento	Componentes fáciles de cambiar
Que sea de carga fácil	considerar los puertos de cargas a utilizar
Disminución de daños en las cabañas	Ahuyentar los murciélagos de las cabañas

#### **2.3.1. Importancia de necesidades**

Mediante una calificación se proporcionará el grado de importancia de las necesidades planteadas por el diacono Vladimir García.

*Tabla 4. Importancia Necesidades*

<b>Necesidad de mayor importancia</b>	<b>Necesidad de menor importancia</b>
1	8

*Tabla 5. Grado de importancia. Autores*

<b>NECESIDADES</b>	<b>Grado de importancia</b>
<b>Que soporte temperaturas cálidas</b>	1
<b>Alta duración de batería</b>	2
<b>Disminución de daños en las cabañas</b>	3
<b>Que sea de carga fácil</b>	4
<b>Que tenga bajo costo</b>	5
<b>Que no cause molestias a las personas</b>	6
<b>Que sea de fácil operación y mantenimiento</b>	7
<b>Agradable a la vista</b>	8

### **2.3.2. Importancias Relativas de necesidades**

Mediante a las necesidades expuestas por el Diacono Vladimir García, además de diferentes padres que viven en la comunidad, se hizo una encuesta a las personas de la comunidad.

Tabla 6. Tabla de puntuación de necesidades relativas.

<b>Puntaje bajo</b>	<b>Puntaje alto</b>
1	5

Tabla 7. Necesidades para las personas y su importancia. Autores

NECESIDADES DE LAS PERSONAS	Encuestados				
	1	2	3	4	5
Que soporte temperaturas cálidas	4	5	5	4	4
Alta duración de batería	5	4	3	4	5
Disminución de daños en las cabañas	5	4	5	5	5
Que sea de carga fácil	4	3	3	4	3
Que tenga bajo costo	3	4	5	4	5
Que no cause molestias a las personas	4	3	4	5	5
Que sea de fácil operación y mantenimiento	2	1	2	3	4
Agradable a la vista	1	1	1	2	2

Según el análisis del grado de importancia de las necesidades y su interpretación, se deduce que las necesidades propuestas son relevantes para el diseño del prototipo ahuyentador de murciélagos destinado para la comunidad de wasakentsa, tanto el costo como el prototipado y la emisión de frecuencias, son procesos que aún están por mejorar por empresas que desarrollan esta especie de equipos, para el análisis de diseño se tiene:

### 2.3.3. Módulos para el Diseño del prototipo

En los distintos modulo visualizaremos las opciones para la construcción del prototipo.

*Tabla 8. Módulos para el diseño del prototipo. Autores*

Módulo	Característica	Función
1	Construcción	Determinar el material a utilizar
2	Microcontrolador	Qué tipo de sistema embebido se usará para el control del dispositivo
3	Sistema ahuyentador	Que opción para ahuyentar a los murciélagos se empleara
4	Frecuencias	Qué tipo de modulo generara ondas de frecuencia

### 2.3.4. Módulo de Construcción

En los diferentes tipos de materiales se mostrará las mejores opciones para el recubrimiento del circuito.

*Tabla 9. Modulo 1 (Construcción). Autores*

Opciones	Apariencia	Costo	Orden de selección
PLA	Buena	Económico	1
Poliamida 6 (Nylon)	Muy buena	Alto Costo	3
Resina	Muy Buena	Medio	2
MDF	Buena	Económico	4

### 2.3.5. Módulo 2 (Microcontrolador)

Teniendo en cuenta los diferentes tipos de microcontroladores, elegiremos el adecuado para la programación de frecuencias, destinado al prototipo ahuyentador de murciélagos.

*Tabla 10. Modulo 2 (Microcontrolador). Autores.*

Opciones	Apariencia	Costo	Orden de Selección
<b>Stm 32 Núcleo</b>	Buena	Alto Costo	3
<b>Arduino UNO</b>	Buena	Medio	1
<b>Arduino NANO</b>	Muy buena	Económico	2

**2.3.6. Modulo 3 (Sistema Ahuyentador)**

Se realizará una selección de opciones para ahuyentar a los murciélagos, relacionado tanto con la visión y oído del murciélago.

*Tabla 11. Modulo 3 (Sistema Ahuyentador). Autores*

Opciones	Apariencia	Costo	Orden de Selección
<b>Luces estroboscópicas</b>	Buena	Alto Costo	2
<b>Transductor piezoeléctrico</b>	Muy Buena	Económico	1
<b>Radio frecuencias</b>	Buena	Alto costo	3

- Con base a los módulos de análisis se utilizará la poliamida 6 o conocido como grilon o nylon, debido a sus propiedades lo convierten en uno de los plásticos más utilizados en el mundo debido a su alta resistencia a la tracción y módulo de elasticidad. El nylon exhibe una alta resistencia al impacto, una alta temperatura de distorsión por calor, además de resistir el desgaste, la vibración y la abrasión.
- Para emplear el sistema de control se utilizará un Arduino NANO, por su facilidad de programación además de tener un bajo costo.

- El sistema ahuyentador será emitido por medio ondas ultrasónicas emitidas por transductores piezoeléctricos, debido que existen artículos donde dan razón de la efectividad al usar transductores piezoeléctricos.

#### **2.4. Análisis de materiales**

Para la construcción de la estructura del prototipo se utilizará un tipo de polímero, bajo el criterio de evaluación y su disponibilidad en el país. En la estructura será en forma de cubo con orificios en los lados donde se encontrarán los transductores.

##### **2.4.1 Poliamida 6**

Las propiedades que tiene la poliamida son: resistentes, flexibilidad, resistencia al desgaste, excelente aislante térmico, como se muestra en la Tabla 12, además apto para climas cálidos.

*Tabla 12. Propiedades de la poliamida 6*

MATERIAL	DENSIDAD gr/cm <sup>3</sup>	PUNTO FUSION °C	TEMP. MAXIMA UTIL. CONT. °C	TEMP. MINIMA UTIL. CONT. °C	ALARG. A ROTURA %	ABSORCION AGUA 100% Hr 23 %
<b>POLIAMIDA PA - 6 G</b>	1,15	220	105	-40	25	6,5

#### **2.5. Sistema de control**

## 2.6.Arduino NANO

Arduino Nano Figura 30, es una placa compacta similar a la UNO. El Arduino Nano es un tablero pequeño, completo y basado en el ATmega328 (Arduino Nano 3x). Tiene más o menos la misma funcionalidad del Arduino Duemilanove, pero en un paquete diferente [31].



Figura 30. Arduino nano [31].

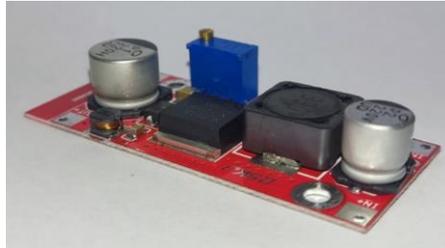
La placa contiene las siguientes especificaciones:

Tabla 13. Especificaciones Arduino Nano [31]

<b>Especificaciones:</b>	
<b>Microcontrolador</b>	Atmel ATmega168 o ATmega328
<b>Tensión de funcionamiento (nivel lógico)</b>	5 voltios
<b>Voltaje de entrada (recomendado)</b>	7-12 V
<b>Voltaje de entrada (límites)</b>	6-20 V
<b>Pines de I/O digitales</b>	14 (de los cuales 6 proporcionan salida PWM)
<b>Pines de entrada analógica</b>	8
<b>Corriente DC por pin de I/O</b>	40mA
<b>SRAM de memoria flash</b>	16 KB (ATmega168) o 32 KB (ATmega328) de los cuales 2 KB utilizados por el gestor de arranque
<b>EEPROM</b>	1 KB (ATmega168) o 2 KB (ATmega328) 512 bytes (ATmega168) o 1 KB (ATmega328)
<b>Velocidad de reloj</b>	16 MHz
<b>Dimensiones</b>	18 45 mm

## **2.7. Modulo convertidor de potencia LM2577**

Convierte el voltaje de entrada a un voltaje más alto, a su vez reduce la corriente, este módulo es ajustable y capaz de generar un voltaje en un rango de 5-56 V.



*Figura 31. Modulo convertidos de potencia. Fuente: Autores*

## **2.8. Transductor piezoeléctrico**

Estos sistemas trabajan con ondas ultrasónicas, que son ondas que trabajan por encima de los 20 KHz. Estos tipos de transductores convierten la energía eléctrica en sonido, luego de recibir el eco, los piezoeléctricos al ser sometidos a tensiones mecánicas, en su masa se adquiere una polarización eléctrica y aparece una diferencia de potencial y cargas eléctricas en su superficie [32].



*Figura 32. Transductores piezoeléctricos [32]*

## CAPÍTULO 3

### 3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

El objetivo de este capítulo es realizar el diseño y construcción del dispositivo, además de que deberá de contar con los parámetros para el correcto funcionamiento del dispositivo. El diseño eléctrico lo asemejaremos con el principio del levitador acústico.

#### 3.1. Principio de levitador acústico

El prototipo a diseñar se basa en un circuito que emplea un levitador acústico, ajustando componentes para adecuar las necesidades que se plantea. Un levitador acústico ocupa el principio de la generación de ondas estacionarias [33]. Este circuito emplea un módulo de control para motores L298N, este módulo es usado para la amplificar las frecuencias que llega hacer emitida por transductores, que son programados para emitir frecuencias estables mediante la placa de Arduino.

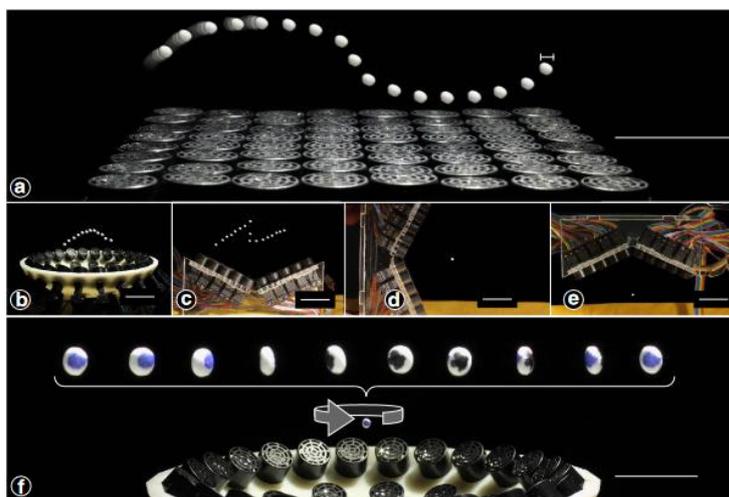


Figura 33. Levitador acústico [34].

Este dispositivo llega a mantener partículas en levitación mediante los nodos que se crean entre las ondas estacionarias. Los transductores ocupados en este circuito llegan a emitir

una frecuencia de 40 KHz. Esta frecuencia es el punto de partida para la construcción del dispositivo ahuyentador.

### ***3.2. Diseño electrónico***

Para el diseño electrónico se emplea el software Proteus, este software permite desarrollar esquemas eléctricos del dispositivo, además de construir una placa impresa, y simulación de todo el conjunto diseñado. Para la programación utilizaremos el software Arduino IDE.

#### ***3.2.1. Desarrollo del sistema eléctrico***

### ***3.3. Simulación y Circuito electrónico del prototipo realizado en Proteus***

Proteus abarca cantidades enormes de librerías como elementos, módulos, entre otros componentes electrónicos. La mayoría de los elementos existentes en este programa permite realizar esquemáticos de circuitos y simularlos para la obtención de datos, diseño PCB para crear placas electrónicas, sin embargo, cuando no existen la simulación o paquetes PCB de elementos en conciso, se puede googlear y encontrar en repositorios web las librerías de estos componentes creados por otras personas (independientes a Proteus).

El circuito original se obtuvo de [35] y en la Figura 34 se observa a dicho esquema. Este circuito de ejemplo se procedió a replicarlo en Tinker Cad y Proteus, se realizaron mejoras de hardware con modulo I2C para reducir la cantidad de cables que transmiten datos a la pantalla al LCD.

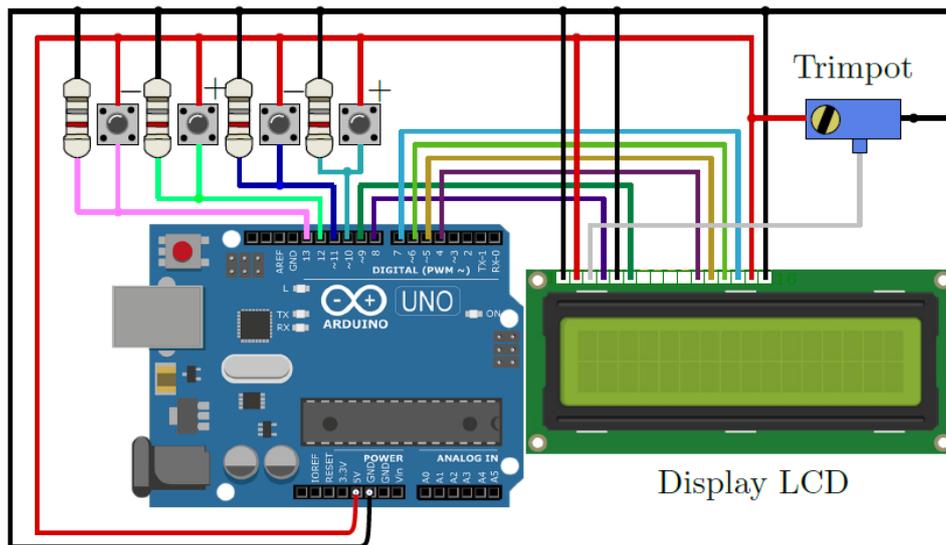


Figura 34. Circuito Base para realizar las simulaciones y pruebas del prototipo [35].

### 3.3.1. Esquema electrónico

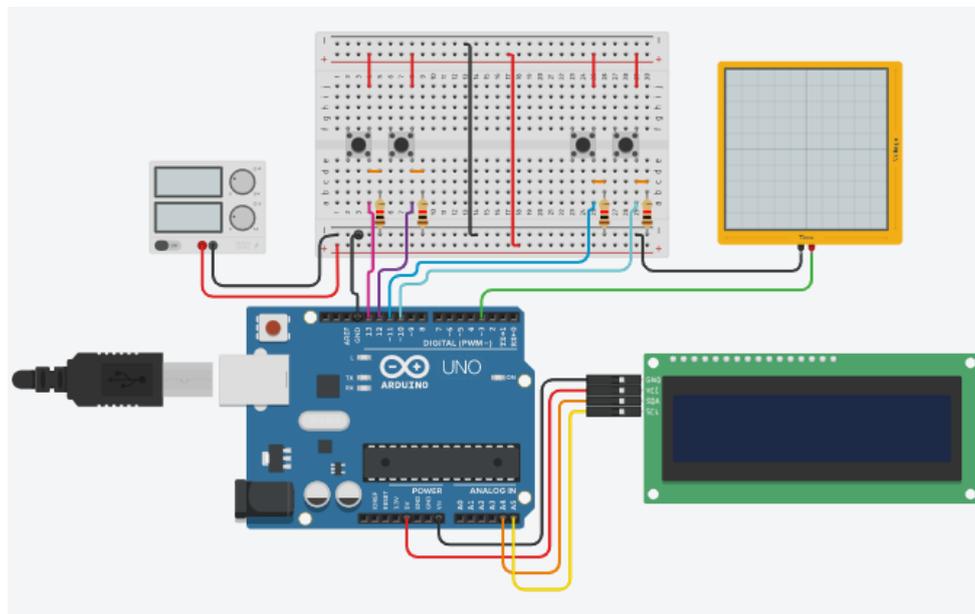
Es una ventana de Proteus que contiene herramientas y que forman el esquemático de circuitos electrónicos. En la Tabla 16 se observará los elementos ocupados para realizar el prototipo variador de frecuencias y se encontró con las siguientes observaciones cuando los elementos son buscados o simulados en este programa:

- Los elementos de necesidad, son buscados y permiten que el motor de búsqueda genere una lista larga de elementos y se pueden ocupar dispositivos genéricos o específicos para realizar el prototipo.
- Librerías de Arduino son inexistentes en el software de Proteus por defecto, así que, se debe agregar desde alguna fuente los archivos de los módulos que Arduino ofrece y pueden ser simulados.
- Cuando no existen las librerías de paquetes y componentes en repositorios web, el usuario está obligado a crearlas.

Si el usuario crea sus propios componentes y no tiene una hoja de datos en Excel que permitan la simulación de acciones, estos elementos deben estar excluidos necesariamente de la simulación para evitar errores, estos datos se detallan de mejor manera en el ANEXO C Exclusión de elementos de la simulación para pruebas del prototipo.

### ***3.3.1.2. Mejoras en el circuito para simular***

En la Figura 35 se muestra las conexiones y mejoras con base en la Figura 34 para realizar el prototipo y simularlo.



*Figura 35. Circuito Mejorado para realizar las simulaciones y pruebas del prototipo.*

*Fuente: Autores.*

### ***3.3.1.3. Proceso para realizar el esquema electrónico en Proteus***

Con las mejoras visualizadas en el Figura 35 se procede a buscar cada componente. El osciloscopio y la fuente de energía se encuentra en el ítem de herramientas. El módulo I2C no existe en las librerías de Proteus o fuentes de internet que permitan la simulación.

Los transductores para ultrasonido no son elementos comerciales y no existen en componentes para la simulación.

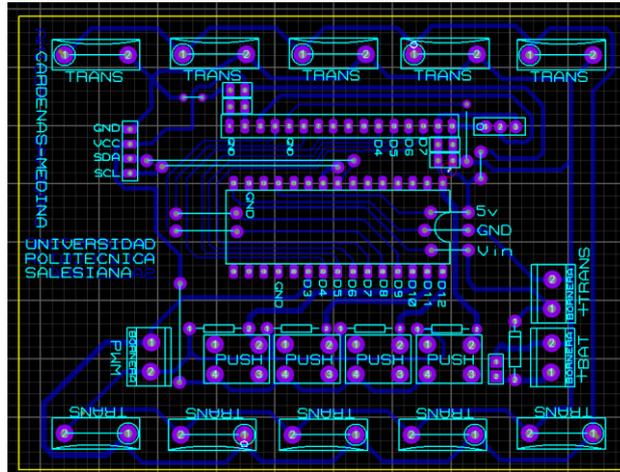
Para realizar pruebas de simulación del transductor de ultrasonido, se consideró reemplazar por speakers, sin embargo, su simbología confundiría a las personas que quisieran replicar el circuito, haciéndoles pensar que, si se trata de speakers o parlantes, por lo tanto, se procedió a construir un transductor de ultrasonido por simbología sin simulación, estos detalles se explican de mejor manera en el ANEXO C construcción de elementos esquemáticos y PCB.

El módulo I2C existe en librerías de Arduino para Proteus, pero son versiones pagadas, así que, la pantalla LCD se conectó directamente como se muestra en la Figura 34 para realizar las simulaciones y pruebas.

Para las conexiones en Proteus en lugar de conectar cables en los pines de los elementos, se colocó terminales de entrada, salida, GND y fuentes de poder. Estos cambios mejoraron la presentación y se aprovechó el ambiente profesional de Proteus para realizar el plano. En el ANEXO C agregó el plano electrónico correspondiente a la Figura para elaborar las simulaciones de pruebas.

### **3.3.2. *Diseño PCB***

Es una ventana de Proteus donde se crea las placas electrónicas. Cuando se ha creado el esquemático y se da clic a la ventana de diseño PCB, automáticamente en el área de trabajo se colocan cuadrados rectángulos de color celeste y de color rosa que pertenecen a los elementos contruidos o simulados, para mayor entendimiento, en la Figura 36 a estos elementos y se detallan de mejor manera en el ANEXO C.



*Figura 36. Ventana de diseño PCB. Autores.*

Los puntos rosas es el área de cobre a perforar para que los pines de los elementos entren y sean soldados, también, representan la distancia en milímetros entre pines, mientras que, las figuras de color celeste no son precisamente el símbolo esquemático de los elementos, pero, representan la forma abstracta de su colocación.

### **3.3.2.1. Proceso para realizar el diseño PCB en Proteus**

Si la opción de vectores para Gerber está activa y se da clic en pistas automáticas, el programa asume las conexiones entre componentes y crea caminos para transportar señales eléctricas. En la Tabla 14 se muestra ventajas y desventajas de la opción Gerber.

*Tabla 14. Ventajas y desventajas de la opción Gerber para crear pistas automáticamente. Autores*

Ventajas	Desventajas
Si la ventana de esquema electrónico se realiza las conexiones de manera correcta, el software evalúa que estas conexiones no emiten errores para crear pistas automáticamente, las cuales conectarán a los dispositivos de la misma forma que fueron conectados en la simulación. Esta	Si hay elementos sin paquetes PCB el programa no permite conectar a estos elementos de manera manual, con ello, se deber realizar otro circuito electrónico sin considerar a dichos elementos, elevando el tiempo de diseño

técnica reduce el tiempo de creación y el error al trazar pistas manualmente.

---

Cuando el usuario cree sus propios elementos e indique al programa que el esquemático tiene un paquete PCB, el programa podrá trazar las pistas en estos elementos sin generar problemas	Si el usuario olvida desactivar vectores para Gerber y necesita hacer una modificación que no se encuentra declarada en la venta esquema electrónico, siempre estarán unas flechas en el área de trabajo indicado que solo existe una manera de conectar y no se permiten otros cambios.
--	--

---

Cuando la placa en el diseño PCB culminó con todas sus conexiones, se procedió a realizar el cálculo del ancho de pista para evitar problemas como ruidos, sobrecalentamiento en otros factores que reduzcan el tiempo de vida útil de los componentes electrónicos, en el ANEXO C diseño PCB para elaborar placas electrónicas se adjunta el proceso de elaboración de la placa para el prototipo.

### ***3.3.2.2. Cálculos del ancho de pista***

Las pistas son conductores normalmente de cobre y fluye por ellas señales eléctricas, El sobredimensionamiento de las mismas gasta recursos y provoca un sin número de errores, por eso, con las siguientes ecuaciones se reducen estos problemas y se aumenta la eficacia en los rangos de operación para la ecuación del ancho de la pista ocupamos la Ecuación 1 [36].

$$Ancho = \frac{\text{Área}}{\text{Grosor} * 1.378} \quad (1)$$

Para el cálculo del área de la pista ocuparemos la Ecuación 2.

$$\text{Área} = \left( \frac{I}{k_1 * \Delta T^{k_2}} \right)^{\frac{1}{k_3}} \quad (2)$$

**Donde:**

- $I$  = Corriente Máxima.
- $\Delta T$  = temperatura máxima – temperatura ambiente.
- $k_1, k_2, k_3$  = Constantes para el cálculo, estos valores dependen de la capa.  
trabajada como se muestra en la Tabla 15 y Tabla 16.

*Tabla 15. Valores de las constantes  $k_1, k_2, k_3$  cuando se trabaja en capas superiores o inferiores. Autores.*

Capas superior e inferior	
$k_1$	0.0647
$k_2$	0.4282
$k_3$	0.6732

*Tabla 16. Valores de las constantes  $k_1, k_2, k_3$  cuando se trabaja en capas internas. Autores.*

Capas internas	
$k_1$	0.015
$k_2$	0.5453
$k_3$	0.7349

### ***3.3.2.3. Cálculos del ancho de pistas del prototipo variador de frecuencias para la comunidad de Wasakentsa.***

Este prototipo esta creado para la comunidad Salesiana de Wasakentsa y una variable importe es la temperatura ambiente de esta región. La baquelita para circuitos PCB está compuesta por un aislante y una capa de cobre estandarizada de (1 oz/ft<sup>2</sup>) equivalente a (35 micras) esta es la altura o grosor de cobre para realizar trabajos caseros industriales

obtenido de [36], este es otro factor importante para el cálculo. En la Tabla 17 se muestra las condiciones y valores para reemplazar en la Para el cálculo del área de la pista ocuparemos la Ecuación .

*Tabla 17. Datos para calcular la corriente de entra en el circuito*

Datos para calcular en la ecuación del Área			
Corriente Max de entrada	I	1.5	(A)
Variación de temperatura	$\Delta T$	45 - 30	(°C)
Grosor		1	(oz/ft <sup>2</sup> )
k1		0.0647	
K2		0.4281	
k3		0.6732	

**Para el cálculo** del área de la pista ocuparemos la Ecuación 2

$$\text{Área} = \left( \frac{1.5 (A)}{0.0647 * (42(^{\circ}C) - 30(^{\circ}C))^{0.4281}} \right)^{\frac{1}{0.6732}} = 21.9601 \quad (3)$$

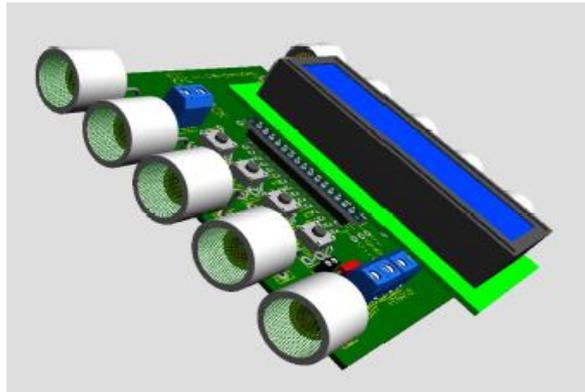
El área obtenida se reemplaza en la Ecuación 1 para determinar el Ancho de pista

$$\text{Ancho} = \frac{30.9381}{1 * 1.378} = 15.93 (th) \quad (4)$$

En los ANEXOS 3 se muestra el cálculo de ancho de pista para la etapa de control y según la corriente consumida por cada elemento datos mostrados en la Tabla 30.

### 3.3.3. Visualizador 3D de Proteus

Es una ventana que permite visualizar a las placas electrónicas y componentes en 3D, con esta herramienta se logró analizar si la placa cumple con ciertos parámetros, y también, como quedaría cuando sea elaborada, en la Figura 37 se muestra un ejemplo cuando se abre la ventana visualizadora 3D.



*Figura 37. Ventana visualizadora 3D ejemplo de placa y componentes. Autores*

Hay elementos que pueden ser simulados e incluso tienen paquetes PCB, pero no tienen figuras 3D, aunque, no es necesario que los elementos tengan cargadas estas figuras, porque no afectan en nada a las conexiones, lo único que se busca es la estética y pasar por un control de la calidad. En el ANEXO C se explica de mejor forma cómo crear figuras 3D y exportarlas a Proteus.

El Arduino nano puede emitir hasta un máximo de 1MHz, es por ello que no se ocupará un módulo generador de frecuencias, para lo cual se realizó los siguientes pasos:

1. Ajustar la programación para que se emitan hasta un máximo de 40 KHz.
2. Obtener un pulsador que regule las frecuencias como el ciclo de trabajo de la señal.
3. Establecer Valores límite para el ciclo de trabajo.

Con estos tres parámetros se procede a realizar el código como se muestra en el Anexo 4, y a efectuar las conexiones del circuito.

La validación de los datos simulados, en los componentes físicos, se procede a la realización de la placa PCB, donde se ajustará el circuito.

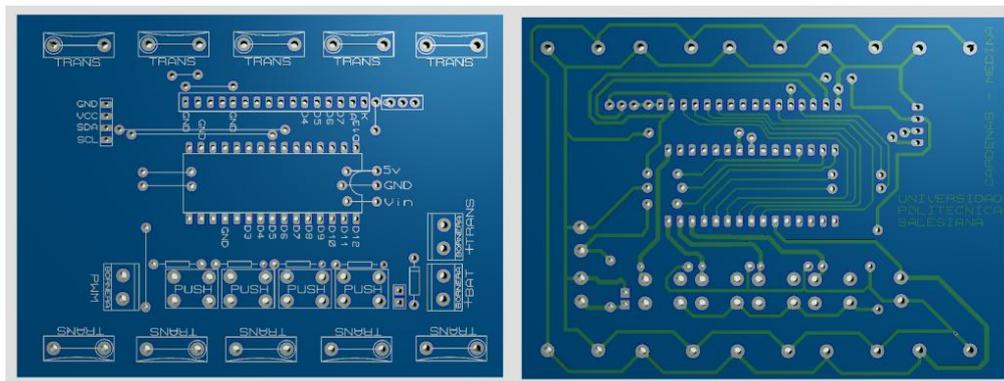


Figura 38. Placas elaboradas para la instalación de los componentes. Autores.

### 3.4. Diseño de estructura

La temperatura de la comunidad de Wasakentsa en invierno tiende a llegar hasta 35 °C, conjuntamente es una zona húmeda por lluvias que suelen ser en horas de la tarde, el alza de temperatura se logra visualizar por un termómetro que existe fuera del comedor de dicha localidad, por ser una zona amazónica, se evidencia un sin número de pequeños moscos. Estos factores pueden ser un peligro para el mal funcionamiento del circuito como presentar averías, la estructura que se propone es una caja hecha con un material de polímero.

#### 3.4.1. Estructura diseñada en poliamida 6

La poliamida tiene grandes propiedades de soportar hasta un máximo de 105° C, siendo este polímero el adecuado para proteger el circuito. Su gran caracterización y propiedades

mecánicas a la resistencia al desgaste, bajo coeficiente de fricción, buena resistencia al impacto y alta resistencia a la fatiga [37].

### **3.5. Propiedades mecánicas**

Los grupos de amida, se puede unir mediante enlaces, por razones de que este material puede unirse a otros polímeros. Estos enlaces pueden determinar la tenacidad del material su elasticidad y propiedades térmicas. Su absorción de las moléculas de agua le da la propiedad de ser menos quebradizo, porque estas moléculas actúan como plastificantes y reducen el módulo elástico, la resistencia a la tracción, resistencia a la flexión y aumenta la tenacidad del polímero [37]. A continuación, en la Tabla 18 se presenta sus principales características mecánicas.

*Tabla 18. Especificaciones mecánicas de la poliamida 6. [38]*

<b>PROPIEDADES</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>PARÁMETRO</b>	<b>NORMA UTILIZADA</b>
<b>Módulo de elasticidad</b>	3000	MPa	1 mm/min	DIN EN ISO 527-2
<b>Resistencia a la tracción en el rendimiento</b>	85	MPa	50 mm/min	DIN EN ISO 527-2
<b>Resistencia al impacto</b>	No break	Kj/m <sup>2</sup>	Máx 7,5j	DIN EN ISO 179-1EU
<b>Coeficiente de fricción</b>	0,38 - 0,45	-	Contra acero p=0,05 N/mm <sup>2</sup>	

Haciendo un análisis de sus propiedades podemos decir que tiene una gran resistencia a la fatiga y al choque, gran resistencia al desgaste. La elasticidad permite la absorción de impactos y vibraciones, conjuntamente es apreciable a la resistencia a la rotura y a la flexión.

### 3.5.1. Propiedades térmicas

Las propiedades térmicas de la poliamida nos ayudaran a saber si este material nos ayudara a que el circuito se mantenga en óptimas condiciones. Analizaremos la Tabla 19 para visualizar las características térmicas de la poliamida.

Tabla 19. Especificaciones térmicas de la poliamida 6. [38]

PROPIEDADES	RESULTADO	UNIDAD	PARÁMETRO	NORMA UTILIZADA
Temperatura de fusión	220	°C		DIN 53765
Temperatura de servicio	160	°C	Periodo corto	
Temperatura de servicio	100	°C	Periodo largo	
Expansión térmica	8	$10^{-5}$ K		DIN 53483
Calor específico	1,7	J/(g+K)		ISO 22007-4:2008
Conductividad térmica	0,23 W/(K+m)	0,23 W/(K+m)		SO 22007-4:2008

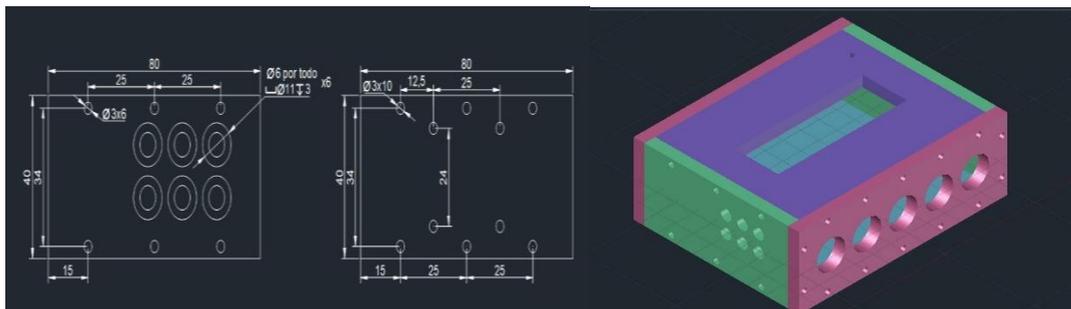
Analizando sus propiedades térmicas podemos entender que tiene alta resistencia a la tracción, buena resistencia química ya a la abrasión, la temperatura de fusión de 220 °C está clasificado para un uso continuo hasta 160 °C hasta una temperatura inferior de 100 °C, estas propiedades, comparado con el clima de Wasakentsa podemos deducir que las propiedades son óptimas para el prototipo.

### 3.6. Diseño de la estructura en Software CAD

Los planos de la estructura del prototipo están realizados en AutoCAD por comodidad y facilidad de la creación de planos y solidos 3D, Este software fue la herramienta base para construir la estructura que proteja a los circuitos de diversas condiciones climáticas.

La construcción de la estructura para el prototipo está basada en realizar figuras 2D y se adjunta los planos acotados para realizar la estructura en el ANEXO 5. En el ítem herramientas 3D, existe una variedad de configuraciones para la creación de sólidos. Con la herramienta de extrusión aplicada a una figura 2D se crea un elemento sólido e incluso con las herramientas de medida se puede conocer el volumen y el peso del sólido aplicado en diferentes materiales.

El nylon 6 conocido con otros nombres, es un material que en rasgos generales sirve para realizar materiales didácticos de manufactura y otras aplicaciones industriales. En AutoCAD este material está clasificado en plásticos como Nylon 6 y es colocado a cada sólido creado a partir de las figuras 2D que conforman la estructura, en la Figura 39 se observa este proceso.

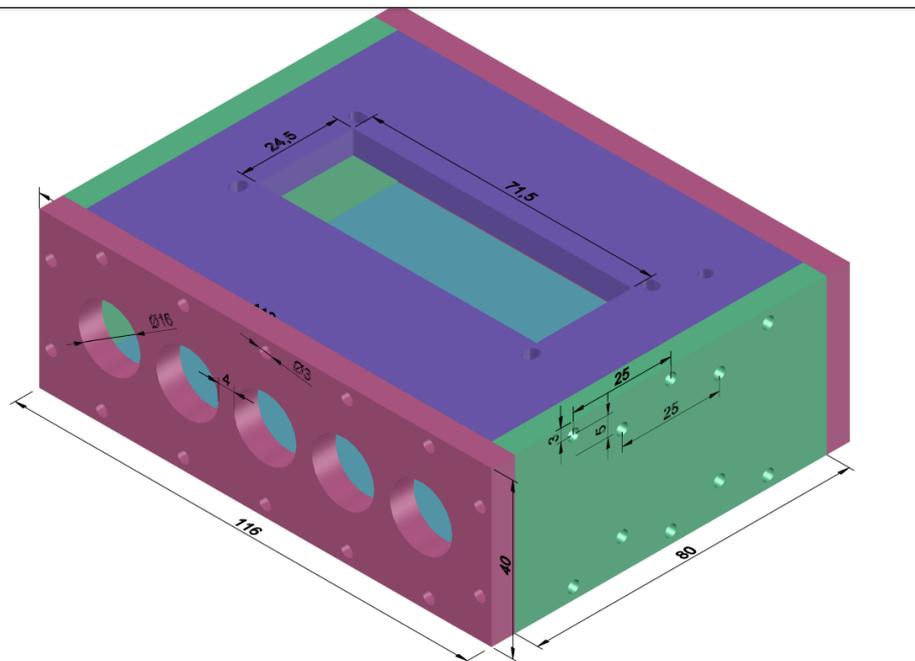


**Figura 39.** Pieza 2D con extrusión aplicado material Nylon 6. Autores

### **3.7.Corte de piezas para realizar la estructura**

La versatilidad de las máquinas CNC por corte de agua o fresa y el grado de exactitud permite cortar piezas en diferentes espesores y diversos materiales a diferencia que el corte láser desperdicia menos materia prima. Con estos cortes realizados en un solo plano y aprovechando el espesor del material, se logra construir estructuras a partir de estos

elementos cortados por maquinas CNC. En la Figura 40 se muestra la estructura construida por varios elementos extruidos del origen 2D con el fin de visualizar, analizar y corregir a los sólidos. En el ANEXO 5 se detallan medidas para realizar a la estructura.



*Figura 40. Estructura acotada y con elementos que la conforman*

Se acotó en una vista isométrica con los detalles más relevantes de la estructura y los elementos que la conforman están en capas de colores para apreciar de mejor manera a cada extrusión de un elemento 2D como se observa en los planos del ANEXO 5 La estructura fue extruida en un espesor de 5mm debido a que es el mismo espesor de la plancha de nylon 6 o poliamida a ocupar, por esa razón el espesor se indica en el formato de los planos. La estructura visualizada en 3D puede ser sometida a cambios en el espesor que depende netamente si existe o no el mercado un material esos espesores.

## CÁPITULO 4

### 4. PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se mostrará las simulaciones, pruebas y los resultados obtenidos por medio de software y la aplicación del prototipo en campo, para determinar las mejores variaciones que fueron aplicados en los diseños y la construcción del sistema para generar ondas de alta frecuencia.

#### 4.1. Activación del piezoeléctrico de ultrasonido

Para activar el piezoeléctrico de ultrasonido, hay ciertos factores como el voltaje de entrada y la mejor frecuencia de operación (40 kHz), sin embargo, no existe un datasheet que lo verifique. Por esa razón, con la ayuda de un osciloscopio y puntas de prueba se logró recaudar la siguiente información que se muestra en la Tabla 20.

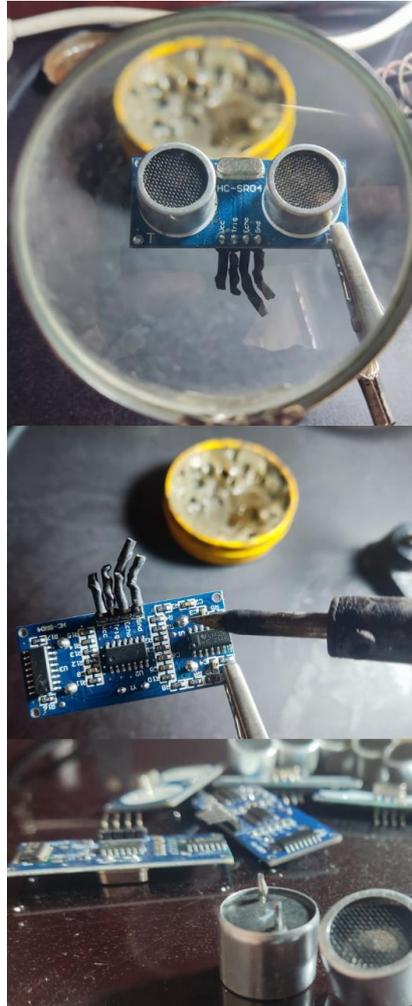
Tabla 20. Frecuencias que permiten activar al piezoeléctrico de ultrasonido. Autores

Frecuencia	Eficaz para activar
$\leq 34500$ (Hz)	NO
35000 (Hz)	SI
35500 (Hz)	SI
35500 (Hz)	SI
36000 (Hz)	SI
36500 (Hz)	SI
37000 (Hz)	SI
37500 (Hz)	SI
38000 (Hz)	SI
38500 (Hz)	SI
39000 (Hz)	SI
39500 (Hz)	SI
40000 (Hz)	SI
40500 (Hz)	SI
41000 (Hz)	SI
41500 (Hz)	NO
$\geq 42500$ (Hz)	NO

Los datos de la Tabla 20 se obtuvo realizando los siguientes pasos:

Adquirir equipos como: osciloscopio y generador de funciones.

- Desoldar dos piezoeléctricos de ultrasonido de un módulo HC-SR04 como se muestra en la Figura 41.



*Figura 41. Obteniendo los piezoeléctricos de ultrasonido de un módulo HC-SR04.*

*Autores*

- Conectar la punta de prueba del generador de funciones en cualquiera de los pines del piezoeléctrico de ultrasonido y el GND al pin sobrante.
- Con el generador de funciones se debe crear una onda cuadrada de (40 kHz) con una amplitud de (5V), siendo estos los valores ideales para el transductor. A partir

de esta frecuencia se debe bajar o subir en intervalos de (500 Hz) para hallar los límites máximos y mínimos de activación de un piezoeléctrico.

- La punta de prueba del osciloscopio se debe conectar a cualquiera de los pines del otro piezoeléctrico y el GND al pin sobrante.
- Los piezoeléctricos se deben poner cara a cara como se muestra en la Figura 42, para lograr visualizar en la pantalla del osciloscopio la misma frecuencia que se emite con el generador de funciones en uno de los piezoeléctricos y la frecuencia que se recibe el otro piezoeléctrico como se muestra en la Figura 43.



*Figura 42. Transductores piezoeléctricos colocados cara a cara. Autores*

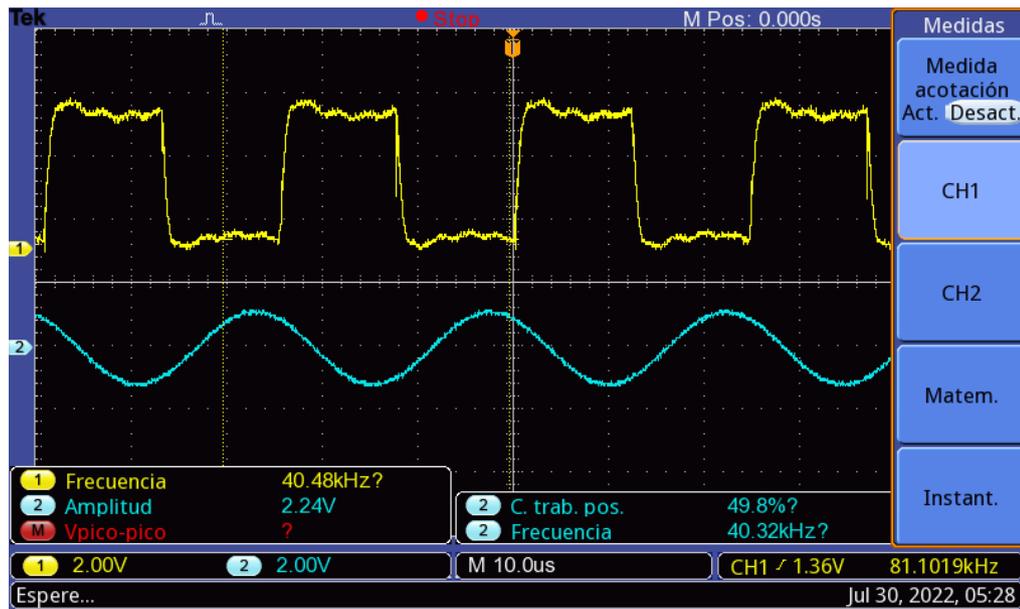


Figura 43. Pantalla del osciloscopio mostrando las señales y frecuencias de prueba.

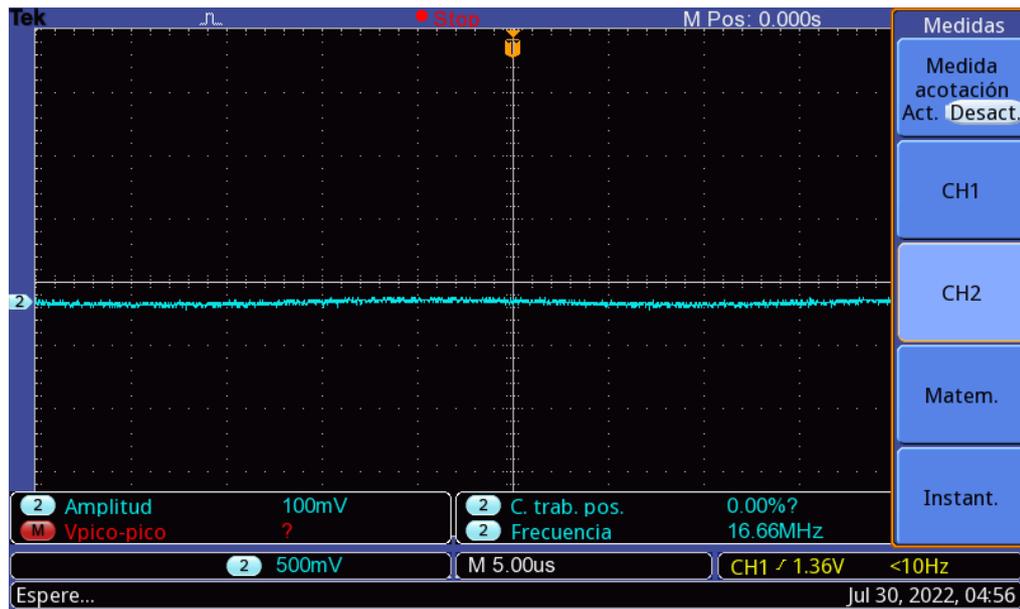
*Autores*

Con estos pasos se halló la frecuencia umbral para activar el piezoeléctrico y la frecuencia más alta con la que logró seguir emitiendo ultrasonido.

#### 4.1.1. Onda de emisión en el piezoeléctrico de ultrasonido

La onda de emisión que activa al piezoeléctrico es cuadrada y fue construida por el generador de funciones, esta simula a la onda que se estimaría obtener con los prototipos basados en, un levitador acústico o un variador de frecuencias PWM.

Cuando la onda de emisión está por encima del valor máximo para activar el piezoeléctrico, esta deja de ser captada por el receptor y el osciloscopio interpreta una señal recta, como se muestra en la Figura 44.



*Figura 44. Señal fuera de rango por superar al valor máximo de activación para el piezoeléctrico de ultrasonido. Autores.*

El piezoeléctrico al trabajar con una frecuencia tan alta deja de comprimirse y no crea ondas de ultrasonido y esto se debe por el tipo de materiales con el que está construido. Si la onda cuadrada está por debajo del umbral, el piezoeléctrico puede llegar a generar ondas audibles para el ser humano.

#### **4.1.2. Error absoluto y relativo entra la onda emitida y receptada de ultrasonido**

Al realizar el análisis y comprender como funciona el piezoeléctrico, se desea reducir la incertidumbre de un factor; “los murciélagos podrán escuchar el ultrasonido emitido por estos componentes electrónicos”. Los transductores emitiendo señales de ultrasonido trabajaron perfectamente y el receptor simulando ser el oído sensible del murciélago *Vespertilionidae* captó dichas señales, siempre y cuando, no excedan los valores máximos y mínimos.

La señal emitida sufre un desfase respecto a la señal receptada, por lo tanto, se busca la eficiencia en porcentaje, dada por la Ecuación 5, que Calcula para obtener el error absoluto de la señal emitida vs señal receptada.

$$\varepsilon_a = | X - X_0 | \quad (5)$$

**Donde:**

- $\varepsilon_a$  = Error absoluto.
- $X$  = Valor real (Frecuencia de transmisión – emisión).
- $X_0$  = Valor Aproximado (Frecuencia de recepción).

$$\varepsilon_a = |40 \text{ [kHz]} - 39.4 \text{ [kHz]}| = |0.6| \text{ [kHz]} \quad (6)$$

Para calcular el error relativo, es necesario obtener el valor del error absoluto de la Ecuación 5 con la ecuación 7 obtendremos el cálculo para obtener el error relativo de la señal emitida vs señal receptada

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon_a}{X} \quad (7)$$

**Donde:**

- $\varepsilon_r$  = Error relativo.
- $\varepsilon_a$  = Error absoluto.
- $X$  = Valor real (Frecuencia de transmisión – emisión).

$$\varepsilon_r = \frac{0.6 \text{ [kHz]}}{40 \text{ [kHz]}} = 0.015 (100) = 1.5\% \quad (8)$$

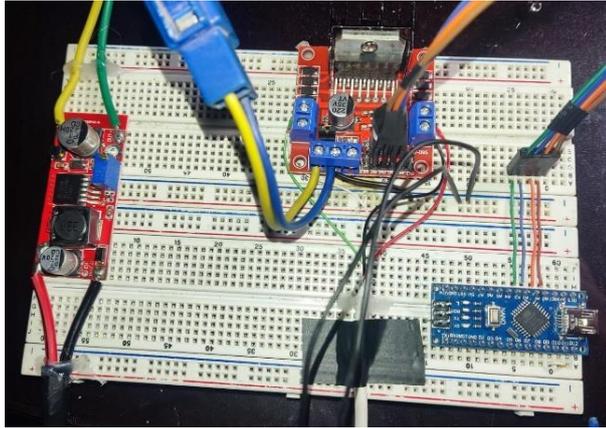
#### ***4.2. Construcción de prototipo basado en la levitación acústica***

Al construir este dispositivo se logró generar frecuencias de (39.5 kHz) hasta los (40 kHz) con cambios en el periodo de onda. Estas frecuencias como se observó en la Tabla 20 permite activar el ultrasonido del piezoeléctrico para el levitador.

Este prototipo no se aplicó para las pruebas en campo por la falta de recursos programados y físicos como una pantalla LCD donde se visualice datos, pulsadores o potenciómetros para variar la frecuencia. Incluso las simulaciones en los softwares para este prototipo no se realizaron por la ausencia de paquetes PCB y elementos esquemáticos que contengan la hoja de acciones para ser simulados.

En la Figura 44 se observa los elementos con los que se realizó un levitador acústico de ultrasonido donde la salida generó (40 kHz) necesarios para realizar pruebas con los transductores piezoeléctricos.

- 1 Arduino nano
- 1 L298D
- 1 levador xl7 138r de (5.7V) a (32V)
- 1 batería (7V) (900mA)
- 10 piezoeléctricos de ultrasonido



*Figura 45. Armado de prototipo levitador acústico de ultrasonido en el protoboard.*

*Autores.*

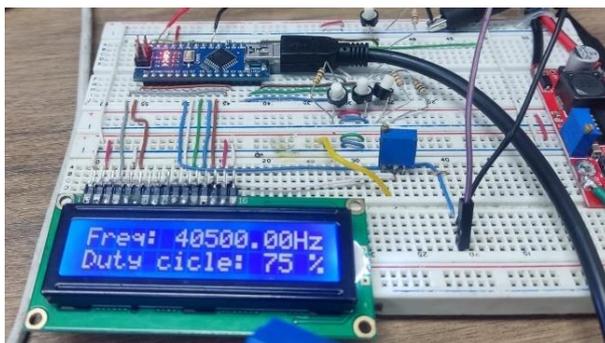
#### **4.3. Construcción de prototipo basado en un variador de frecuencia de onda PWM**

Se utilizó este prototipo porque la onda PWM que generó el Arduino es idéntica a la onda que se creó con el generador de funciones. Se considero trabajar con el Arduino nano por las ventajas de potencia – tamaño.

El variador de frecuencia de onda PWM y sus librerías es un programa compartido en la página web de Arduino. Este programa fue sometido a cambios para mejorar aspectos como la facilidad de uso.

En la Figura 46 se observa los elementos ocupados para crear el prototipo variador de ondas PWM utilizando los siguientes elementos:

- 1 Arduino nano.
- 4 pulsadores de dos pines.
- Un módulo I2C para pantallas LCD.
- Una LCD.
- 10 piezoeléctricos de ultrasonido.



*Figura 46. Armado de prototipo variador de frecuencias PWM en el protoboard.*

*Autores*

#### **4.3.1. Análisis del código utilizado para variar la frecuencia de onda PWM**

Se analizó el código que permitió variar la frecuencia de onda PWM y se cargó el programa en el Arduino nano. Por medio de la pantalla del LCD se imprime datos y variables de frecuencia y ciclo de trabajo como se muestra en la Figura 47. El valor mínimo de la frecuencia es (33 Hz) y el valor máximo ideal es de (33000 Hz). Con la metodología prueba y error, se logró captar que: Si el pulsador que sube la frecuencia supera al valor máximo, el sistema se reinicia a la frecuencia mínima, pero hay excepciones como:

- Si el valor mínimo de la frecuencia esta mostrada en la pantalla LCD y se presiona el pulsador que baja la frecuencia no existe un cambio notorio, sin embargo, cuando se mantiene presionado este pulsador por más de tres segundos, la frecuencia baja en intervalos de (100 Hz) o, presionado por más de cinco segundos, los intervalos bajan en (1000 Hz) y los valores se imprimen con signo negativo. No existen ondas negativas que genere este programa y cuando sucede esto, el programa entra en un bucle infinito imprimiendo valores negativos, la solución es reiniciar el sistema.

En el ANEXO A se explica de mejor manera un flujograma de las acciones que realiza el Arduino cuando procesa este código.

#### ***4.3.1.1. Frecuencia y factor***

El código tiene una variable global tipo entera llamada factor. Esta variable multiplica a la frecuencia para aumentar sus ciclos por segundo.

Cuando el factor sea 1, el valor máximo ideal de la frecuencia por defecto es (33000 Hz) y la mínima de (33 Hz). Son rangos que no permiten activar el ultrasonido del piezoeléctrico, por lo tanto, se realizó pruebas cambiando el factor con valores comprendidos del 1 al 4 para alcanzar frecuencias que activen al piezoeléctrico.

Cuando el factor tomaba estos valores definidos por los investigadores, la frecuencia ideal máxima por defecto (33000 Hz) logró duplicar, triplicar y cuadruplicar sus ciclos por segundo, así, como la frecuencia mínima, estos valores se muestran en la Tabla 21.

*Tabla 21. Frecuencia máxima ideal y mínima ideal multiplicada por factores que permitan alcanzar mayor ciclo de repeticiones por segundo. Autores*

<b>Factor</b>		<b>Frecuencia Máxima ideal</b>	<b>Frecuencia Mínima ideal</b>
1	Frecuencias por defecto	33 (kHz)	33 (Hz)
2		66 (kHz)	66 (Hz)
3		99 (kHz)	99 (Hz)
4		132 (kHz)	132 (Hz)

Los valores mostrados en la Tabla 21 se obtuvieron por la modificación del factor y la impresión de la frecuencia en la pantalla LCD.

#### **4.4. *Parámetros de la onda para ahuyentar a los murciélagos de la familia***

##### ***Vespertilionidae especie Myotis existentes en el Ecuador***

La familia Vespertilionidae especie Myotis abarca a una clasificación exorbitante, sin embargo, en Ecuador al menos 10 clases de estos murciélagos están esparcidos por la región costa, sierra y oriente [39]. Los datos que recaudo la Universidad Católica del Ecuador son rangos de frecuencia que emiten esta especie de Myotis como se observa en la TABLA 1 CALSIFICACION DE MYOTIS NIGRICANS, con estos datos de la tabla, se logró entender que la frecuencia de hostigamiento está contenida en (37 kHz) a (41 kHz).

##### **4.4.1. *Factor para obtener frecuencias de hostigamiento***

Una vez ensamblado el prototipo y antes de subir el código al Arduino, el factor debe ser igual a cuatro y la frecuencia igual a (33 kHz), así se logró obtener hasta (132 kHz) como se mostró en las pruebas de la Tabla 21 y también contiene a las frecuencias que activa al piezoeléctrico de ultrasonido como se mostró en la Tabla 20. El factor igual a 4 se escogió para trabajar con un rango mayor de frecuencia y lograr ahuyentar a otras familias de murciélagos donde su ultrasonido es mayor, sin olvidar que, se necesita transductores piezoeléctricos que trabajen en rangos superiores a los (40 kHz).

En el ANEXO 4 se detallan tablas con datos simulados y reales que se comparan. Contienen variables como amplitud, ciclo de trabajo (Duty Cycle), periodo (T), tiempo de encendido (ton) y tiempo de apagado (toff), las cuales van a tomar diferentes valores cuando el factor sea igual 4 con la máxima, media y mínima frecuencia. El fin de estas tablas es entender y analizar como la onda PWM se comporta cuando es expuesta a diferentes frecuencias, y ciclos de trabajo.

#### 4.4.2. Duty Cycle en la onda de hostigamiento

Es una variable que permite cambiar el periodo de la onda PWM y también, es un dato que se muestra o imprime en la pantalla LCD. Esta variable trabaja con el voltaje en porcentaje desde el (1%) hasta el (99%).

La onda que genera el prototipo es cuadrada con una amplitud de (5V) y por defecto el Duty Cycle (ciclo de trabajo) es del 50%, obteniendo así la onda con amplitud de (2.5V), en las siguientes figuras se compara una frecuencia simulada y una real expuestas al siguiente ciclo de trabajo:

- En la Figura 47 y Figura 48 se muestra el periodo de onda simulada y real con un Ciclo de trabajo (25%) de (5V) (a 33 Hz)

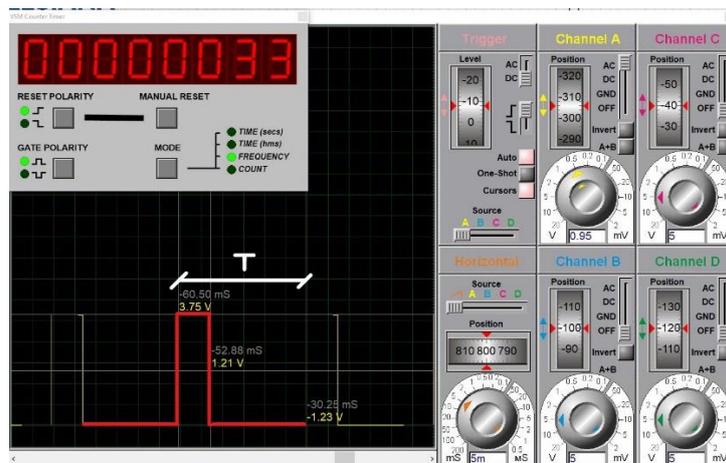
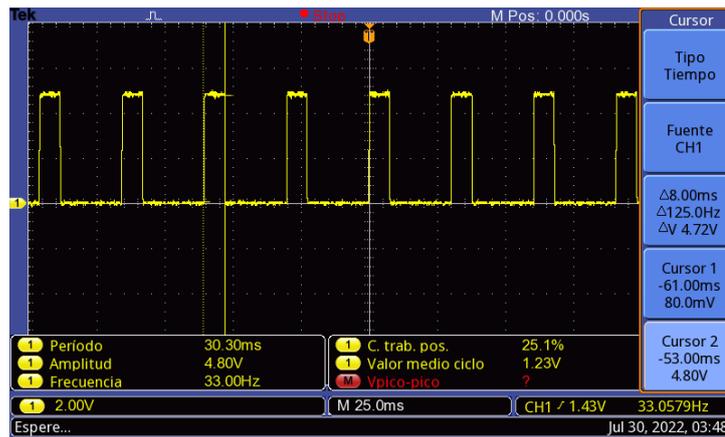


Figura 47. Pantalla de proteos mostrando una onda cuadrada PWM simulada. Autores.



*Figura 48. Pantalla de osciloscopio mostrando una onda cuadrada PWM real. Autores*

Con estas figuras se entiende cómo actúa el ciclo de trabajo y como la onda PWM se somete a otros parámetros. Se realizó una prueba adicional, se colocó una frecuencia audible de (2 kHz) siendo esta una frecuencia irritable para los oídos humanos, y al variar del ciclo de trabajo entre 25% y 75% la onda tendía a ser más aguda o grave en la misma frecuencia. Si el Duty cycle trabajaba debajo del porcentaje menor o sobre el porcentaje mayor la onda acústica se dejaba de escuchar. Por esa razón se intuyó y se probó que; si la frecuencia de ultrasonido no estaba comprendida en estos porcentajes, difícilmente captarían los odios de los murciélagos la frecuencia de hostigamiento. En el ANEXO 4 se puede observar y entender de mejor manera las tablas donde el valor de la frecuencia con un ciclo de trabajo de 1%, 25%, 50%, 75% y 99% cambian el periodo de la onda y otros parámetros.

#### **4.5. Pruebas del prototipo basado en un variador de frecuencia de la onda PWM**

El prototipo fue probado por partes para verificar posibles anomalías en el sistema, por esa razón, se realizó la Tabla 22 donde se verifica el error, observaciones y la solución.

*Tabla 22. Análisis de componentes probadas independientemente y verificar posibles errores. Autores*

Nombre	Anomalías	Observaciones	Solución
Arduino Nano	Si	No permite la conexión de baterías	Probar otros métodos para la autonomía de encendido
Pantalla LCD 16x2	No		
I2C PARA LCD 16x2	Si	Al conectar a la pantalla LCD, creaba destellos	Conectar directamente al Arduino los 6 cables de datos
Transductor 1	No		
Transductor 2	Si	Onda de ultrasonido emitida con mucha amplitud	Colocar en la mitad del diseño para aprovechar esa amplitud
Transductor 3	No		
Transductor 4	No		
Transductor 5	No		
Transductor 6	No		
Transductor 7	Si	Onda de ultrasonido emitida con mucha amplitud	Colocar en la mitad del diseño para aprovechar esa amplitud
Transductor 8	Ni	Pines rotos internamente	Cambiar de transductor
Transductor 9	No		
Transductor 10	No		

Puesto en marcha las soluciones de la Tabla 22, las pruebas del prototipo es la combinación de los parámetros de onda que permiten ahuyentar a los murciélagos de la especie *Myotis* existentes en el Ecuador.

Se explicó como la onda PWM puede llegar a frecuencias más altas, modificando algunos datos en el código de programación. Se realizó pruebas a los transductores piezoeléctricos de ultrasonido tomando datos cualitativamente, hasta, determinar que frecuencias activan o no a los piezoeléctricos.

#### **4.5.1. Onda de ultrasonido medida por el espectrómetro**

Este equipo pertenece al laboratorio de electrónica y permite visualizar en su pantalla la frecuencia emitida por los transductores de ultrasonido y la amplitud de la onda. En la

Figura 48 se muestra como la antena se acerca a los transductores piezoeléctricos y procede a realizar las mediciones.



*Figura 49. Espectrómetro realizando las medidas de la onda de ultrasonido emitidos por los piezoeléctricos. Autores.*

Si la onda es captada, la pantalla del espectrómetro imprime los valores de frecuencia y decibeles de la onda como se muestra en la Figura 50.



*Figura 50. Pantalla del espectrómetro mostrando la señal captada con variables de frecuencia y decibeles. Autores*

**4.5.1.1. Pruebas de frecuencia – error relativo a diferentes distancias**

Con la ecuación 3, se realizó la Tabla que muestra los datos de eficacia, es decir, con esta tabla se conoció a que frecuencias con error relativo menor al 50% el prototipo puede ser probado en campo y garantizar que dichas frecuencias lograrán hostigar a los murciélagos. Las pruebas se realizaron poniendo los transductores como se mostró en la Figura 42 desde los 5 cm hasta los 50 cm de distancia entre transductores piezoeléctricos. Cuando las frecuencias son medidas a distancias inferiores a los (50 cm) el error relativo en casi todas las frecuencias es aceptables para fastidiar acústicamente a los murciélagos especie *Myotis* existentes en el Ecuador, pero, si superan a los (50 cm), los errores relativos sobrepasan el 100% siendo nada eficaces en los oídos de estos mamíferos.

*Tabla 23. Frecuencias - valor relativo medido a los 50 cm. Autores*

Frecuencia de transmisión o emisión		Frecuencia de recepción		Distancia		Error Absoluto		Error Relativo	
34500	(Hz)	69000	(Hz)	50	(cm)	34500	(Hz)	100.00	%
35000	(Hz)	75000	(Hz)	50	(cm)	40000	(Hz)	114.29	%
35500	(Hz)	72000	(Hz)	50	(cm)	36500	(Hz)	102.82	%
36000	(Hz)	73000	(Hz)	50	(cm)	37000	(Hz)	102.78	%
36500	(Hz)	68000	(Hz)	50	(cm)	31500	(Hz)	86.30	%
37000	(Hz)	60100	(Hz)	50	(cm)	23100	(Hz)	62.43	%
37500	(Hz)	50700	(Hz)	50	(cm)	13200	(Hz)	35.20	%
38000	(Hz)	50100	(Hz)	50	(cm)	12100	(Hz)	31.84	%
38500	(Hz)	49300	(Hz)	50	(cm)	10800	(Hz)	28.05	%
39000	(Hz)	49400	(Hz)	50	(cm)	10400	(Hz)	26.67	%
39500	(Hz)	49600	(Hz)	50	(cm)	10100	(Hz)	25.57	%
40000	(Hz)	49600	(Hz)	50	(cm)	9600	(Hz)	24.00	%
40500	(Hz)	51100	(Hz)	50	(cm)	10600	(Hz)	26.17	%
41000	(Hz)	51200	(Hz)	50	(cm)	10200	(Hz)	24.88	%
41500	(Hz)	67000	(Hz)	50	(cm)	25500	(Hz)	61.45	%
42000	(Hz)	73200	(Hz)	50	(cm)	31200	(Hz)	74.29	%

#### 4.5.1.2. Pruebas de frecuencia – decibeles a diferentes distancias

Se observó la metodología implementada para medir la frecuencia y los decibels con el espectrómetro, al igual que la Tabla , las frecuencias - decibeles se midieron a una distancia de 50 cm, porque a esta medida aún existen frecuencias con errores relativos menores al (50 %).

Se consideró específicamente a las frecuencias con error relativo menor que (50%) para ser probadas y medir sus decibelios que están debajo del rango auditivo humano. Con esto se puede analizar y encontrar datos que no se encuentran en bibliografías. La Tabla 24 proyecta estos datos medidos con el espectrómetro.

Tabla 24. Frecuencias - decibeles medido a los 50 cm. Autores

Frecuencia CYCLE DUTY 50%		AM [V] 50cm		AM [dBm] 50cm
<b>37500</b>	(HZ)	2.17	(V)	-298.05 (dBm)
<b>38000</b>	(HZ)	2.15	(V)	-296.12 (dBm)
<b>38500</b>	(HZ)	2.13	(V)	-294.19 (dBm)
<b>39000</b>	(HZ)	2.11	(V)	-292.26 (dBm)
<b>39500</b>	(HZ)	2.08	(V)	-290.33 (dBm)
<b>40000</b>	(HZ)	2.06	(V)	-288.4 (dBm)
<b>40500</b>	(HZ)	2.04	(V)	-286.47 (dBm)
<b>41000</b>	(HZ)	2.03	(V)	-284.54 (dBm)

Con estos valores de frecuencia contenidos en la Tabla 24 se obtuvo que; son los datos que deben ser probados en el prototipo cuando se realice pruebas de campo, aunque, la incertidumbre es muy alta sobre el funcionamiento, se espera tener el mejor de los resultados.

#### ***4.6. Pruebas de campo del prototipo variador de frecuencia de sonido***

Aquí se muestran el comportamiento de los individuos con su consentimiento sometidos a las pruebas con frecuencias audibles y de ultrasonido, la observación siendo la herramienta del investigador logró determinar y analizar ciertos factores y aspectos como:

- La incomodidad acústica.
- Perturbación.
- Desorientación.
- Agresividad.
- Síntomas de mal estar estomacal.
- Síntomas de dolor de oído o cabeza.

##### ***4.6.1. Pruebas del variador de frecuencia de sonido en humanos***

Aunque los transductores piezoeléctricos de ultrasonido funcionan bastante bien con frecuencias superiores a los (35 kHz), son capaces de emitir ondas audibles para el humano cuando se ajusta la programación en el sistema.

La onda audible con frecuencia de (2000 Hz) a unos (40 dBm) es muy molesta para el ser humano, los oídos son muy sensibles y pueden lastimarse, sin embargo, las pruebas realizadas para evitar daños fueron en 5 (dBm).

Las personas que se ofrecieron voluntariamente, fueron expuestas entre 5 a 10 minutos a las frecuencias de sonido dolorosas para el humano. Por medio de la observación se completó los síntomas en la

Tabla 25. Síntomas de humanos expuesto a frecuencias de hostigamiento. Autores

Humano	Edad	Exposición en tiempo		SINTOMAS
1	27	5	(min)	Dolor de cabeza, náuseas
2	24	8	(min)	Dolor de cabeza, náuseas, dolor de oído
3	24	10	(min)	dolor de oído, aturdimiento
4	25	10	(min)	Desorientación, náuseas

#### 4.6.2. Pruebas del variador de frecuencia de sonido en animales

Los candidatos expuestos a las frecuencias de ultrasonido hostiles fueron; dos perros, un gato, hormigas, dos catarinas o mariquitas. Las observaciones están plasmadas en la Tabla 24, donde su reacción fue de curiosidad, agresiva o no presento estimulación al dispositivo

Tabla 26. Estimulación de animales expuesto a frecuencias de hostigamiento. Autores.

#	ANIMALES	Frecuencia de molestia ahuyentadora		Estimulación
1	Perro mestizo	20000 - 25000	(Hz)	Inmediata
2	Perro mestizo			
3	Gato mestizo	27000 - 30000	(Hz)	Leve con curiosidad
4	Colonia de Hormigas	25 - 30	(Hz)	Leve - Nula
5	Mariquitas	15 - 30	(Hz)	Nula
6	Mariquitas			

Los datos mostrados de la Tabla 26 conlleva al siguiente análisis:

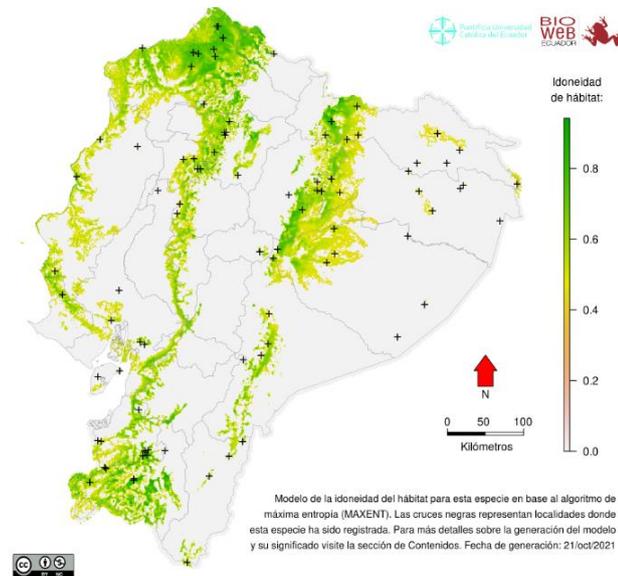
- Los perros expuestos a la frecuencia hostil inmediatamente presentaron molestias, por esta razón, no se esperó intervalos de tiempo para observa si se ven o no fatigados

- El gato siendo un animal muy curioso, se acercó al dispositivo llamando su atención. Cada 3 minutos se subió la frecuencia en intervalos de (200 Hz) y el gato seguía mostrando curiosidad y leve estimulación al umbral de dolor en sus oídos
- Las hormigas son animales muy interesantes, su forma de comunicación es por antenas que envían señales como factores de peligro, comida entre otros eventos que les permite sobrevivir. Se observó que algunas hormigas expuestas a 5 minutos de infrasonido cambiaban de dirección, pero no pasaba mucho tiempo para volverse a integrar, por esta razón, posiblemente las hormigas vieron levemente afectas.
- Las catarinas o mariquitas son insecto de apariencia agradable, a pesar de, poseer alas no suelen emprender vuelo solo si y si se siente amenazadas. Al exponerlas a 10 minutos de infrasonido no presentaron ningún tipo de estimulación.

#### ***4.6.3. Pruebas del variador de frecuencia de ultrasonido en murciélagos***

Para realizar las pruebas en los murciélagos, no se cumplió con una parte del objetivo, debido a que, Wasakentsa es un lugar de difícil acceso y sus costos para movilizarse son muy elevados, llevar un dispositivo que tengan incertidumbre en su funcionamiento y especular las pruebas de campo no es lo correcto.

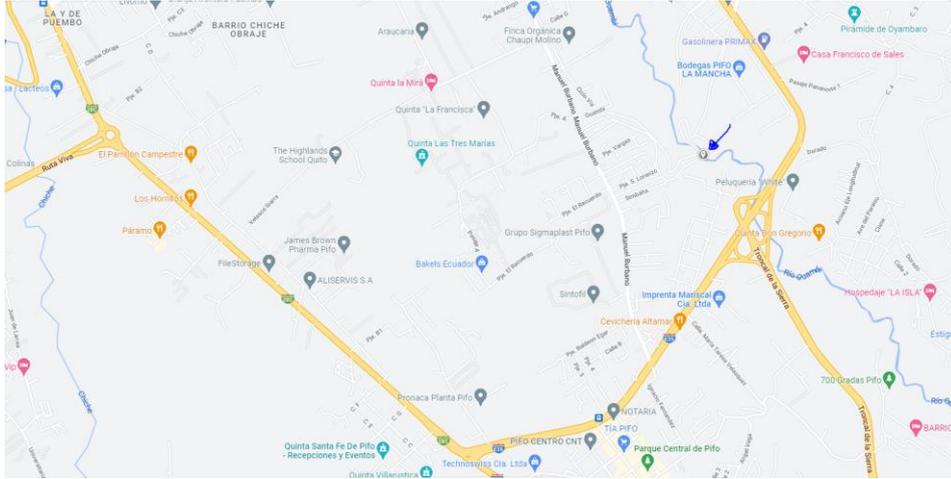
Se indago sobre la presencia de murciélagos *Myotis* en lugares cercanos al catón Quito y se presentó la siguiente información; los murciélagos de esta especie habitan casi todas las regiones del Ecuador y no son razas endémicas [39] en la Figura 51. se muestra la expansión de su habitan por todo el Ecuador del orden Chiroptera familia Vespertinilidae especie *Myotis* genero *Negricans*, *Oxyotus* y *Raparius*.



*Figura 51. Habitación de los murciélagos de la especie Myotis genero Nigricans, Oxyotus, Raparius. [15]*

Se realizó un viaje de reconocimiento a la parroquia Pifo para entrevistar a moradores de posibles avistamientos de murciélagos en esta zona. Positivamente se obtuvo información como el tamaño del murciélago y donde sería más fácil de encontrarlos. Describieron de túneles donde solían pasar el ferrocarril y con altos índices de encontrar a esta especie. Se visitó esta ruta de túneles y efectivamente se encontraban los murciélagos colgados de lo alto del túnel. Con la luz atenuada de las linternas se observó una increíble similitud con los murciélagos de Wasakentsa.

En los viajes de prueba se llevó herramientas y equipos que permitan ajustar el prototipo a las necesidades de hospedaje de ultrasonido. En la Figura 52. Mapa de la zona a realizar pruebas en la parroquia Pifo se muestra el mapa obtenido desde Google Maps del punto de pruebas, sus coordenadas son -0.210038, -78.335997.



*Figura 52. Mapa de la zona a realizar pruebas en la parroquia Pifo*

En el ANEXO 2 se detalla de mejor manera la forma de llegar al túnel más cercano del parque central de Pifo.

Las visitas al túnel se prolongaron durante 3 días de prueba, La metodología a utilizar para poner en marcha el prototipo fue; exponer a los murciélagos aproximadamente 1 hora de ultrasonido, con descanso de 40 minutos durante 5 horas. Se empezó con la frecuencia más baja de la Tabla 24. Sin embargo, se consideró las frecuencias de la Tabla 20 que activan al piezoeléctrico para comparar y excluir de manera real los datos de la Tabla 9. Se probó cada 5 minutos diferentes frecuencias en intervalos de (500 Hz) hasta llegar a la frecuencia máxima de activación de un piezoeléctrico de ultrasonido y variando el ciclo de trabajo (Cycle Duty) entre 25% y 75% para agudizar la onda del ultrasonido.

#### ***4.6.2.1 Dia uno de pruebas en el túnel de Pifo***

A los 50 m del inicio del túnel se escucha el sonido típico del murciélago, al parecer sintieron la presencia humana pero no se sintieron amenazados. En la Figura 53. se ve el encendido del prototipo a (39.5 kHz), se bajó la frecuencia al mínimo valor mostrado en la Tabla 24, para, empezar a probar el prototipo.



*Figura 53. Prototipo variador de frecuencias de onda PWM encendido dentro del túnel.*

*Autores.*

El sonido probablemente de alerta que emitían los murciélagos era el mismo, aunque el dispositivo ya se encontraba encendido generando las ondas hostigamiento. Se alumbró con linternas atenuadas de brillo para evitar la fatiga de luz en ellos y asombrosamente se lograba ver colonias de entre 5 a 10 individuos con una separación entre colonias de (60 cm) en promedio.

Al exponerlos una hora de ultra sonido variando su frecuencia, estas familias comenzaron a separarse y planeaban como si estuvieran investigando de donde proviene la fuente de sonido, volaban cerca del prototipo, al parecer les causaba curiosidad las ondas que emitía. Al probar el resto de las 4 horas, pasaba exactamente lo mismo, por lo tanto, en el primer día se llegaría a obtener levemente las conclusiones y con ello bajando la incertidumbre de funcionamiento. En la Tabla 27 se detalla cada frecuencia probada en rangos de 5 minutos, observando efectos que permitan realizar un correcto análisis sobre cada frecuencia ocupada.

*Tabla 27. Efectos y observaciones del ultrasonido de hostigamiento probado en el día uno. Autores*

<b>Tiempo</b>	<b>Dia</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Efectos</b>	<b>Observaciones</b>
5 (min)		36000 (Hz)	NO	Ruidos de advertencia
10 (min)		36500 (Hz)	NO	Ruidos de advertencia
15 (min)		37000 (Hz)	NO	Ruidos de advertencia
20 (min)		37500 (Hz)	NO	Ruidos de advertencia
25 (min)		38000 (Hz)	NO	Ruidos de advertencia
30 (min)		38500 (Hz)	SI	Ruidos de advertencia
35 (min)		39000 (Hz)	SI	Separación de colonia
40 (min)	1	39500 (Hz)	SI	Separación de colonia
45 (min)		40000 (Hz)	SI	Separación de colonia
50 (min)		40500 (Hz)	SI	todos los miembros vuelan cerca del prototipo
55 (min)		41000 (Hz)	SI	todos los miembros vuelan cerca del prototipo
60 (min)		41500 (Hz)	SI	todos los miembros vuelan cerca del prototipo

#### ***4.6.2.2. Día dos de pruebas en el túnel de Pifo***

Realizando el mismo método del día uno, pero poniendo a prueba a los 60 metros túnel con respecto al inicio, es decir, se probó 10 metros más adentro que el primer día dentro del túnel. El ingreso al túnel fue más cauteloso, se comparó el ruido que emitían los murciélagos el día dos con el ruido que hacían el primer día y se notaban más calmados., El dispositivo trabajó exactamente igual que el primer día y las acciones de los murciélagos parecían tener un patrón con el día uno, buscar la fuente de sonido e investigarla. En Tabla 28 se muestra las observaciones que se tomó el día dos.

Tabla 28. Efectos y observaciones del ultrasonido de hostigamiento probado en el día dos. Autores

Tiempo	Dia	Frecuencia	Efectos	Observaciones
5 (min)	2	36000 (Hz)	NO	Ruidos de advertencia leves
10 (min)		36500 (Hz)	NO	Ruidos de advertencia leves
15 (min)		37000 (Hz)	NO	Ruidos de advertencia leves
20 (min)		37500 (Hz)	NO	Ruidos de advertencia leves
25 (min)		38000 (Hz)	NO	Ruidos de advertencia altos
30 (min)		38500 (Hz)	SI	Ruidos de advertencia altos
35 (min)		39000 (Hz)	SI	Ruidos de advertencia altos
40 (min)		39500 (Hz)	SI	Separación de colonia
45 (min)		40000 (Hz)	SI	Separación de colonia
50 (min)		40500 (Hz)	SI	Separación de colonia
55 (min)		41000 (Hz)	SI	todos los miembros vuelan cerca del prototipo
60 (min)		41500 (Hz)	SI	todos los miembros vuelan cerca del prototipo

#### 4.6.2.3 Día tres de pruebas en el túnel de Pifo

Bajo las mismas acciones de los días anteriores, se observó que; entre los 50 metros a 60 metros del inicio del túnel no se encontró colonias de murciélagos posadas encima de donde fue colocado el prototipo, dando una nueva variable a la investigación. En la Tabla 29 se muestra las observaciones que se tomó el día tres.

*Tabla 29. Efectos y observaciones del ultrasonido de hostigamiento probado en el día tres. Autores*

<b>Tiempo</b>	<b>Dia</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Efectos</b>	<b>Observaciones</b>
<b>5</b> (min)		36000 (Hz)	NO	Ruidos de advertencia leves
<b>10</b> (min)		36500 (Hz)	NO	Ruidos de advertencia leves
<b>15</b> (min)		37000 (Hz)	NO	Ruidos de advertencia leves
<b>20</b> (min)		37500 (Hz)	NO	Ruidos de advertencia leves
<b>25</b> (min)		38000 (Hz)	NO	Ruidos de advertencia altos
<b>30</b> (min)		38500 (Hz)	SI	Ruidos de advertencia altos
<b>35</b> (min)	3	39000 (Hz)	SI	Se separan de su familia
<b>40</b> (min)		39500 (Hz)	SI	Se separan de su familia
<b>45</b> (min)		40000 (Hz)	SI	algunos miembros permanecen en su lugar
<b>50</b> (min)		40500 (Hz)	SI	todos los miembros vuelan cerca del prototipo
<b>55</b> (min)		41000 (Hz)	SI	todos los miembros vuelan cerca del prototipo
<b>60</b> (min)		41500 (Hz)	SI	todos los miembros vuelan cerca del prototipo

#### **4.7. Comparaciones entre los datos muestreados**

Se comparó los datos de las tablas 24, 25, 26 y en promedio, a los 40 minutos de exponer a los murciélagos a frecuencias hostiles, estos se separaban de sus colonias volando muy cerca de prototipo. La frecuencia de (39500 Hz) es las más afectiva para ocasionar el hostigamiento por ultrasonido en los murciélagos de la especie *Myotis*, sin embargo, puede ser afecta por las condiciones del clima y la cantidad de humedad que existen en el ambiente.

## 5. CONCLUSIONES

- El diseño del prototipo se lo realizó en función a un variador de frecuencia de una onda, con el fin de reconocer el rango de frecuencias de perturbación de la especie de murciélago. Según registros fotográficos y comparación bibliográfica se determinó que la especie predominante de murciélago es la *Myotis negro (Myotis nigricans)* perteneciente a la familia *Vespertilionidae*, analizando que es un quiróptero muy sensible a las frecuencias de 37 kHz – 42 kHz.
- Dicho prototipo presentó diversas ventajas como su fácil transportación, no emplea materiales eléctricos costosos y son de fácil alcance, es de bajo impacto ambiental pues se puede fabricar con materiales reciclados. Sin embargo, se debe tener precaución al emplear baterías de litio estas soportan temperaturas hasta 35°C, siendo que la zona de pruebas presenta rangos mayores a 36°C.
- La comunidad de Wasakentsa es un lugar de difícil acceso, por lo cual, el prototipo fue probado en la parroquia de Pifo, lugar aledaño a la ciudad de Quito, que presentó colonias de murciélagos similares a las de la zona estudiada, en la que se experimentó cualitativamente las frecuencias de ultrasonidos en periodos de tiempo determinados.
- La recopilación de información se la realizó durante tres días, obteniendo una incertidumbre del 50%; se observó un cambio de comportamiento de los murciélagos, antes, durante y después de emplearse la fuente de ultrasonido; el día uno y dos con el prototipo encendido volaban cerca del mismo, generando un chillido, el día tres los mamíferos se encontraban lejos del lugar donde fue probado el prototipo, presenciando la utilidad del mismo.

## 6. REFERENCIAS

- [1] M. Salesianas, «Misiones Salesianas,» 3 diciembre 2020. [En línea]. Available: <https://misionessalesianas.org/noticias/indigenas-educacion-achuar-ecuador-1012/>. [Último acceso: 11 Enero 2022].
- [2] J. A. M. d. Molina, S. Velazco y V. P. y. J. C. Robledo, «Análisis de las vocalizaciones del murciélago longirrosto peruano *Platalina genovensium* Thomas, 1928 (Chiroptera: Phyllostomidae),» *Revista Peruana de Biología*, vol. 18, n° 8, 2011.
- [3] S. S. T. Ortega, «Historia del ultrasonido,» *Revista chilena de radiología*, vol. 10, n° 2, pp. 89-92, 2004.
- [4] A. P. D. Cara E. Brook, «Bats as ‘special’ reservoirs for,» *Trends in Microbiology*, vol. 23, n° 3, pp. 172-180, 2015.
- [5] GAFFI, Artist, *La histoplasmosis compete con la tuberculosis como la principal causa de muerte de los pacientes latinoamericanos con sida*. [Art]. GAFFI, 2018.
- [6] H. R. K. J. H. S. S. S. M. L. Ye Jin Lee, «Pulmonary histoplasmosis identified by Video-Assisted Thoracic Surgery (VATS) biopsy,» *Scopus*, vol. 2, n° 15, p. 2, 2018.
- [7] J. H. QUEZADA, Artist, *HISTOPLASMOSIS PULMONAR*. [Art]. Microbiologia, 2013.
- [8] E. R. F. S. d. R. S. F. G. L. O. G. R. I. S. S. K. Natalia Langenfeld Fuoco, «Street rabies virus strains associated with insectivorous bats are less pathogenic than strains isolated from other reservoirs,» *Antiviral Research*, vol. 160, pp. 94-100, 2018.
- [9] C. L. González, Artist, *Rabia Paralítica Bovina (RPB): Una enfermedad que no se puede perder de vista*. [Art]. BIO ZOO S.A de C.V., 2022.
- [10] J. Reina, «El SARS-CoV-2, una nueva zoonosis pandémica que amenaza al mundo,» *Vacunas*, vol. 21, n° 1, pp. 17-22, 2020.
- [11] M. E. Cortes, «Coronavirus como amenaza a la salud pública,» *Revista medica de Chile*, vol. 148, n° 1, pp. 124-126, enero 2020.
- [12] B. M. A. R. S. R. Kock RA, «Searching for the source of Ebola: the elusive factors driving its spillover into humans during the West African outbreak of 2013-2016,» *Scopus*, vol. 38, n° 1, pp. 113-122, 2019.
- [13] J. Akena, «ÉBOLA,» *Claves de la epidemia de ébola del Congo, la segunda peor de la historia*, 19 Julio 2019.
- [14] J. C. M. A. R. V. V. A. F. Brito, «bioweb de la Pontifica Universidad Catolica Ecuador,» 26 08 2021. [En línea]. Available: <https://bioweb.bio/faunaweb/mammaliaweb>.

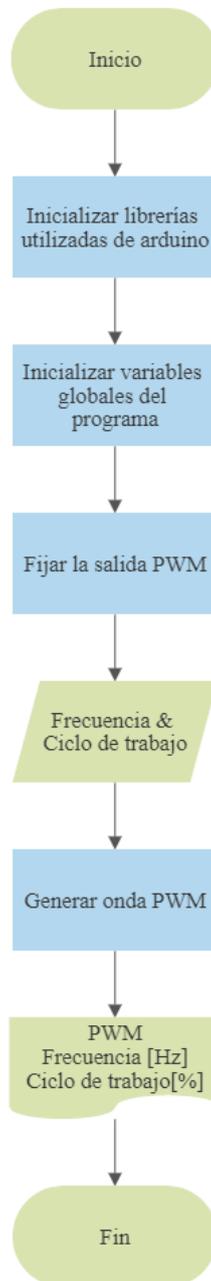
- [15] V. Romero, «Pontificia Universidad Católica del Ecuador,» 26 Enero 2022. [En línea]. Available: <https://bioweb.bio/faunaweb/mammaliaweb/FichaEspecie/Myotis%20nigricans>. [Último acceso: 1 julio 2022].
- [16] A. P. Y. Muñoz., «Pontificia Universidad Católica del Ecuador: Bioweb,» 5 Mayo 2018. [En línea]. Available: <https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb/UsuDatos/>.
- [17] A. B. R. Páez, Artist, *Caracterización de la riqueza y diversidad de murciélagos en cuevas de la provincia del*. [Art]. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2017.
- [18] J. Blasco-Zumeta, «Pipistrellus pipistrellus (Chiroptera, Vespertilionidae),» 2021. [En línea]. Available: <http://monteriza.com/wp-content/uploads/mamiferos/380.pipistrellus-pipistrellus.pdf>.
- [19] M. D. V. A. F. y. B. S. F. Rivera, Myotis nigricans, llamada de ecolocación., vol. 2017, 2015.
- [20] J. C. Sánchez, «Bases biofísicas de la audición,» *Scientia Et Technica*, vol. 1, nº 24, pp. 1-7, 2004.
- [21] L. M.-R. Jesús Mariano Merino, «La percepción acústica:,» *Revista científica*, nº 2, pp. 19-26, 2013.
- [22] M. M. P. A. B. G. Carlos Pineda Villaseñor, «Principios físicos básicos del ultrasonido,» *Investigación en Discapacidad*, vol. 1, nº 1, pp. 25-34, 2012.
- [23] F. J. R. d. Santiago, «Análisis e implementación de un sistema,» Universidad Autónoma de Madrid., Madrid, 2010.
- [24] M. G. M. D. B. S. Gwirc, «TRANSDUCTOR PIEZOELÉCTRICO PULSADO DE PELÍCULA GRUESA,» *VIII Workshop IBERCHIP*, pp. 3-5, 2002.
- [25] J. F. Rodríguez Ayala, Artist, *Diseño y construcción de un sistema electrónico de ahuyentamiento de aves por medio de recursos sonoros y visuales para la protección de campos de cultivo*. [Art]. 2009.
- [26] C. D. Yagual Pozo, Artist, *Diseño de un sistema automatizado por ultrasonido en subestaciones eléctricas para minimizar el impacto ambiental a la fauna..* [Art]. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, 2022.
- [27] Tecsa, «Las 7 principales causas de fallas en subestaciones eléctricas,» Tecsaqro, 30 Marzo 2019. [En línea]. Available: <https://www.tecsaqro.com.mx/blog/fallas-en-subestaciones-electricas/>. [Último acceso: 18 Julio 2022].
- [28] M. R. R. D. G. C. G. y. E. T.-L. Hernán Paz Penagos, «Diseño y construcción de un sistema electrónico para la repulsión de Copitarsia decolora (Lepidoptera: Noctuidae), plaga de flores de corte de exportación, mediante la simulación de llamadas de ecolocación de murciélagos,» *Revista Científica*, nº 10, pp. 6-16, 2007.
- [29] O. L. M. F. y. F. J. S. Cardona, «BIOLOGÍA DE Copitarsia decolora (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE: CUCULLIINAE), EN FLORES CULTIVADAS

DEL HÍBRIDO COMERCIAL DE *Alstroemeria* spp.,» *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, vol. 59, n° 1, pp. 3257-3270, 2006.

- [30] A. A.-A. y. S. Arévalo-Jaime, «Construcción y montaje de un ahuyentador electrónico ultrasónico para murciélagos frugívoros,» *Revista Ingenio*, vol. 3, n° 1, pp. 67-72, Diciembre 2010.
- [31] A. Kurniawan, *Arduino Nano A Hands-on Guide for Beginner*, PE press., 2019.
- [32] J. E. Atero, Artist, *Estudio de transductores piezoeléctricos para la generación de imágenes..* [Art]. Universidad Autónoma de Barcelona, 2019.
- [33] . M. Valencia, «Sistema de levitación ultrasónica para análisis espectroscópico de muestras líquidas,» de *Tesis de Maestría en Optomecatrónica. Centro de Investigaciones en Óptica*, Guanajuato , 2017.
- [34] A. Marzo, S. A. Seah, B. W. Drinkwater, D. R. Sahoo, B. Long y S. Subramanian, «Holographic acoustic elements for manipulation of levitated objects,» *Nature Communications*, vol. 6, n° 1, 2015.
- [35] Some\_Cicuitos, «Canal de Youtube, contenido de electrónica,» 15 Marzo 2022. [En línea]. Available: <https://rb.gy/lep8no>. [Último acceso: 29 Julio 2022].
- [36] Curso Laboral, «Youtube, Canal de contenido electronico,» 16 Mayo 2022. [En línea]. Available: [https://www.youtube.com/watch?v=52ZodV\\_uNO4](https://www.youtube.com/watch?v=52ZodV_uNO4). [Último acceso: 05 Agosto 2022].
- [37] Mexpolimeros, «Polímeros termoplásticos, elastómeros y aditivos,» 2014. [En línea]. Available: <https://www.mexpolimeros.com/etp/pa6.html>. [Último acceso: 06 Agosto 2022].
- [38] T. E. (. E), Artist, *n PA6 E (Polyamide 6 extruded)*. [Art]. *Plásticos & metales*, 2022.
- [39] Pontificia Universidad Católica del Ecuador, «Bioweb,» 05 Mayo 2018. [En línea]. Available: <https://bioweb.bio/faunaweb/mammaliaweb/ListaEspeciesPorFamilia/157>.

## **7. ANEXOS**

## 7.1. ANEXO 1



*Figura 54. Flujograma del código variador de frecuencia de onda PWM*

### ***7.1.2. Código de Arduino implementado para la generación de frecuencias PWM***

```
//LIBRERIA PARA EL MODULO I2C Y PANTALL LCD 16X2

#include <LiquidCrystal_I2C.h>

/*(0x27,16,2) COMANDO PARA GENERAR SALIDAS ANALOGAS = OUTPUT
A5=SCL A4=SDA*/

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);

//LIBRERIA PARA LA PANTALLA LCD 16X2

/*#include <LiquidCrystal.h>

LiquidCrystal lcd(8, 9, 4, 5, 6, 7);*/

//LIBRERIA PARA GENERAR ONDAS CUADRADAS PWM

#include <PWM.h>

int inc_freq;          /*BOTON PARA INCREMENTO DE
FRECUENCIA*/

int dec_freq=1;       /*BOTON PARA DECREMENTO DE
FRECUENCIA*/
```

```
int inc_duty;          /*BOTON PARA INCREMENTO DEL CICLO DE
TRABAJO*/

int dec_duty=1;       /*BOTON PARA DECREMENTO DEL CICLO DE
TRABAJO*/

int freq=10000;      /*VARIABLE ASIGNADA PARA LA
FRECUENCIA*/

int duty=50;         /*VARIABLE ASIGNADA PARA EL CICLO DE
TRABAJO*/

int ant_freq=1;      /*VALOR DEL ESTADO ANTERIOR DE LA
FRECUENCIA*/

int ant_duty=1;      /*VALOR DEL ESTADO ANTERIOR DEL CICLO
DE TRABAJO*/

int time_push = 0;   /*TIEMPO EN QUE SE PRESIONA EL BOTON*/

int time_free = 0;   /*TIEMPO EN QUE SE LIBERA EL BOTON*/
```

```

int time_press = 0;          /*TIEMPO QUE SE MANTUVO PRESIONADO EL
BOTON +FREQ*/

int time_press2 = 0;        /*TIEMPO QUE SE MANTUVO PRESIONADO EL
BOTON -FREQ*/

int ref_1 = 0;              /*VARIABLE PARA CONDICION INICIAL DE
+FREQ*/

int ref_2 = 0;              /*VARIABLE PARA CONDICION INICIAL DE -
FREQ*/

float factor= 4;            /*FACTOR DE MULTIPLICACION PARA
OBTENER UN RANGO DE FRECUENCIA*/

                             /*CON factor=1 SE TIENE DE 33 A 30,000 HZ*/

/*_____*/

void setup() {

  lcd.init();

  lcd.backlight();

  lcd.clear();              /*ESTABLECIENDO EL TIPO DE DISPLAY*/

  Serial.begin(9600);       /*INICIALIZANDO EL PUERTO SERIE*/

```

```

pinMode(12,INPUT);          /*PULL UP BOTON PARA INCREMENTAR CYCLE
DUTY */

pinMode(10,INPUT);        /*PULL UP BOTON PARA INCREMENTAR
FRECUENCIA */

InitTimersSafe();

}

/*_____*/

void loop() {

/*CODIGO PARA INCREMENTAR EL VALOR DEL CICLO DE TRABAJO AL
OPRIMIR PUSH-BOTON EN EL PIN 12 */

inc_duty = digitalRead(12);

if (ant_duty != inc_duty && dec_duty!=inc_duty){

if (inc_duty ==HIGH){

digitalWrite(12,HIGH);

duty++;

Serial.println(duty);

delay(50);}

}

ant_duty=inc_duty;

```

```
/*CODIGO PARA DECREMENTAR EL VALOR DEL CICLO DE TRABAJO AL  
OPRIMIR PUSH-BOTON EN EL PIN 13 */
```

```
dec_duty = digitalRead(13);
```

```
if (dec_duty ==HIGH){
```

```
if(ant_duty!=dec_duty){
```

```
digitalWrite(13,HIGH);
```

```
duty--;
```

```
Serial.println(duty);
```

```
delay(50);}
```

```
}
```

```
ant_duty=dec_duty;
```

```
/*ESTABLECIENDO LOS VALORES LIMITE PARA EL CICLO DE TRABAJO DE  
0 A 99%*/
```

```
if (duty<0){
```

```
duty=0;}
```

```
if (duty>99){
```

```
duty =99;
```

```
Serial.println(duty);
```

```
delay(100);}

pwmWrite(3, duty*2.56);

delay(50);
```

```
/*CODIGO PARA INCREMENTAR EL VALOR DE LA FRECUENCIA AL
OPRIMIR PUSH-BOTON EN EL PIN 10 */
```

```
inc_freq = digitalRead(10);
```

```
if (ant_freq != inc_freq && dec_freq!=inc_freq){
```

```
if (inrc_freq ==HIGH){
```

```
digitalWrite(10,HIGH);
```

```
freq++;
```

```
Serial.println(freq);
```

```
delay(5);}

}
```

```
ant_freq=inc_freq;
```

```
/*CODIGO PARA DECREMENTAR EL VALOR DE LA FRECUENCIA AL
OPRIMIR PUSH-BOTON EN EL PIN 11 */
```

```

dec_freq = digitalRead(11);

if (dec_freq ==HIGH){

if(ant_freq!=dec_freq){

digitalWrite(11,HIGH);

freq--;

Serial.println(freq);

delay(5);}

}

ant_freq=dec_freq;

/*CODIGO PARA CONTAR EL TIEMPO QUE SE MANTIENE OPRIMIDO +Freq
*/

if (!digitalRead(inc_freq) && ref_1 == 0){

ref_1 = 1;

time_push = millis(); }

if (digitalRead(inc_freq) && ref_1 == 1){

time_free = millis();

time_press = time_free - time_push;

ref_1 = 0;

```

```

Serial.print("Tiempo que se mantuvo presionado +Freq: ");

Serial.println(time_press);

}

/*CODIGO PARA CONTAR EL TIEMPO QUE SE MANTIENE OPRIMIDO -Freq */

if (!digitalRead(dec_freq) && ref_2 == 0){

ref_2 = 1;

time_push = millis();}

if (digitalRead(dec_freq) && ref_2 == 1){

time_free = millis();

time_press2 = time_free - time_push;

ref_2 = 0;

Serial.print("Tiempo que se mantuvo presionado -Freq: ");

Serial.println(time_press2);

}

/*ESTABLECIENDO LOS VALORES LIMITE PARA LA FRECUENCIA DE 132 A
131050 HZ*/

if (freq<132){

```

```

freq=132;

Serial.println(freq);

delay(5);}

if (freq>131050){

freq=131050;

Serial.println(freq);

delay(5);}

//Serial.println(freq);

//delay(50);

/*CODIGO PARA AUMENTAR RAPIDAMENTE LA FRECUENCIA SI SE DEJA
PRESIONADO +Freq POR 3 Y 5 SEG*/

if (time_press>=3000 && digitalRead(inc_freq)){

freq= freq+100;}          /*AUMENTA CON MAS DE 3 SEGUNDOS*/

if (time_press>=5000 && digitalRead(inc_freq)){

freq= freq+1000;          /*AUMENTA CON MAS DE 5 SEGUNDOS*/

Serial.println(freq);

delay(5);}

```

```

/*CODIGO PARA DISMINUIR RAPIDAMENTE LA FRECUENCIA SI SE DEJA
PRESIONADO -Freq POR 3 Y 5 SEG*/

if (time_press2>=3000 && digitalRead(dec_freq)){

freq= freq-100;}          /*DISMINUYE CON MAS DE 3 SEGUNDOS*/

if (time_press2>=5000 && digitalRead(dec_freq)){

freq= freq-1000;          /*DISMINUYE CON MAS DE 5 SEGUNDOS*/

Serial.println(freq);

delay(5);}

/*ASIGNANDO LA SEÑAL DE SALIDA PWM AL PIN DIGITAL "3" */

/*El "factor" se utiliza para modificar el rango de frecuencia requerido*/

SetPinFrequencySafe (3,freq*factor);

delay(5);

/*COMANDOS PARA MOSTRAR TEXTO EN PANTALLA LCD: ESCRITURA Y
LOCALIZACION DE TEXTO EN LCD EN LA PRIMERA FILA*/

lcd.setCursor(0,0);

lcd.print("Freq: ");

```

```
lcd.print(freq*factor);
```

```
lcd.setCursor(14,0);
```

```
lcd.print("Hz");
```

```
delay(10);
```

```
/*ESCRITURA Y LOCALIZACION DE TEXTO EN LCD EN
```

```
LA SEGUNDA FILA*/
```

```
lcd.setCursor(0,1);
```

```
lcd.print("Duty cicle: ");
```

```
lcd.print(duty);
```

```
lcd.setCursor(14,0);
```

```
lcd.print(" %");
```

```
delay(10);
```

```
} //FIN DE LA CODIFICACION.....
```

## 7.2.ANEXO 2

### *BI Movilización para llegar al túnel de Pifo*

En Quito se debe llegar hasta la estación Rio coca y tomar buses interparroquiles que lleguen hasta el parque central de Pifo. Transcurrido el de viaje y llegada, se procede a caminar 30 minutos hasta llegar al túnel. Sin hacer ruido alistamos el equipo y ropa de protección, en caso de ser atacados por murciélagos investigamos el hospital más cercano a la zona. Preparados y listos entramos sigilosamente al túnel, siendo aproximadamente de 200m de largo por 5m de ancho, por el desconocimiento de dicho lugar especulamos que habría entre 100 a 200 murciélagos, pero en realidad superan los 1000 habitantes.

## 7.3. ANEXO 3

### 7.3.1. Elaboración de componentes en la ventana esquema electrónico y diseño

#### PCB de Proteus

##### 7.3.1.1. Diseño de elementos en la ventana esquema electrónico

Si el elemento o componente a simular no existe, se procede a realizar los siguientes pasos en la ventana de esquema electrónico. En la Figura 55 se muestra como se ha dibujado con líneas y rectángulos el símbolo equivalente a un piezoeléctrico de ultrasonido.

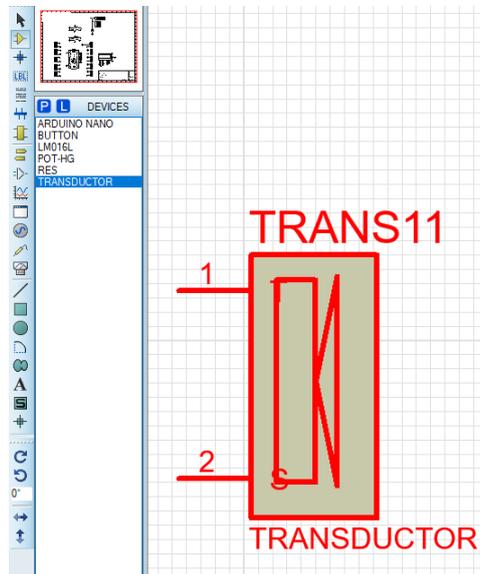


Figura 55. Ventana esquema electrónico, ejemplo de componente a construir. Autores  
Seleccionar a todas las formas que componen al elemento esquemático y con un clic derecho sobre la selección, se abre una ventana de herramientas con el ítem: crear un dispositivo, en la Figura 56 se muestra esta acción. Se realizó el mismo proceso para crear al módulo I2C para pantallas LCD 16x2, borneras de conexiones y pulsadores de 4 pines.

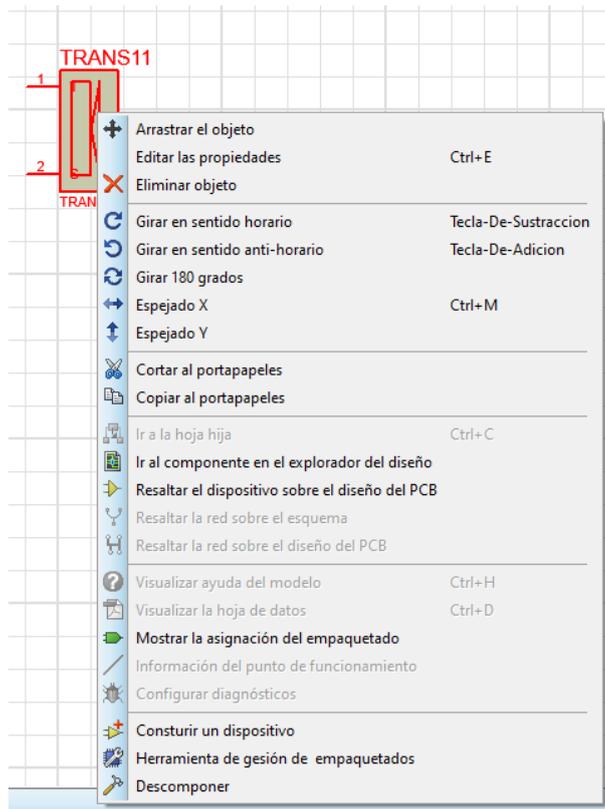


Figura 56. Ventana esquema electrónico ítem para crear un dispositivo. Autores

### 7.3.1.2. Diseño de elementos en la ventana diseño PCB

Es muy parecido a crear los elementos de manera esquemática, sin embargo, aquí se debe estandarizar las medidas de los elementos, es decir, si se obtiene físicamente un elemento y las librerías del software no contiene información de este, por consiguiente, se debe medir y anotar los valores como distancia entre pines o características que permitan crear el diseño PCB. Cuando se realizó esta metodología para estandarizar medidas, se dibujó el paquete PCB para el piezoeléctrico de ultrasonido, en la Figura 57 se muestra las distancias entre pines y la medida de separación que tienen. El dibujo en color celeste y rosa resaltan algunas características como:

- Las formas de color azul muestran en que posición debe ir el piezoeléctrico cuando es soldado.
- El piezoeléctrico tiene la forma de una antena parabólica dentro de su estructura y para darle equivalencia en el dibujo se creó este arco cóncavo, con ello ya se determina en que posición debe ser soldado.
- El círculo de color celeste es una característica que tiene los piezoeléctricos de ultrasonido. Es una protuberancia en un pin de este elemento que indica la polaridad, sin embargo, este dispositivo no tiene polaridad según las pruebas realizadas en el laboratorio.
- El círculo relleno en color rosa con un círculo interno de color gris, muestra la huella de cobre donde se debe aplicar estaño para soldar al elemento y el tamaño de broca para perforar la baquelita y solo sus pines o patas crucen el diámetro perforado y ser soldadas en esta capa.
- A cada huella de cobre se le debe asignar un número para gestionar los empaquetados en los elementos esquemáticos.
- La distancia de separación entre las huellas de cobre (círculos rosas) es la misma distancia entre pines o patas del piezoeléctrico obtenida con un calibrador para mayor precisión.

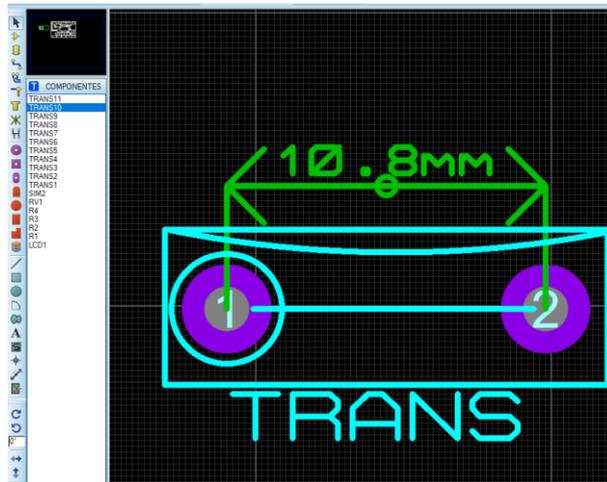


Figura 57. Ventana diseño PCB, ejemplo de componente a construir. Autores  
 Seleccionar a todas las formas que componen al diseño PCB y con un clic derecho sobre la selección, se abre una ventana de herramientas con el ítem: crear un empaquetado, en la Figura se muestra esta acción. Se realizó el mismo proceso para crear al módulo I2C para pantallas LCD 16x2, borneras de conexiones y pulsadores de 4 pines, aunque los pulsadores son elementos que contiene hoja de datos para ser simulados, pero no tiene asignado el empaquetado PCB.

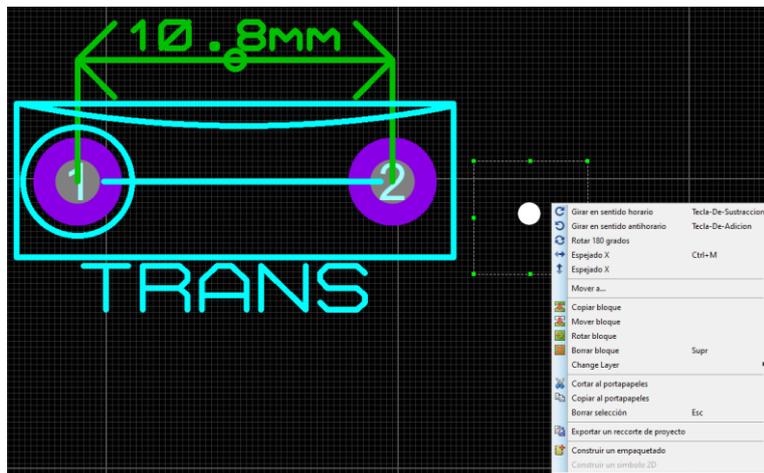


Figura 58. Ventana diseño PCB, ítem para crear un empaquetado. Autores  
**7.3.1.3.Administrador de librerías de Proteus**

El elemento de ejemplo de construcción esquemático y PCB es el piezoeléctrico de ultrasonido. Si no se gestiona su librería con el empaquetado al diseño esquemático, habrá un error en la ventana de diseño PCB como se muestra en la Figura 59.

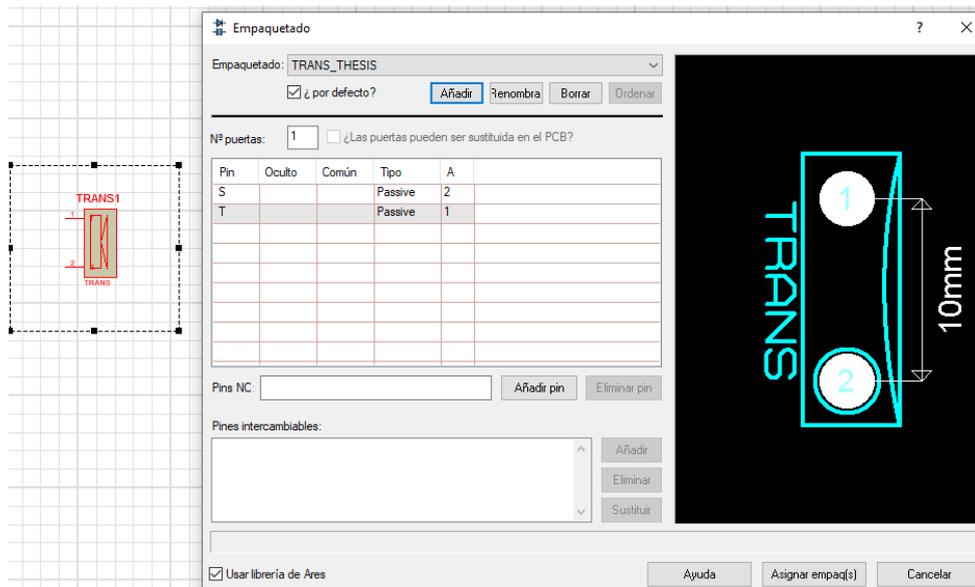
RV1	(1k)	X
RV2	(RES-VAR)	X
SIM2	(ARDUINO N	X

*Figura 59. Cuadro de elementos sin asignación de empaquetado PCB. Autores*

Las X de color rojo pertenecen a elementos que son posibles simular, pero no tienen asignado un paquete PCB para construir placas electrónicas. La solución para este error de elementos construidos por usuario o elementos por defecto de Proteus es la siguiente:

- Se debe trabajar en la ventana de esquema electrónico.
- Dar clic derecho sobre el elemento esquemático que no contiene asignado el empaquetado PCB.
- Seleccionar el ítem: herramienta gestión de empaquetados.

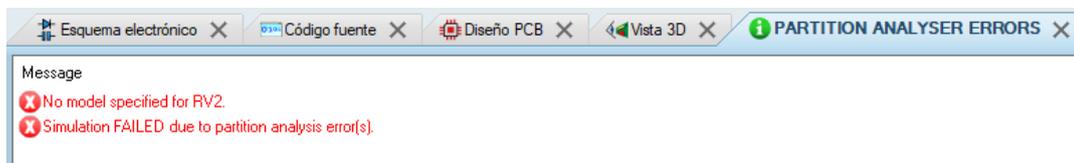
En la Figura 60 se muestra el proceso a realizar para quitar el error de las X rojas. El dispositivo en esquemático y PCB tiene asignado el número de pines y se deben unir entre sí, es decir, el pin uno del componente esquemático deber ser igual al pin 1 de diseño de empaquetado PCB, una vez realizado esto, se guarda al elemento y los errores se eliminan.



*Figura 60. Herramienta gestión de empaquetados PCB. Autores*

#### **7.3.1.4. Exclusión de elementos de la simulación para pruebas del prototipo**

Cuando se construye elementos o dispositivos y no son posibles simularlos en el diseño esquemático, enseguida se publica una ventana de errores como se muestra en la Figura 61.

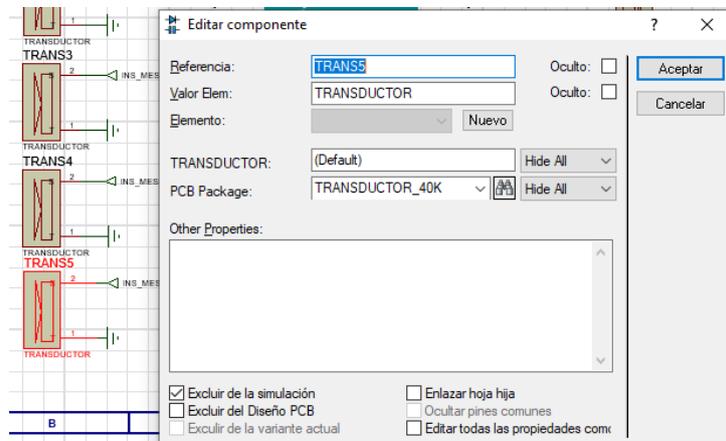


*Figura 61. Ventana de errores de Proteus. Autores*

Para solucionar este error se debe emplear los siguientes pasos:

- Clic derecho en el elemento no simúlale.
- Escoger el ítem editar las propiedades o la tecla Ctrl + E para abrir una ventana de propiedades.

- Colocar un visto del recuadro ubicado en la parte inferior: excluir de simulación, en la Figura 62 se puede observar esta acción.



**Figura 62.** Ventana de propiedades de los elementos esquemáticos, Autores

### 7.3.1.5. Cálculos obtenidos para el ancho de pista según la corriente del prototipo variador de frecuencia para la comunidad de Wasakentsa

En la siguiente Tabla 30 se mostrará los cálculos del ancho de pista que son obtenidos por medio de la ECUACION1 Y ECUACION 2 cuando se aplica los Datos de TABLA 15 Y TABLA 17.

**Tabla 30.** Cálculo de pistas para los dispositivos que conforman el prototipo.

Dispositivos	Pista	
Arduino y los elementos a controlar	5	(th)
Transductores piezoeléctricos	10	(th)
Borneras para corriente de entrada	15	(th)
Bornera para señal PWM	10	(th)
Pantalla LCD y módulo I2C	5	(th)

### ***7.3.1.6. Visualizador 3D del prototipo implementado en una placa electrónica***

Por medio de programas CAD se puede crear figuras que no existan en las librerías 3D de Proteus, como fue el caso del piezoeléctrico, el módulo I2C, pulsadores y borneras, sin embargo, existen paginas gratuitas o de pago que tienen el diseño de estos elementos y están en el formato de imagen para Proteus (IGES y STEP formato admitido por Proteus).

No se utilizaron estos dispositivos debido a que pertenece a la capacidad intelectual de otras personas y aunque estén estandarizados en medidas, se procedió a realizar por autoría de Cárdenas y Medina los planos y figuras necesarias para solucionar la falta de modelos 3D de los componentes creados por usuario.

En las siguientes figuras se adjunta los siguientes planos acotados y su modelo 3D sólido:

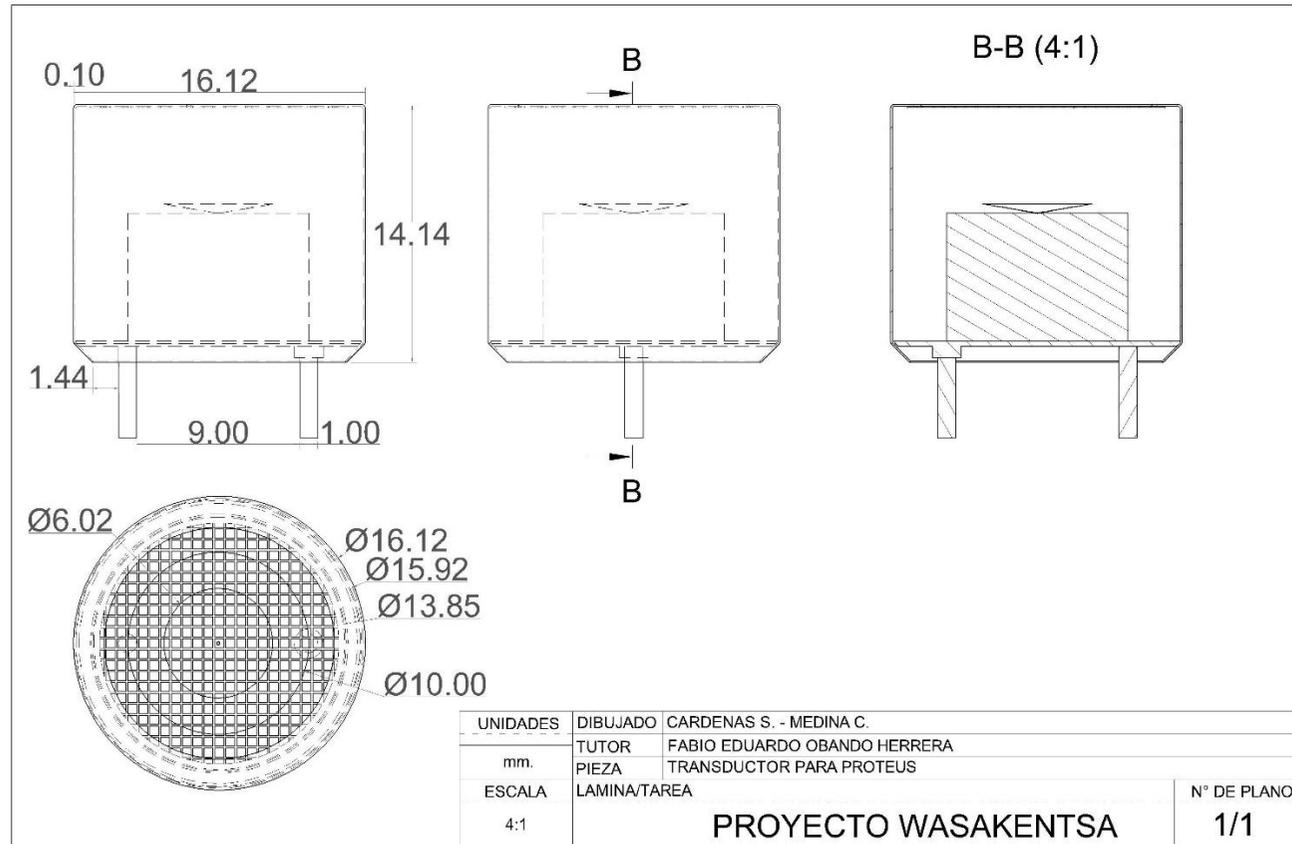


Figura 63. Plano acotado del piezoeléctrico de ultrasonido, Autores

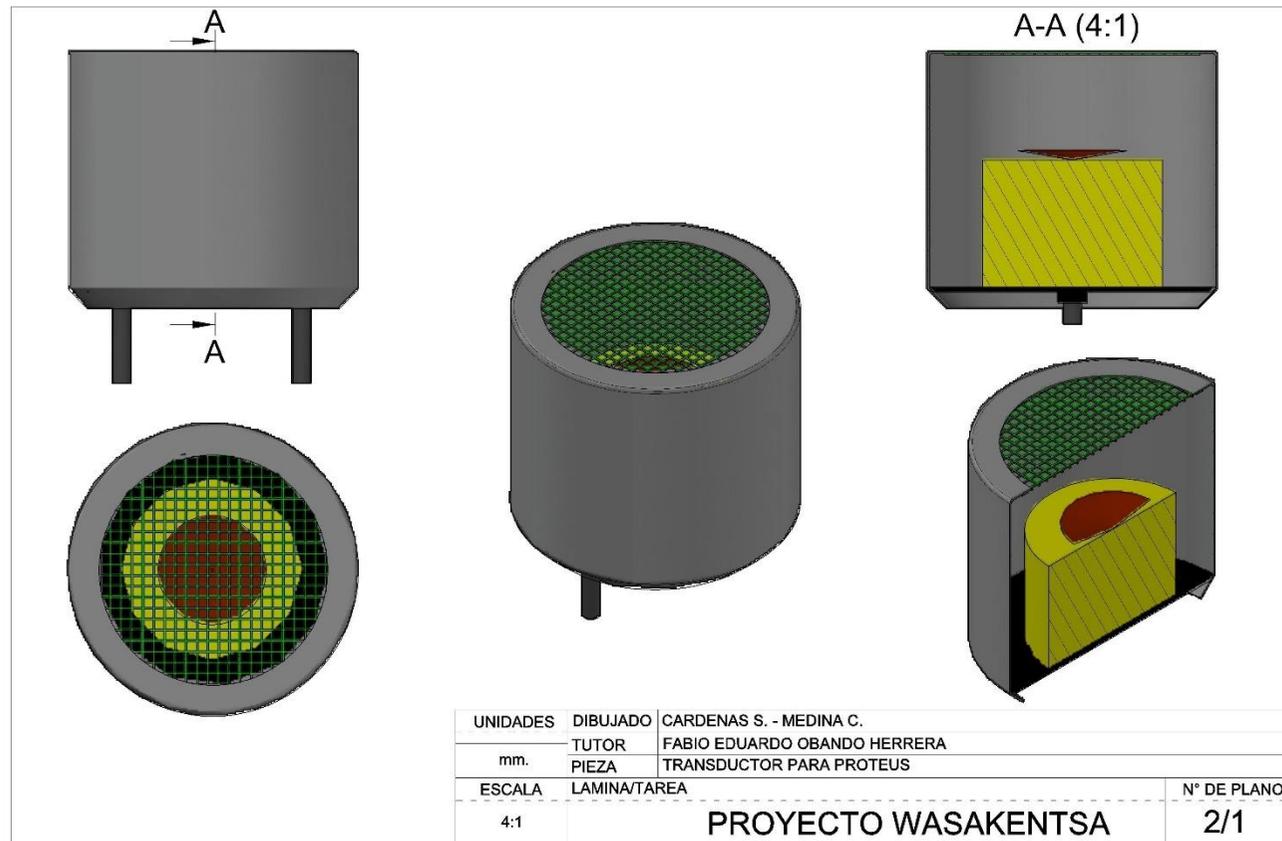


Figura 64. Plano sólido del piezoeléctrico de ultrasonido. Autores

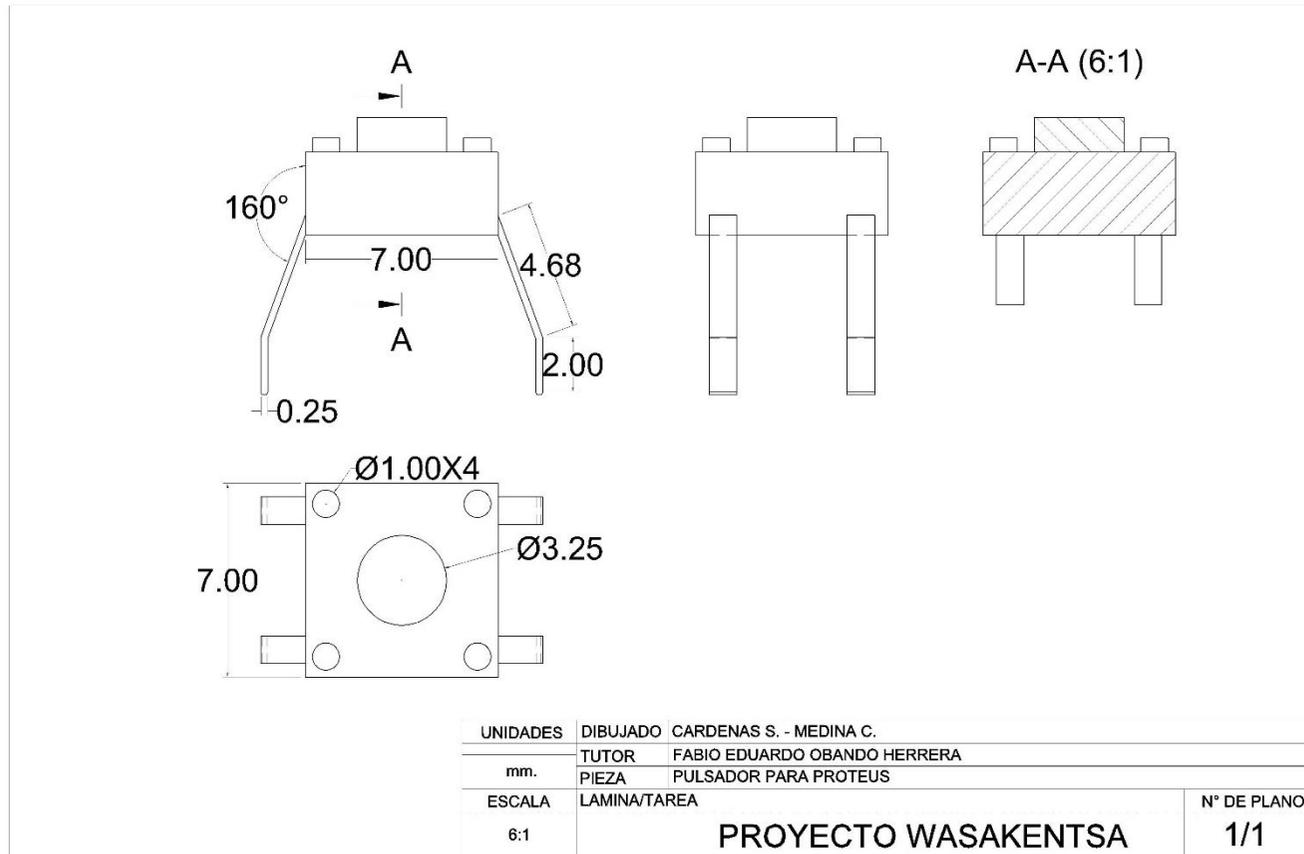


Figura 65. Plano acotado del pulsador 4 pines

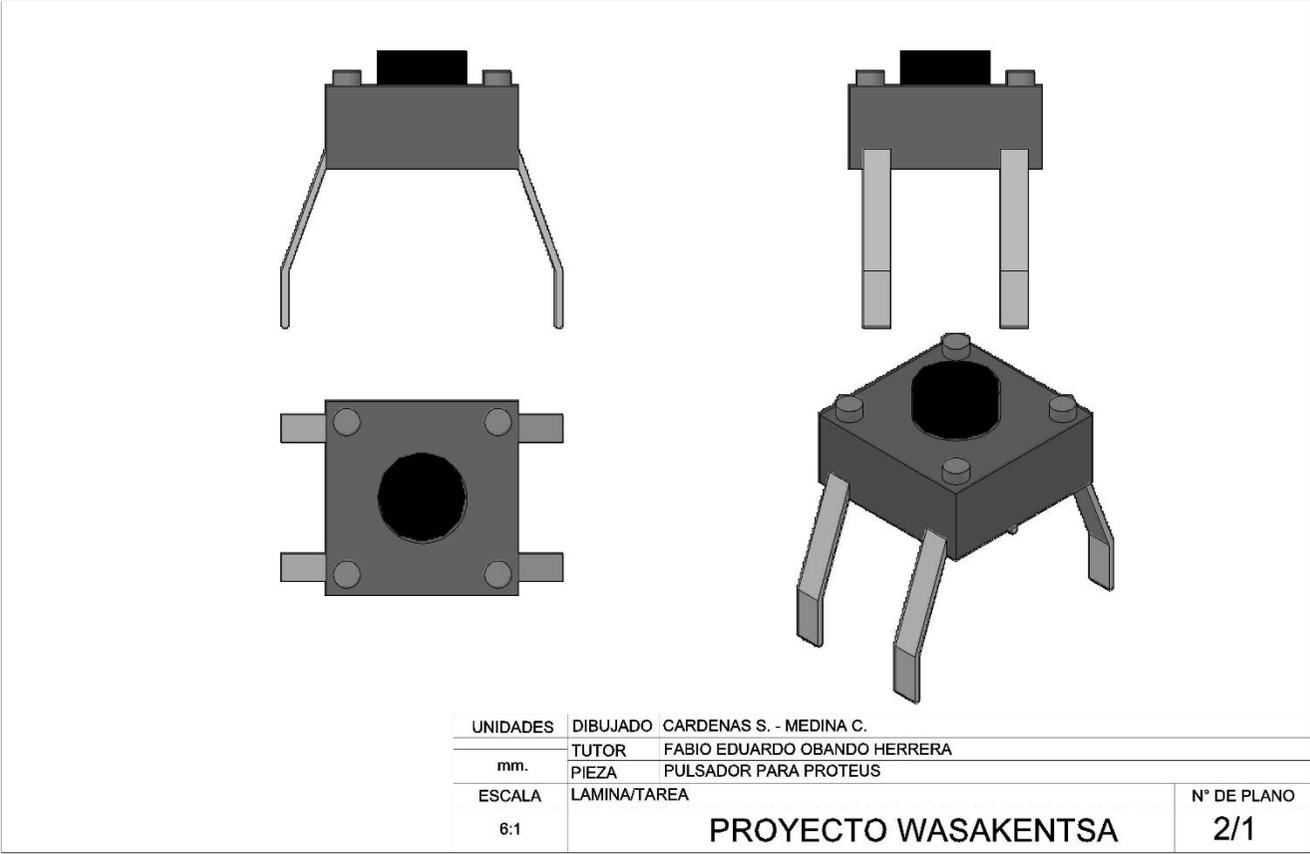


Figura 66. Plano sólido del pulsador 4 pines, Autores

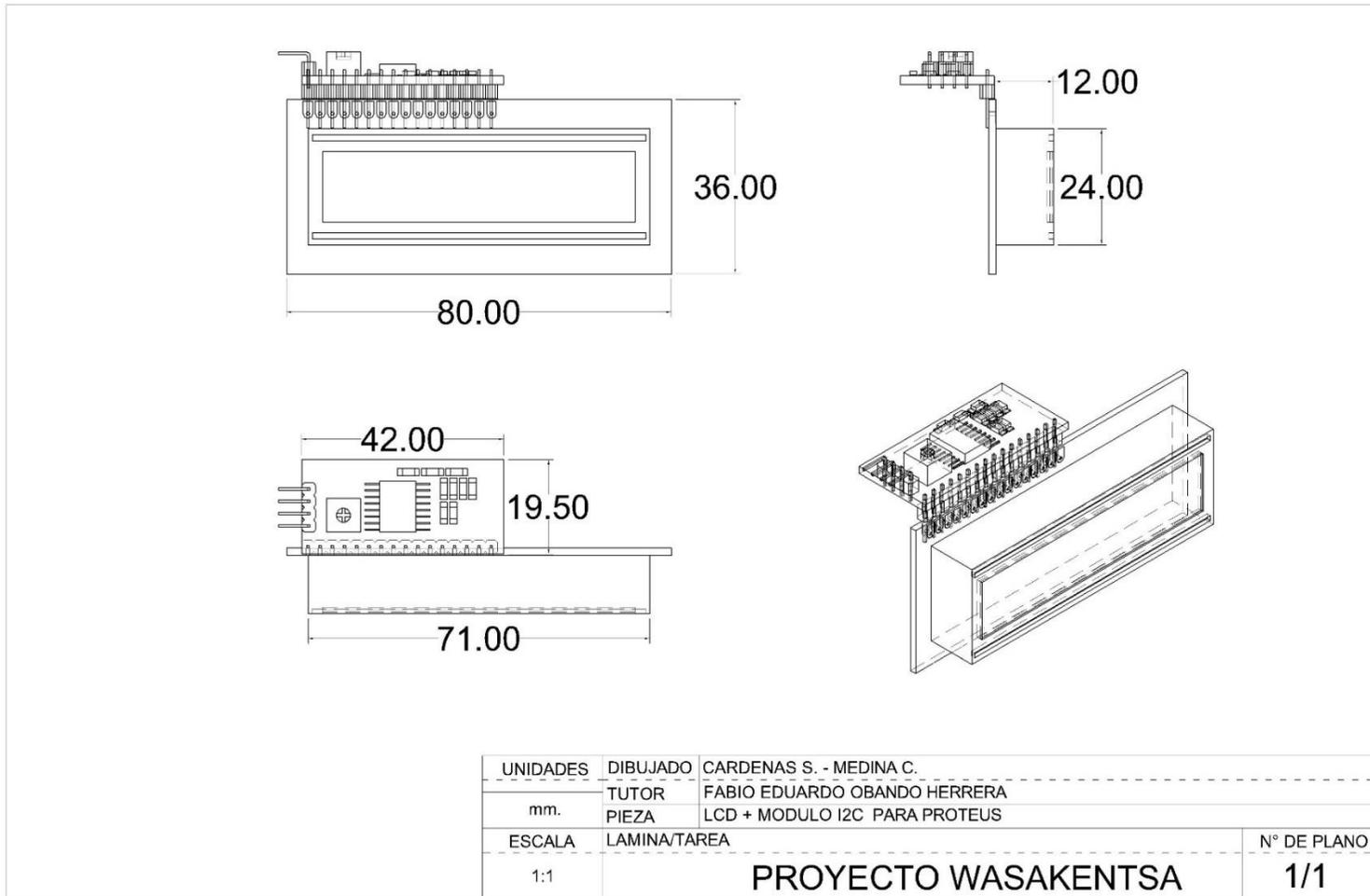


Figura 67. Plano acotado del módulo I2C con la pantalla LCD. Autores

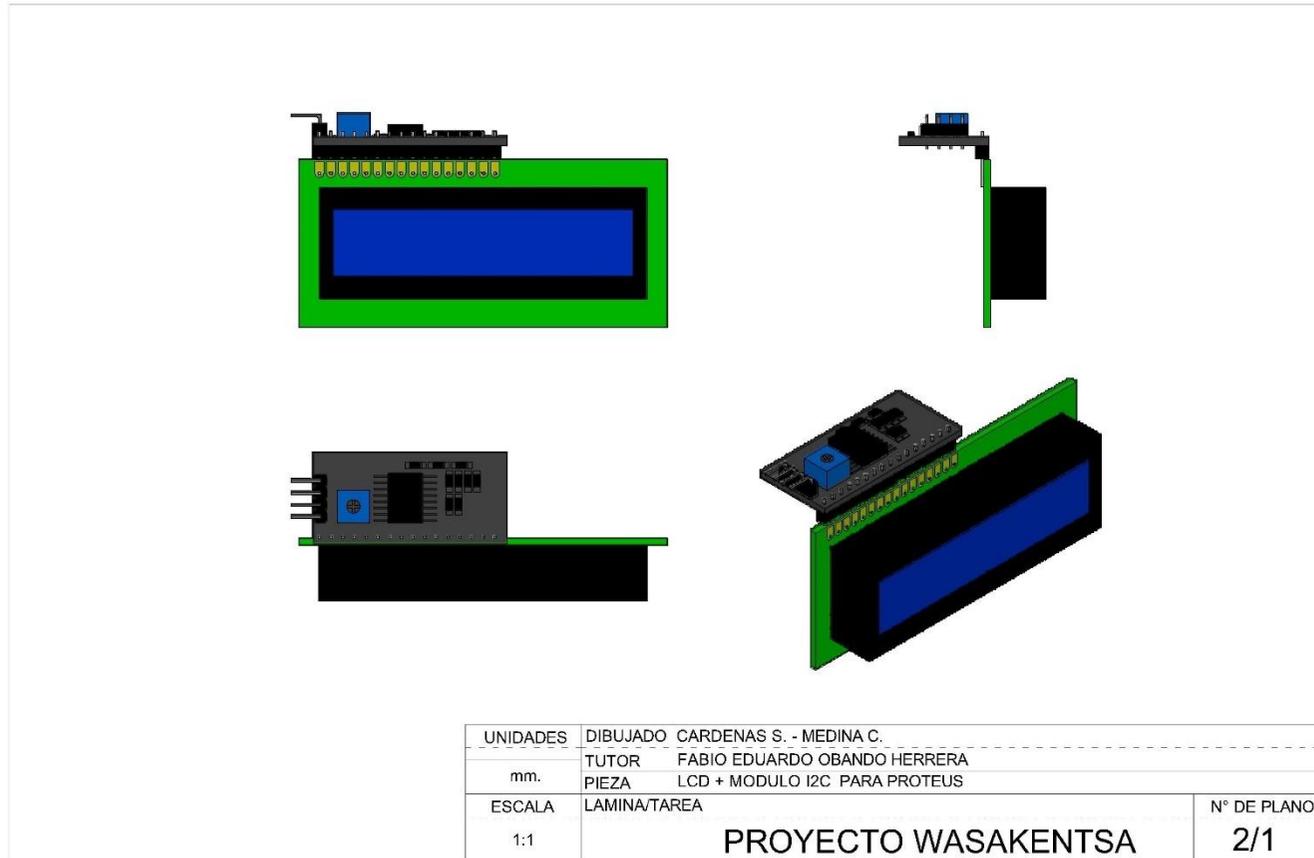


Figura 68. Plano sólido del módulo I2C con la pantalla LCD16x2

Cuando se han dibujado los dispositivos necesarios, es posible la importación de estos archivos en formato IGES o STEP para implementar en el modelo 3D de los elementos construidos por el usuario en Proteus. Se realiza los siguientes pasos para carga un modelo 3D y visualizar en la ventana 3D del proyecto:

Ubicarse en la venta diseño PCB.

Clic derecho en el empaquetado del elemento.

Seleccionar ítem modelo 3D.

En la ventana que se muestra en la Figura 69. Ventana vista 3D configuración individual del modelo 3D de un elemento se debe dar clic en la carpeta y cargar el modelo 3D

Por defecto, los agujeros pasantes de la placa no coinciden con los pines del elemento, se debe manipular la rotación y desplazamiento en las coordenadas X, Y y Z.

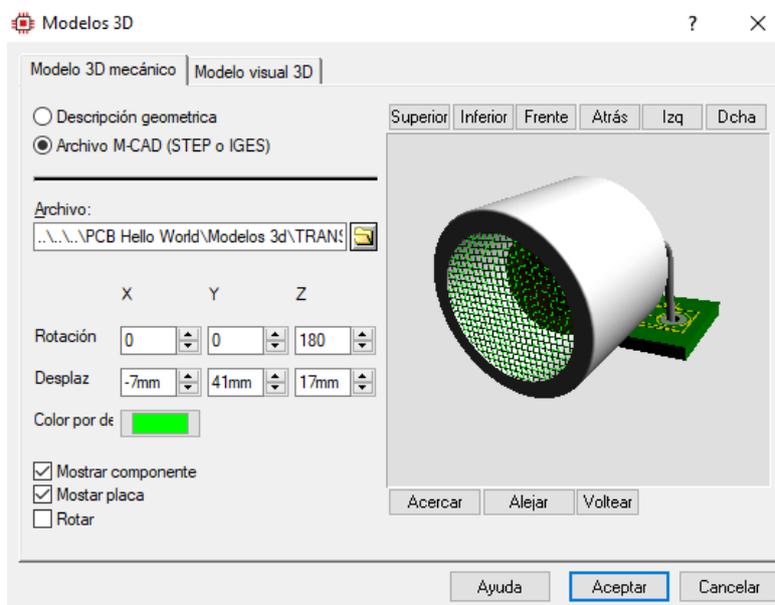


Figura 69. Ventana vista 3D configuración individual del modelo 3D de un elemento.

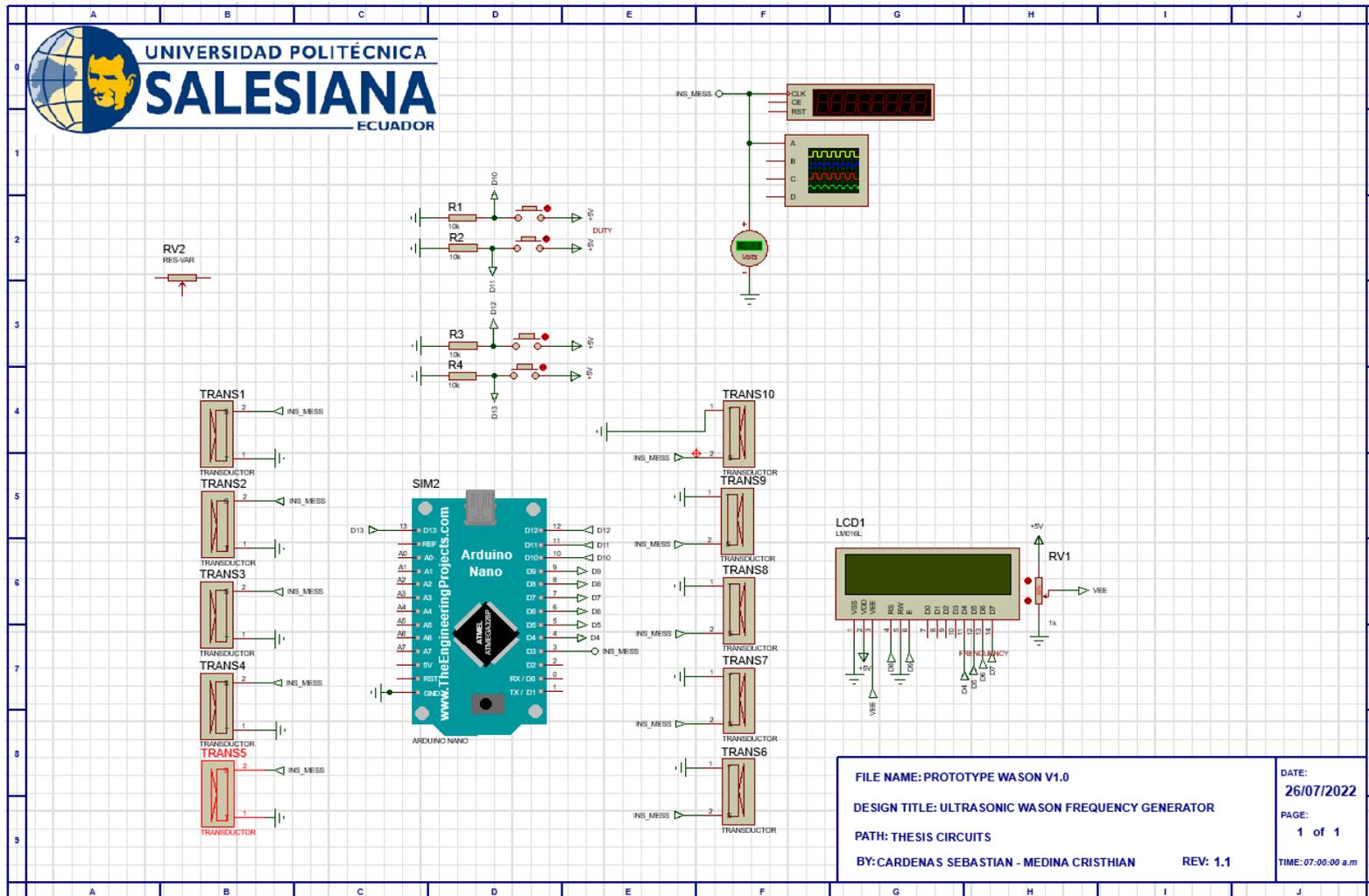


Figura 70. Plano esquemático de conexiones del prototipo variador de frecuencias de PMW. Autores

### 7.4.ANEXO 4

Resultados simulados del circuito.

FACTOR (2) 66[Hz] valores simulados																	
Freq		Duty Cycle		Amplitud [dB] sim		Amplitud %		Periodo [T] sim.		ton %		ton sim.		toff sim.		Amplitud % [dB] sim.	
66	[Hz]	DUTY	1.00%	4.95	[V]	0.0495	[V]	error		error		error		error		error	
66	[Hz]	DUTY	25.00%	4.95	[V]	1.2375	[V]	15.1	[ms]	3.8038	[ms]	3.73	[ms]	11.37	[ms]	1.21	[V]
66	[Hz]	DUTY	50.00%	4.95	[V]	2.475	[V]	15.15	[ms]	7.6075	[ms]	7.55	[ms]	7.6	[ms]	2.49	[V]
66	[Hz]	DUTY	75.00%	4.95	[V]	3.7125	[V]	15.5	[ms]	11.411	[ms]	11.65	[ms]	3.85	[ms]	3.69	[V]
66	[Hz]	DUTY	99.00%	4.95	[V]	4.9005	[V]	15.11	[ms]	15.063	[ms]	14.97	[ms]	0.14	[ms]	4.95	[V]
									$\bar{X}$	15.215	[ms]						

FACTOR (2) 66[Hz] valores reales																	
Freq		Duty Cycle		Amplitud [dB]		Amplitud %		Periodo [T]		ton %		ton		toff		Amplitud % [dB]	
66	[Hz]	DUTY	1.00%	error		error		error		error		error		error		error	
66	[Hz]	DUTY	25.00%	4.8	[V]	1.2	[V]	15.12	[ms]	3.78	[ms]	3.8	[ms]	11.32	[ms]	1.21	[V]
66	[Hz]	DUTY	50.00%	4.8	[V]	2.4	[V]	15.12	[ms]	7.56	[ms]	7.6	[ms]	7.52	[ms]	2.42	[V]
66	[Hz]	DUTY	75.00%	4.8	[V]	3.6	[V]	15.12	[ms]	11.34	[ms]	11.2	[ms]	3.92	[ms]	3.62	[V]
66	[Hz]	DUTY	99.00%	4.8	[V]	4.752	[V]	15.12	[ms]	14.9688	[ms]	15	[ms]	0.12	[ms]	4.8	[V]
									$\bar{X}$	15.12	[ms]						

FACTOR (2) 16500[Hz] valores simulados																		
Freq		Duty Cycle		Amplitud [dB] sim.		Amplitud %		Periodo [T] sim.		ton %		ton sim.		toff sim.		Amplitud % [dB] sim.		
16500	[Hz]	DUTY	1.00%	4.95	[V]	0.0495	[V]		60.1	[us]	0.6009	[us]	0.14	[us]	29.86	[us]	0	[V]
16500	[Hz]	DUTY	25.00%	4.95	[V]	1.2375	[V]		60.09	[us]	15.024	[us]	7.45	[us]	22.68	[us]	1.21	[V]
16500	[Hz]	DUTY	50.00%	4.95	[V]	2.475	[V]		60.09	[us]	30.047	[us]	15.26	[us]	15	[us]	2.49	[V]
16500	[Hz]	DUTY	75.00%	4.95	[V]	3.7125	[V]		60.09	[us]	45.071	[us]	22.61	[us]	7.52	[us]	3.69	[V]
16500	[Hz]	DUTY	99.00%	4.95	[V]	4.9005	[V]		60.1	[us]	59.493	[us]	29.5	[us]	0.25	[us]	4.95	[V]
									X	60.094	[us]							

FACTOR (1) 1650[Hz] valores reales																		
Freq		Duty Cycle		Amplitud [dB]		Amplitud %		Periodo [T]		ton %		ton		toff		Amplitud % [dB]		
1650	[Hz]	DUTY	1.00%	error		error			error		error		error		error		error	
1650	[Hz]	DUTY	25.00%	4.48	[V]	1.12	[V]		60.09	[us]	15.0238	[us]	15	[us]	45.09	[us]	1.21	[V]
1650	[Hz]	DUTY	50.00%	4.48	[V]	2.24	[V]		60.09	[us]	30.0475	[us]	30	[us]	30.09	[us]	2.4	[V]
1650	[Hz]	DUTY	75.00%	4.48	[V]	3.36	[V]		60.1	[us]	45.0713	[us]	45	[us]	15.1	[us]	3.59	[V]
1650	[Hz]	DUTY	99.00%	4.48	[V]	4.4352	[V]		60.1	[us]	59.4941	[us]	59	[us]	1.1	[us]	4.71	[V]
									X	60.1	[us]							

FACTOR (2) 65515[Hz] valores simulados																		
Freq		Duty Cycle		Amplitud [dB] sim.		Amplitud %		Periodo [T] sim.		ton %		ton sim.		toff sim.		Amplitud % [dB] sim.		
65515	[Hz]	DUTY	1.00%	4.95	[V]	0.0495	[V]		error		error		error		error		error	
65515	[Hz]	DUTY	25.00%	4.95	[V]	1.2375	[V]		15.25	[us]	3.8119	[us]	3.63	[us]	11.62	[us]	1.21	[V]
65515	[Hz]	DUTY	50.00%	4.95	[V]	2.475	[V]		15.25	[us]	7.6238	[us]	7.62	[us]	7.63	[us]	2.49	[V]
65515	[Hz]	DUTY	75.00%	4.95	[V]	3.7125	[V]		15.25	[us]	11.436	[us]	11.35	[us]	3.9	[us]	3.69	[V]
65515	[Hz]	DUTY	99.00%	4.95	[V]	4.9005	[V]		15.24	[us]	15.095	[us]	15.11	[us]	0.13	[us]	4.95	[V]
									X	15.248	[us]							

FACTOR (1) 65515[Hz] valores reales																	
Freq		Duty Cycle		Amplitud [dB]		Amplitud %		Periodo [T]		ton %		ton		toff		Amplitud % [dB]	
65515	[Hz]	DUTY	1.00%	error		error		error		error		error		error		error	
65515	[Hz]	DUTY	25.00%	4.4	[V]	1.1	[V]	15.19	[us]	3.81063	[us]	4	[us]	11.19	[us]	1.13	[V]
65515	[Hz]	DUTY	50.00%	4.48	[V]	2.24	[V]	15.28	[us]	7.62125	[us]	7.6	[us]	7.68	[us]	2.4	[V]
65515	[Hz]	DUTY	75.00%	4.48	[V]	3.36	[V]	15.27	[us]	11.4319	[us]	11.6	[us]	3.67	[us]	3.58	[V]
65515	[Hz]	DUTY	99.00%	4.4	[V]	4.356	[V]	15.23	[us]	15.0901	[us]	15.2	[us]	0.0304	[us]	4.7	[V]
								$\bar{X}$	15.24	[us]							

## **7.5.ANEXO 5**

Planos de estructura.

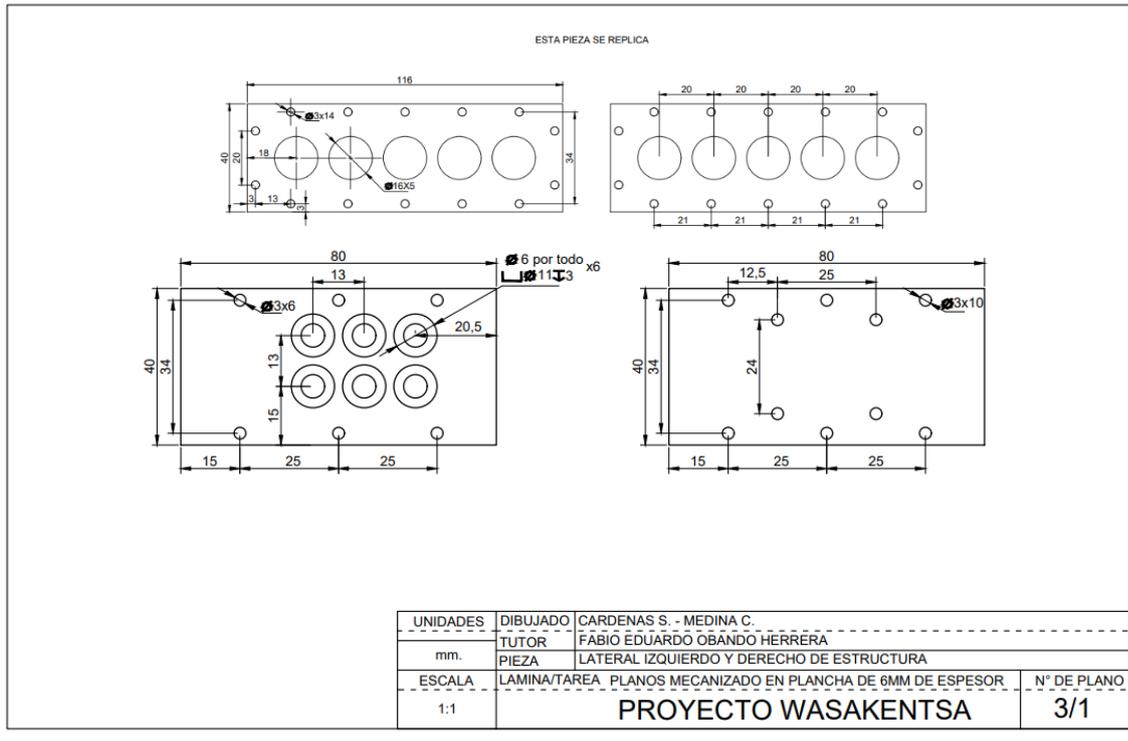


Figura 71. estructura de prototipo

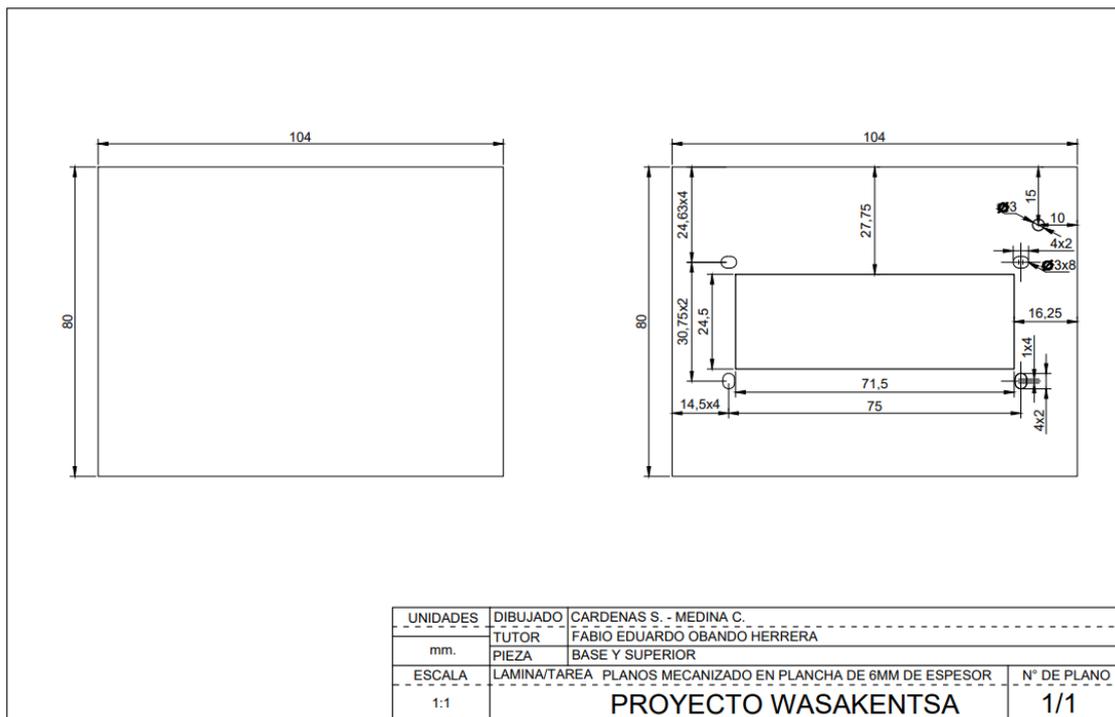


Figura 72. estructura de prototipo, elementos de cierre. Autores

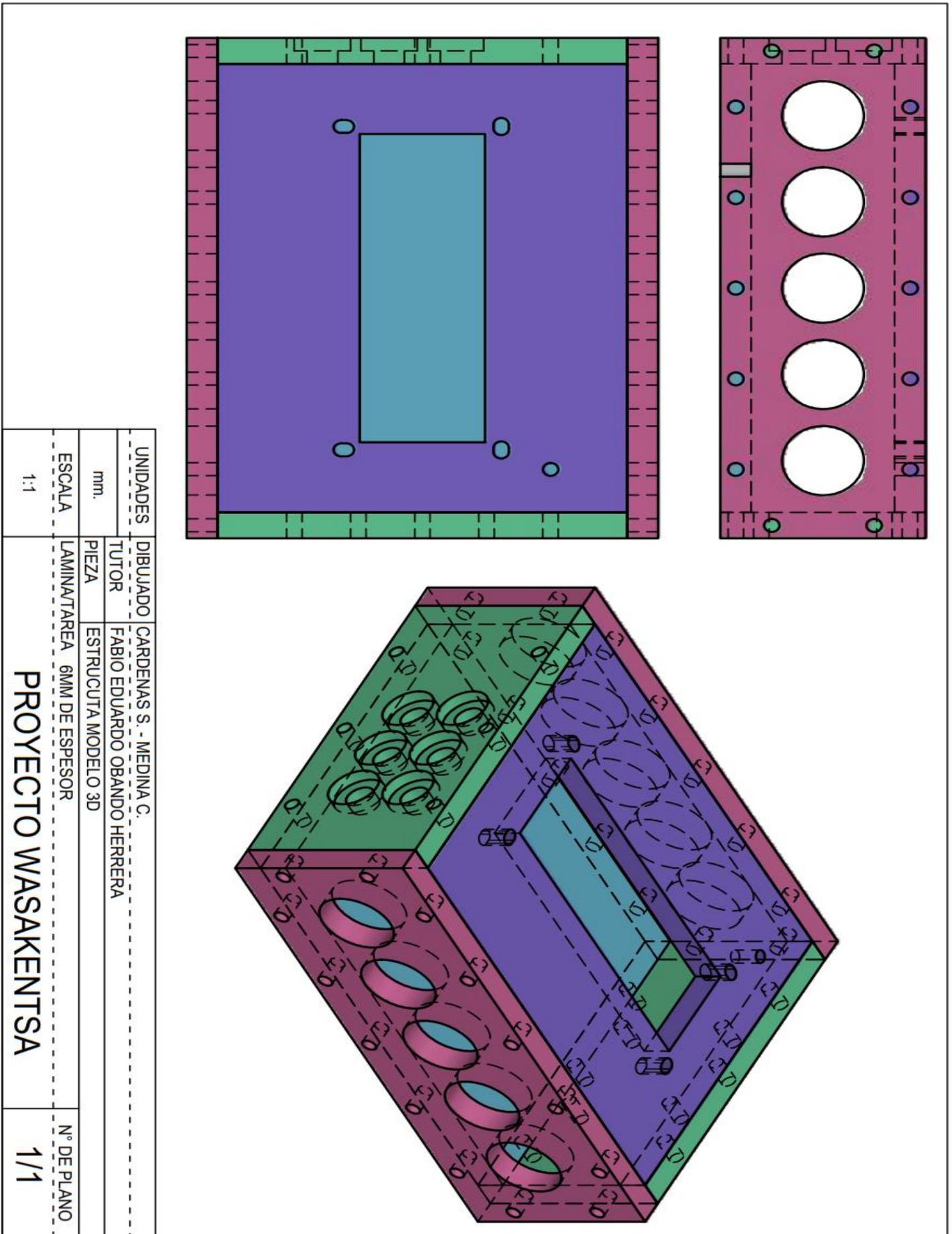


Figura 73. Estructura 3D de prototipo. Autores