



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA
REPELER AVES QUE SE APROXIMAN A LOS CULTIVOS
MEDIANTE ONDAS SONORAS UTILIZANDO TÉCNICAS DE
VISIÓN ARTIFICIAL.**

Trabajo de titulación

Tipo: Propuesta Tecnológica

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTORES:

ANGEL RODRIGO GUANGA HUERTA

LUIS ANDERSON PAUCAR CARRILLO

Riobamba-Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA
REPELER AVES QUE SE APROXIMAN A LOS CULTIVOS
MEDIANTE ONDAS SONORAS UTILIZANDO TÉCNICAS DE
VISIÓN ARTIFICIAL.**

Trabajo de titulación

Tipo: Propuesta tecnológica

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTORES: ANGEL RODRIGO GUANGA HUERTA

LUIS ANDERSON PAUCAR CARRILLO

DIRECTOR: DR. GEOVANNY ESTUARDO VALLEJO VALLEJO

Riobamba-Ecuador

2022

©2021, Angel Rodrigo Guanga Huerta, Luis Anderson Paucar Carrillo.

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Nosotros, Angel Rodrigo Guanga Huerta & Luis Anderson Paucar Carrillo, declaramos que el presente trabajo de titulación es de muestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 15 de febrero de 2022



Angel Rodrigo Guanga Huerta
C.I. 060412143-4



Luis Anderson Paucar Carrillo
C.I. 0706032497

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación tipo: Propuesta Tecnológica, “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE DETECCIÓN AUTOMÁTICO PARA REPELER AVES QUE SE APROXIMAN A LOS CULTIVOS MEDIANTE ONDAS SONORAS UTILIZANDO TECNICAS DE VISIÓN ARTIFICIAL.”, realizado por los señores: **ANGEL RODRIGO GUANGA HUERTA** y **LUIS ANDERSON PAUCAR CARRILLO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. PhD Diego Guillermo Barba Maggi.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

 Firmado electrónicamente por:
**DIEGO
GUILLERMO
BARBA MAGGI** 2022-03-02

Dr. Geovanny Estuardo Vallejo Vallejo.
**DIRECTOR DE TRABAJO DE
TITULACION**

GEOVANNY ESTUARDO VALLEJO VALLEJO
Firmado digitalmente por
GEOVANNY ESTUARDO
VALLEJO VALLEJO
Fecha: 2022.03.05
11:29:42 -05'00'

..... 2022-03-02

Ing. Edwin Vinicio Altamirano Santillán.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

EDWIN VINICIO ALTAMIRANO SANTILLAN
Firmado digitalmente
por EDWIN VINICIO
ALTAMIRANO
SANTILLAN
Fecha: 2022.03.04
18:09:55 -05'00'

..... 2022-03-02

DEDICATORIA

Le dedico este trabajo de titulación a mi padre, mi madre, quienes siempre me apoyaron y me enseñaron a valorar y respetar a las personas, también les agradezco por sacrificarse para darme una buena educación, a mis hermanos, quienes han estado a mi lado todo este tiempo y me han apoyado en cada momento de mi vida buenas o malas

Luis

Dedico este trabajo de titulación primeramente Dios que es mi fortaleza, a mis padres ya que muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este. Me formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos. A mis hermanos, cuñadas y sobrinos, por estar siempre a mi lado apoyándome y estar a mi lado en todo momento, sin ustedes no fuera posible este momento de triunfo y alegría en mi vida.

Angel

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a Dios por no desampararme y acompañarme y darme el valor para no darme por vencido en los objetivos que me he propuesto a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos difíciles y brindarme una vida llena de felicidad.

Le doy gracias a mis padres por apoyarme en todo momento, por enseñarme a valorar a las personas que me rodean y ayudar a los que lo necesitan, por haberme dado una excelente educación a lo largo de mi vida. Sobre todo, por ser fuente de inspiración y un gran ejemplo a seguir.

Luis

Primeramente, agradezco a Dios por otorgarme la vida, ayudarme y darme la fuerza para no darme por vencido en los momentos difíciles, por escuchar mis suplicas en momentos de desesperación y acobijarme entre sus brazos cuando me sentía derrotado.

A mis padres por ser fuente de inspiración y enseñarme valores como respeto y perseverancia, a mis hermanos por apoyarme incondicionalmente y siempre estar en los momentos más difíciles de mi vida y enseñarme la importancia de la unión familiar.

Angel

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS	xv
RESUMEN.....	xvi
SUMMARY	xvii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Marco teórico.....	6
1.2 Técnicas de Vision artificial.....	6
1.3 Componentes estándar de Vision artificial	6
1.3.1 Tipo de luz.....	7
1.3.1.1 Luz estroboscópica.....	7
1.3.1.2 Luz láser.....	7
1.3.2 Iluminación	7
1.3.2.1 Tipos de iluminación.....	8
1.3.2.2 Formas de iluminación artificial	9
1.3.2.3 Sistemas de iluminación artificial	10
1.4 Ondas sonoras	13
1.4.1 Percepción del sonido de las aves	14
1.5 Métodos para repeler aves.....	14
1.5.1 Motivo por el cual las aves han interferido en el ecosistema ya establecido.	16
1.5.2 Lugar de ubicación donde se aplicará los métodos convenientes	16
1.6 Adquisición de la imagen.....	16
1.6.1 Dispositivos para la adquisición de las imágenes.	17
1.6.2 Cámara	17
1.6.3 La tecnología del elemento del sensor	18
1.6.4 Cámaras a color	19
1.7 Microprocesador	19
1.8 Objeto.....	20
1.9 Software	20
1.9.1 Tipos de software.....	20
1.10 Descriptores	21
1.11 Reconocimiento	21
1.12 Clasificadores HAAR.....	22

2.	METODOLOGÍA	24
2.1	Requerimientos del diseño del Sistema Automático.	24
2.2	Concepción de la Arquitectura General del Sistema Automático.	24
2.3	Estructura del sistema Automático.	25
2.3.1	Conexión Raspberry Pi 4-Cámara.	26
2.3.1.1	<i>Diseño esquemático Raspberry Pi 4 y Cámara</i>	27
2.3.2	Conexión Raspberry Pi 4 y Batería LI-PO.	28
2.3.2.1	<i>Diseño esquemático Raspberry Pi 4 y Batería LI-PO.</i>	29
2.3.3	Conexión Raspberry Pi 4 Y Parlante.	30
2.3.4	Conexión Computadora y Raspberry.	30
2.3.4.1	<i>Diseño esquemático Raspberry Pi 4 y Batería LI-PO.</i>	31
2.3.5	Diseño general del sistema automático.	32
2.4	Implementación del dispositivo automático.	32
2.4.1	<i>Composición interna del case</i>	33
2.4.2	<i>Composición Externa del Case.</i>	34
2.5	Diseño del algoritmo de programación.	34
2.6	Función del dispositivo.	38
2.6.1	<i>Cámara.</i>	38
2.6.2	<i>Puerto de alimentación de energía.</i>	38
2.6.3	<i>Puerto de visualización.</i>	39
2.6.4	<i>Puertos de activación de ondas sonoras.</i>	40
2.7	Ubicación del Sistema Automático.	40
2.8	Comparación del sistema con dispositivo analógico para repeler aves	40
2.8.1	<i>Comparación de cobertura de la protección de los sistemas.</i>	41
2.8.2	<i>Alimentación de los dispositivos.</i>	41
2.8.3	<i>Tecnología del UltraSon X y el Sistema Automático.</i>	42
2.8.4	<i>Consumo de corriente de cada uno de los componentes del sistema.</i>	42
2.8.5	<i>Decibelios utilizados en el sistema.</i>	43
2.8.6	<i>Autonomía de la batería.</i>	45
2.9.	Análisis comparativos de equipo.	46
2.10	Validación del sistema automático.	46
2.10.1	<i>Validación de Imágenes.</i>	47
2.10.2	<i>Prueba de efecto de sonido en diferentes frecuencias.</i>	52
2.10.3	<i>Prueba de alcance perceptible del sonido.</i>	54
2.11	Consumo energético de los componentes del sistema automático.	57
2.11.1	<i>Medición en estado pasivo del sistema automático.</i>	57
2.11.2	<i>Consumo energético en reposo del sistema automático.</i>	58
2.11.3	<i>Medición en estado activo del sistema automático.</i>	58

2.11.4	<i>Consumo de energía en estado activo en la batería.</i>	58
3.	GESTIÓN DEL PROYECTO	61
3.1	Cronograma de Actividades	62
3.2	Evaluación de Costos.	63
3.2.1	<i>Análisis de costos del sistema automático.</i>	63
3.2.2	<i>Relación Beneficio/Costo</i>	63
3.3	Recursos Materiales.	64
4.	CONCLUSIONES	66
5.	RECOMENDACIONES	67
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Matriz de confusión.....	21
Tabla 1-2:	Distribución de pines Raspberry Pi 4 -Cámara	28
Tabla 2-2:	Librerías de inicio.....	36
Tabla 3-2:	Comparación de sistemas	41
Tabla 4-2:	Consumo de Corriente.....	42
Tabla 5-2:	Decibel Utilizado en el sistema automático	43
Tabla 6-2:	Resultados obtenidos a plena luz dentro del invernadero.....	49
Tabla 7-2:	Matriz de confusión con variables a plena luz dentro del invernadero	49
Tabla 8-2:	Resultados obtenidos en un día nublado dentro del invernadero	50
Tabla 9-2:	Matriz de confusión con variables en un día nublado dentro del invernadero	51
Tabla 10-2:	Frecuencia de diferentes ondas sonoras.....	52
Tabla 11-2:	Pruebas realizadas a tiempos diferentes	53
Tabla 12-2:	Alcancé que puede repeler las aves el dispositivo.....	57
Tabla 1-3:	Cronograma de actividades Sistema Automático.....	62
Tabla 2-3:	Análisis de costos	63
Tabla 3-3:	Relación beneficio/costo	63
Tabla 4-3:	Porcentaje de pérdida de cultivos	64
Tabla 5-3:	Componentes del sistema automático general.....	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Sistema de visión Artificial.....	6
Figura 2-1:	Iluminación Natural	8
Figura 3-1:	Iluminación Artificial.....	9
Figura 4-1:	Iluminaciones fluorescentes.....	10
Figura 5-1:	Iluminación de diodos led.....	10
Figura 6-1:	Iluminación de fondo	11
Figura 7-1:	Iluminación difusa axial.....	11
Figura 8-1:	Luz estructurada.....	12
Figura 9-1:	Iluminación de campo oscuro	12
Figura 10-1:	Iluminación de campo brillante.....	13
Figura 11-1:	Iluminación de domo difusa.....	13
Figura 12-1:	Audición de las aves	14
Figura 13-1:	Cámara Digital	18
Figura 14-1:	Cámara de tubo	19
Figura 1-2:	Conexión Raspberry Pi 4- Cámara.....	27
Figura 2-2:	Esquema de Conexión Raspberry Pi 4- Cámara	27
Figura 3-2:	Conexión Raspberry Pi 4- Batería LI-PO	29
Figura 4-2:	Esquema de conexión Raspberry Pi 4- Batería LI-PO.....	30
Figura 5-2:	Conexión Raspberry Pi 4- Parlante.....	30
Figura 6-2:	Conexión Computador -Raspberry Pi 4.....	31
Figura 7-2:	Esquema de conexión Computador -Raspberry Pi 4.....	31
Figura 8-2:	Diseño general del sistema automático.....	32
Figura 9-2:	Diseño case para Raspberry Pi.....	32
Figura 10-2:	Composición interna-posición de disipadores	33
Figura 11-2:	Componentes de regulación de temperatura	33
Figura 12-2:	Cámara RPI-CAM-V2 acoplada al Case	34
Figura 13-2:	Entorno visual del sistema	38
Figura 14-2:	Puerto de alimentación energética	39
Figura 15-2:	Puerto de visualización	39
Figura 16-2:	Puerto de activación sonora	40
Figura 17-2:	Localización del sistema automático	40
Figura 18-2:	Detección positiva del ave en el cultivo.....	47
Figura 19-2:	Detección positiva del ave en el cultivo parte frontal	48
Figura 20-2:	Detección positiva del ave cerca del invernadero	48
Figura 21-2:	Detección positiva del ave cerca en invernaderos y recorte	49
Figura 22-2:	Tamaño de la dimensión del terreno.....	54
Figura 23-2:	Ubicación del dispositivo en diferentes puntos.....	55

Figura 24-2: Medición de corriente estado pasivo	58
Figura 25-2: Medicion de corriente estado activo	59
Figura 26-2: Mediciones de potencia del dispositivo.	60

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-1:	Sistemas para repeler aves.....	15
Gráfico 2-1:	Detección de objetos	17
Gráfico 3-1:	Etapas de los clasificadores HAAR.....	23
Gráfico 1-2:	Etapas de diseño del sistema automático.....	25
Gráfico 2-2:	Estructura del Sistema Automático.	26
Gráfico 3-2:	Algoritmo para la detección de aves	35
Gráfico 4-2:	Prueba de efectos ante el sonido.....	54

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: TOMA DE MUESTAS.

ANEXO B: FICHAS TECNICAS.

ANEXO C: TOMA DE MEDICIONES.

ANEXO D: CODIGO FUENTE.

RESUMEN

El presente trabajo de integración curricular, tuvo como objetivo implementar un sistema automático para repeler aves mediante ondas sonoras utilizando visión artificial. Para lo cual, se implementó un software que permita detectar el movimiento de aves en los cultivos, que en conjunto con dispositivos electrónicos trabaje de forma conjunta. Se implementó un sistema automático de captura de imágenes que permite obtener las entradas del sistema, analizando las imágenes con herramientas de visión artificial orientadas al aprendizaje automático para la detección de aves con ayuda de librerías OpenCV y clasificadores Haar tipo cascada, los cuales se ejecutan sobre un software libre Linux. Se diseñó un algoritmo detector el cual fue programado en una tarjeta embebida de bajo costo económico. El sistema detecta la presencia de aves para repelerlas emitiendo una alarma sonora, la cual no influye de manera abrupta sobre el sentido auditivo y equilibrio de las aves de forma permanente. Mediante pruebas se determinó que existen ondas sonoras con una frecuencia de 44 kHz y una intensidad de sonido de 90 dB, que pueden lograr el propósito de repeler a las aves con eventos naturales (como truenos). El tiempo total de detección de funcionamiento del sistema es de 7 segundos y el tiempo de emisión de sonido es de 90 segundos.

Palabras clave: <SISTEMA AUTOMÁTICO>, <VISIÓN ARTIFICIAL>, <CLASIFICADOR HAAR TIPO CASCADA>, <OPEN CV>.



Firmado electrónicamente por:
**ELIZABETH
FERNANDA AREVALO
MEDINA**



0316-DBRA-UPT-2022

SUMMARY

The objective of this curricular integration work was to implement an automatic system to repel birds by means of sound waves using artificial vision. For which, it was implemented a software that allows detecting the movement of birds in the crops, aimed to work together with electronic devices. A system of automatic capture of images was implemented which allows to obtain the input of the system, analyzing the images with artificial vision tools oriented to machine learning for the bird detection with the help of OpenCV libraries and Haar cascade classifiers run on free software Linux. A detector algorithm was designed which was programmed on a low-cost embedded card. The system detects the presence of birds to repel them by emitting an audible alarm, which does not abruptly influence on the auditory sense and balance of birds permanently. Through tests it was determined that there are sound waves with a frequency of 44 kHz and a sound intensity of 90 dB, which can achieve the purpose of repelling birds with natural events (such as thunder). The total time for detecting the operation of the system is 7 seconds and the sound emission time is 90 seconds.

KEY WORDS: <AUTOMATIC SYSTEM>, <ARTIFICIAL VISION>, <CLASSIFIER CASCADE- TYPE HAAR>, <OPEN CV>.



Firmado electrónicamente por:
**NELLY MARGARITA
PADILLA PADILLA**

1. INTRODUCCIÓN

La digitalización y la automatización han provocado una profunda revolución, caracterizada especialmente por la aparición de dispositivos multimedia y por una expansión espectacular de las redes telemáticas. Los sistemas expertos y la inteligencia artificial aumentan vertiginosamente la interactividad... La velocidad de procesamiento de la información crece constantemente, así como la capacidad casi ilimitada de almacenamiento (Entonado, 2016).

Los elementos de visión artificial aplicados a la industria han evolucionado considerablemente buscando cumplir la necesidad de las líneas de producción que necesitan una precisión y una agilidad cada vez más llevada al límite. Los sistemas de visión artificial en producción se encargan de adquirir, procesar, analizar y 'comprender' las imágenes con el fin de producir información numérica o simbólica utilizada para la toma de decisiones tanto en tiempo real como en análisis posteriores. Además, permiten ser usadas en posiciones donde las condiciones ambientales y de seguridad no permitirían la presencia humana (García Fuentes, y otros, 2014).

Según diferentes estudios realizados por la Universidad de Cornell en Estados Unidos de América, se determina que existe una pérdida del 30% de producción debido exclusivamente a las aves; lo que permite entender que en el mundo se están perdiendo 5.321,442 millones de dólares, y en Colombia se están perdiendo 32,8938519 millones de dólares (Marín, y otros, 2019).

En el año 2017, en la provincia de los Ríos -principal zona maicera del Ecuador- se empezaron a detectar daños en mazorcas con picaduras y otras sin grano por ser alimento de las aves, los productores tuvieron que desechar las mazorcas dañadas y recolectar las buenas, pero según un estudio que se realizó en el mismo año en los terrenos donde antes se cosechaban hasta 180 quintales de maíz duro se ha recogido 30 quintales menos, lo que en pérdidas económicas implica aproximadamente \$447 dólares, este monto para los productores es significativo puesto que a esto se suma la contaminación del maíz dentro de las bodegas ya que las aves anidan en sus alrededores (ESTRELLA, 2020).

En el Ecuador se ha realizado estudios sobre un Sistema Automático para ahuyentar aves mediante ondas sonoras, es un proyecto que utiliza la ingeniería electrónica para resolver problemas sociales como son el exceso de palomas en ciertas áreas de la zona urbana, causando impacto en el medio ambiente este es un sistema pasivo el cual no presta ayuda en el área agrícola ya que dicho dispositivo al tener componentes analógicos se vuelve inestable al momento de

repeler a las aves causando así daños a los cultivos (ESTRELLA, 2020).

ANTECEDENTES

Actualmente, la tecnología puede completar cientos de tareas, lo que reduce el tiempo, el costo y la carga de trabajo. El sector agrícola no es una excepción. Las nuevas tecnologías que son cada vez más eficientes, económicas y respetuosas con el medio ambiente han permitido a los agricultores, automatizar procesos que a menudo son agotadores, complejos e incluso peligrosos. Sin embargo, el problema es que el costo de lidiar con ellos es mayor que la pérdida, por lo que los agricultores no encontraron una solución alternativa, sino que se vieron obligados a soportar la pérdida causada por el problema. Según el agrónomo y agricultor, este es el caso de un invernadero en la ciudad de Riobamba, debido a la destrucción de aves, la producción semanal del invernadero se ha reducido en aproximadamente un 25%.

De acuerdo con las necesidades de los cultivos alrededor de Riobamba, las aves pueden dañar plantas, frutos, cultivos e incluso propagar enfermedades, por lo que se recomienda desarrollar un sistema automático que pueda detectar y rechazar aves en cultivos.

Este proceso incluye microprocesadores, que utilizan cámaras a lo largo de los cultivos para localizar a las aves y desplazarse a sus ubicaciones para repelerlas. Por esta razón, los agricultores están dispuestos a proporcionar un espacio limitado para las pruebas reales. Además, se recomienda continuar dentro de las nueve semanas.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo implementar un sistema automático para repeler aves que se aproximan a los cultivos mediante ondas sonoras utilizando técnicas de visión artificial?

SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

¿Qué investigación se debe realizar para determinar el rango permitido de la onda sonoras para repeler las aves sin que les produzca daño alguno?

¿Se puede construir un sistema que automáticamente pueda repeler las aves en los cultivos?

¿Cómo evaluar la eficiencia del sistema implementado para repeler las aves?

JUSTIFICACIÓN

JUSTIFICACIÓN PRACTICA

El presente trabajo consistirá en la implementación de un sistema automático para repeler aves que se aproximan a los cultivos mediante ondas sonoras utilizando técnicas de visión artificial con la finalidad de repeler a las aves.

El área de Ricpamba, utilizado para los cultivos, que proporciona alimentos a la ciudad de Riobamba, sufre hasta un 30% de las pérdidas de cultivos cada año debido a los ataques de aves. Las personas han tomado medidas para proteger sus cultivos de formas ortodoxas que son poco confiables. Han contratado personal para cuidar los cultivos, pero han gastado mucho dinero y son poco fiables, porque la gente no realiza su trabajo correctamente por diversos factores, como el cansancio o el aburrimiento.

El propietario no puede monitorear permanentemente el espacio, por lo que se requiere que el sistema mediante el procesamiento de imágenes envíe una alarma para ahuyentar a las aves, para que los cultivos puedan crecer en las mejores condiciones. La comunidad, especialmente los agricultores, adoptó un método y expresaron sus demandas. Se establecerá un sistema para reducir las pérdidas de cultivos debido a la presencia de aves que comen semillas antes de que germinen o simplemente se comen las cosechas.

JUSTIFICACIÓN APLICATIVA

La implementación de un sistema automático como sirve para repeler y detectar aves en cercanías de los invernaderos, pretende ser una base para el futuro de la agricultura. Mediante el uso de técnicas de visión artificial se reconocerá en tiempo real si existe amenaza de aves, una vez realizado el reconocimiento de este se procederá a activar el dispositivo que emitirá una alarma sonora que repelerá a las aves, se procurará que este sonido no afecte de manera permanente a las aves para así no intervenir de manera abrupta sobre el ciclo natural de estas especies.

Para ello se utiliza dispositivos para captar imágenes, tales como cámaras que permitirán obtener la información del entorno en tiempo real para luego procesarlas y evaluarlas, así como un procesador Raspberry Pi, el cual realiza las debidas etapas de reconocimiento y si existe riesgo de ataque, al verificar el dispositivo emitirá un sonido para repeler a las aves. De esta manera se

alejarse del cultivo, de manera automática cada vez que detecte amenazas, salvaguardando el estado de germinación de los cultivos así mismo como en la etapa de florecimiento del cultivo.

ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

Este proyecto tiene como alcance, repeler las aves que se acercan a los cultivos mediante ondas sonoras y técnicas de visión artificial. Entre los aspectos más relevantes tenemos la detección y análisis de las muestras que son recopiladas por la cámara, que permite la comparación con las muestras obtenidas.

El desarrollo del sistema se lo realiza de la siguiente manera:

Se utilizó una cámara de 12 megapíxeles para la toma de muestras que se utiliza en las muestras, se utiliza una tarjeta Raspberry que nos sirve para procesar las imágenes, un dispositivo sonoro que provee una intensidad de 120 dB, una caja de metal que protege de las condiciones ambientales en los cultivos.

La cantidad de luz para la detección de las aves, es específicamente de la luz natural, ya que no necesita de luz artificial porque las aves solo atacan a los cultivos en el día, en horas específicas y tendrá que ver también en la posición de la cámara en los cultivos, esto permite tener buena resolución de imágenes que facilita la identificación de las aves y la activación del efector final.

El programa procede al tratamiento de la imagen y la identificación de patrones. Estas imágenes son comparadas con las muestras que se encuentran almacenadas, obteniendo así la identificación de las aves en el cultivo. La cámara envía imágenes al procesador, busca similitud entre la imagen obtenida y las muestras, si hay similitud este activará un dispositivo sonoro que repele a las aves que se acercan a los cultivos.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Implementar un sistema automático para repeler aves que se aproximan a los cultivos mediante ondas sonoras utilizando técnicas de visión.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir los requerimientos necesarios para el desarrollo de un sistema automático para repeler aves que se aproximan a los cultivos mediante ondas sonoras utilizando técnicas de visión artificial por medio de revisión bibliográfica.
- Dimensionar y seleccionar el hardware y software necesario para cumplir con los requerimientos planteados.
- Analizar las variables que intervienen en el sistema automático para repeler aves.
- Evaluar el funcionamiento del sistema automático implementado con los requerimientos para repeler las aves que se aproximan al invernadero.

1.1 Marco teórico

El siguiente apartado describe los aspectos teóricos del sistema automático, que repele las aves en cultivos mediante tecnología de visión artificial y detalla los elementos necesarios para lograr la implementación.

1.2 Técnicas de Visión Artificial.

El continuo auge y desarrollo de los computadores ha permitido la automatización de muchos procesos de forma eficaz. El computador ha pasado de ser un elemento de lujo, a una maquina necesaria para fines de estudio y relacionados con la investigación como se visualiza en la figura 1-1, a ser un elemento imprescindible en la vida diaria a todos los niveles.

La agricultura no ha sido menos, siendo uno de los sectores donde el uso de computadores se está imponiendo paulatinamente, logrando así una mayor eficiencia en la producción final, a la vez que se consigue un menor esfuerzo por parte de los agricultores en la realización de las tareas agrícolas.

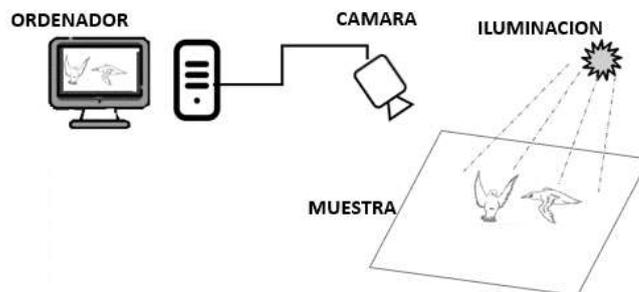


Figura 1-1: Sistema de visión Artificial
Realizado por: Guanga, A. & Paucar, L. 2021.

1.3 Componentes estándar de Visión Artificial

Los componentes principales de un sistema de visión artificial incluyen iluminación, lentes, sensores de imagen, procesadores de visión y comunicaciones. La iluminación de las piezas a inspeccionar, resalta sus características para que la cámara pueda verlas con claridad. La lente captura una imagen y la presenta al sensor en forma de luz. El sensor de la cámara de visión artificial convierte esta luz en una imagen digital, que luego se envía al procesador para su análisis (Cognex, 2021).

El procesador de visión consta de un algoritmo que controla la imagen y extrae la información necesaria, realiza la inspección correspondiente y toma una decisión. Finalmente, la

comunicación generalmente se logra a través de señales de E/S discretas o información enviada a través de una conexión en serie al dispositivo que registra o usa la información (Cognex, 2021).

1.3.1 Tipo de luz.

Para definir luz se puede decir que es la clase de energía electromagnética radiante que puede ser percibida por el ojo humano. Para ser un poco más específicos, el término luz incluye el rango de radiación conocido como el espectro electromagnético (Jiménez, 2019).

1.3.1.1 Luz estroboscópica

La luz estroboscópica es una fuente luminosa que emite una serie de destellos muy breves en rápida sucesión y se usa para producir exposiciones múltiples de las fases de un movimiento. Este principio es usado para el estudio de objetos en rotación o vibración, como las partes de máquinas y las cuerdas vibratorias (Martina, 2015).

Este tipo de luz es posible gracias a un objeto denominado estroboscopio el cual permite visualizar un objeto que está girando como si estuviera inmóvil o girando muy lentamente (Martina, 2015).

1.3.1.2 Luz láser

Los láseres son dispositivos que han revolucionado la vida cotidiana debido a las innumerables aplicaciones que han sido desarrolladas, en campos como la medicina, las telecomunicaciones y en la industria (Vieyra, 2018).

Destinados especialmente para cubrir extensas áreas especialmente aeropuertos u otras zonas. El láser hace un movimiento de abanico amplio y las aves emprenden el vuelo inmediatamente. Producto de gran eficiencia automático y manual de larga duración, pero de un muy alto costo como para dar solución a una casa (ESTRELLA, SISTEMA ELECTRÓNICO AUTOMÁTICO AHUYENTADOR DE PALOMAS, 2020)

1.3.2 Iluminación

La iluminación es la parte más crítica dentro de un sistema de visión. Las cámaras capturan la luz reflejada de los objetos. El propósito de la iluminación utilizada en las aplicaciones de visión es controlar la forma en que la cámara va a ver el objeto (Educación, 2019).

La iluminación podrá ser mediante fibra óptica, fluorescente, led, difusa. Iluminación mediante fibra óptica. Es ideal para iluminar objetos de reducidas dimensiones y se pueden sujetar al objetivo de la cámara o a la óptica de un microscopio (Educación, 2019).

1.3.2.1 Tipos de iluminación

Definido de manera práctica, existen dos tipos de iluminación:

La iluminación natural

Tiene como único suministro a la luz diurna como se ver en la figura 2-1 y presenta ventajas sobre otro tipo de luz al permitir definir perfectamente los colores, en horas de máxima iluminación pueden existir valores de iluminación superior a 10.000 lux es económica y produce menos fatiga al campo visual (León, 2019).



Figura 2-1: Iluminación Natural
Realizado por: Guanga, A. & Paucar, L. 2021.

La iluminación artificial

Es suministrada por dispositivos emuladores de iluminación como se observa en la figura 3-1 las cuales tienen como principal motor la conversión de energía eléctrica a un sistema de iluminación tales como lámparas incandescentes y fluorescentes (León, 2019).



Figura 3-1: Iluminación Artificial
Realizado por: Guanga, A. & Paucar, L. 2021.

1.3.2.2 *Formas de iluminación artificial*

Fuente de luz visible, con flujo luminoso dirigido hacia abajo directamente. Se utiliza para iluminar concretamente una zona en la que se quiere observar con detalle (Rosenova, 2019).

➤ *De forma indirecta*

Lo importante de esta iluminación es la uniformidad por todo el espacio, lo que permite que no existan sombras. En este tipo de fuente de luz, el foco luminoso se encuentra oculto, por lo común en concavidades. Como algo negativo se puede decir que es de mayor costo de instalación y de consumo que los demás sistemas (Rosenova, 2019).

➤ *De forma semidirecta*

Se trata de la combinación de los dos sistemas anteriores. La mayor parte del flujo luminoso se dirige hacia abajo y el resto hacia el techo (Rosenova, 2019).

➤ *De forma difusa*

Se obtiene con la lámpara colocada dentro de un volumen que hace que se refleje y traspase por los materiales translúcidos de la luminaria (Rosenova, 2019).

➤ *Iluminación mediante fluorescente*

Este tipo de lámparas que se aprecia en la figura 4-1, produce la luz gracias a un arco eléctrico que se forma entre los electrodos y pasa a través de un tubo lleno de gas a baja presión, el cual contiene vapor de mercurio y un gas inerte (Ingeniería, 2017).

La eficiencia de las lámparas fluorescentes es de aproximadamente 50 lumen/ W a 100 lumen /W, según el tipo de lámpara (Ingeniería, 2017).



Figura: 4-1: Iluminaciones fluorescentes
Fuente: <http://lamparashile.cl>

➤ *Iluminación mediante diodos led.*

Dado que la tecnología LED puede producir una luz y colores más claros, puros e intensos, estos sistemas de iluminación que se muestran en la figura 5-1 no emitirán deslumbramiento ni efectos estroboscópicos, y se utilizan en cualquier entorno en interiores o exteriores Pueden proporcionar una luz completamente uniforme (LED, 2018).

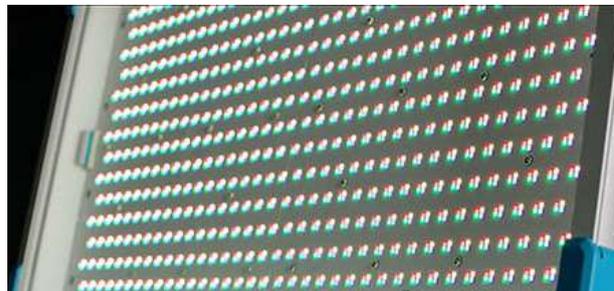


Figura: 5-1: Iluminación de diodos led
Fuente: www.cameraandlightmag.com

1.3.2.3 *Sistemas de iluminación artificial*

Si la luz es insuficiente aumentará la posibilidad de que el sistema contenga fallas, por lo que pueden ocurrir desacierto en la detección de aves y como consecuencia pérdidas de cultivos (SEGURMANIA, 2019).

➤ *Iluminación de fondo.*

La figura 6-1 muestra cómo la luz de fondo resalta los contornos de los objetos, lo que ayuda a detectar formas y hacer mediciones de manera más confiable (GOGNEX, 2018).

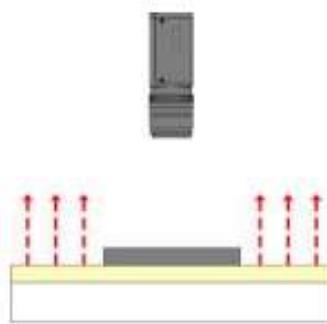


Figura: 6-1: Iluminación de fondo
Fuente: www.cognex.com

➤ *Iluminación difusa axial.*

El espejo semitransparente iluminado arroja luz hasta la pieza a inspeccionar que está debajo, la pieza refleja la luz de vuelta a la cámara a través del espejo lo que resulta en una imagen muy iluminada de forma pareja y homogénea como se observa en la figura 7-1 (GOGNEX, 2018).

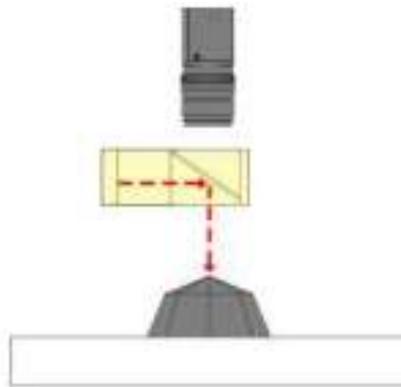


Figura: 7-1: Iluminación difusa axial
Fuente: www.cognex.com

➤ *Luz estructurada.*

Proyecta patrones de luz (objetos, cuadrículas o planos con formas más complejas) sobre el objeto en un cierto ángulo como se muestra en la figura 8-1, lo cual es muy útil para recopilar información y calcular el volumen. (GOGNEX, 2018).

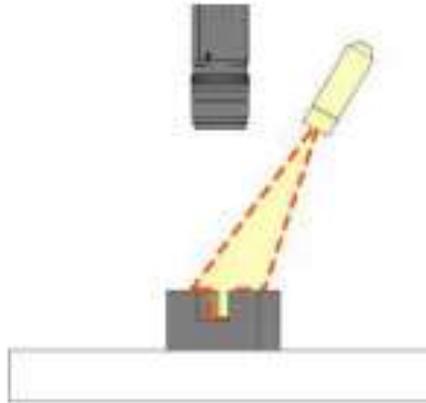


Figura: 8-1: Luz estructurada
Fuente: www.cognex.com

➤ *Iluminación de campo oscuro.*

Como se aprecia en la figura 9-1, es más fácil encontrar defectos en la superficie y tiene iluminación de campo oscuro y campo brillante. En aplicaciones de bajo contraste, es preferible la iluminación de campo oscuro (GOGNEX, 2018).

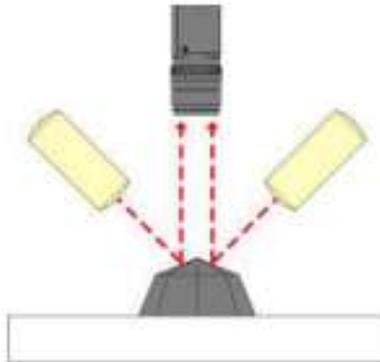


Figura: 9-1: Iluminación de campo oscuro
Fuente: www.cognex.com

➤ *Iluminación de campo brillante.*

Se utiliza para aplicaciones de alto contraste, si se usa altamente direccional las fuentes como el sodio a alta presión y el halógeno de cuarzo producen sombra, generalmente no producen iluminación de manera constante, en consecuencia, los puntos calientes y los reflejos especulares sobre superficies brillantes o reflejantes pueden requerir una fuente difusa de luz para añadir una iluminación uniforme como se puede estimar en la figura 10-1 (GOGNEX, 2018).

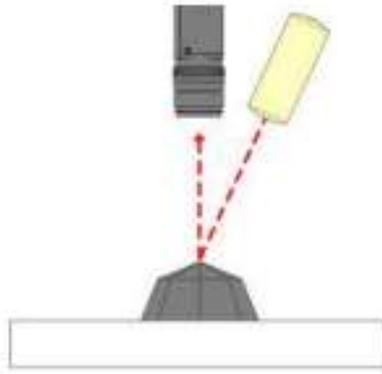


Figura: 10-1: Iluminación de campo brillante
Fuente: www.cognex.com

➤ *Iluminación de domo difusa*

En la figura 11-1, muestra un tipo de iluminación que proporciona una luz característica del objetivo más uniforme y puede ocultar objetos irregulares que no son de interés, lo que puede confundir la escena (GOGNEX, 2018).

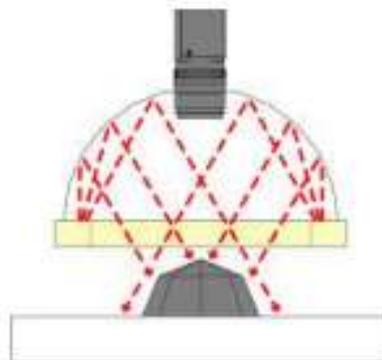


Figura 11-1: Iluminación de domo difusa
Fuente: www.cognex.com

➤ *Iluminación estroboscópica.*

La iluminación estroboscópica se utiliza en aplicaciones de alta velocidad para congelar objetos en movimiento para su estudio o examen al utilizar luz estroboscópica ayuda a evitar borrosidad (GOGNEX, 2018).

1.4 Ondas sonoras

El oído humano es capaz de percibir sonidos de frecuencias comprendidas entre los 16 Hz y los 20.000 Hz y a las ondas con dicho espectro de frecuencias se le denomina ondas sonoras (Fernández,

2000).

Las aves son capaces de percibir sonidos de una frecuencia entre las 10 KHz a los 50 KHz que es la frecuencia en la que se asustan, sin que estos sonidos ocasionen daño alguno a las aves (Fernández, 2000).

1.4.1 *Percepción del sonido de las aves*

Según una investigación realizada por la Universidad Técnica de Múnich indica que, a diferencia de los mamíferos, las aves no tienen oídos externos como se muestra en la figura 12-1, los cuales desempeñan una función importante, esto ayuda a identificar los sonidos que provienen de diferentes elevaciones, sin embargo, las aves si pueden percibir si un sonido proviene por encima, debajo o al mismo nivel (Moreno, 2018).

De manera estructural existe similitud con el oído humano, sin embargo, las aves escuchan con mayor resolución y su sentido de audición es más sensible, capaz de identificar una nota combinada con armonías mientras que la relación con respecto al humano este solo puede escuchar un sonido, las aves son capaces de escuchar 10 notas separadas al mismo tiempo (Moreno, 2018).

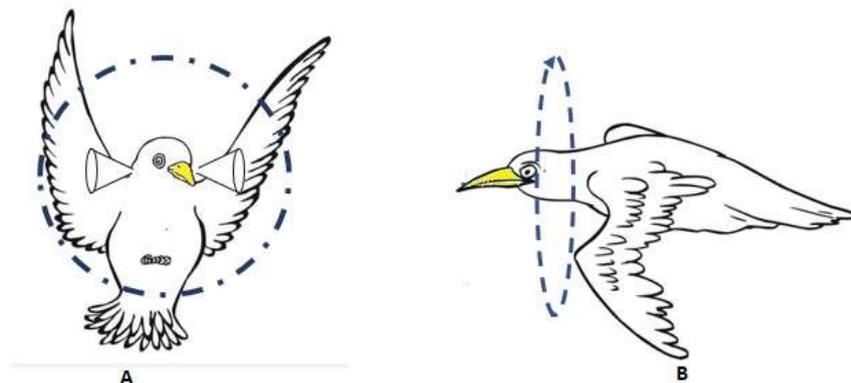


Figura 12-1: Audición de las aves

Fuente: <https://aves.paradais-sphinx.com/temas/sentidos-de-las-aves.htm>

1.5 **Métodos para repeler aves.**

Actualmente existen métodos para repeler aves, cuando estas quieren satisfacer sus instintos alimenticios o necesitan refugio, contaminan, destruyen o alteran el entorno natural de los hábitats establecidos por el ser humano, por lo que se han implementado métodos para repeler a las aves.

Métodos para repeler aves:

- Métodos biológicos.
- Métodos audibles.
- Métodos visuales
- Métodos de apoyo en frecuencias.
- Métodos Químicos
- Métodos de restricción táctil.

Los tórtolos, mirlos, palomas, gorrión común se han convertido en un problema para los agricultores, por lo que se implementó un sistema para repeler aves, como se muestra en el gráfico 1-1.

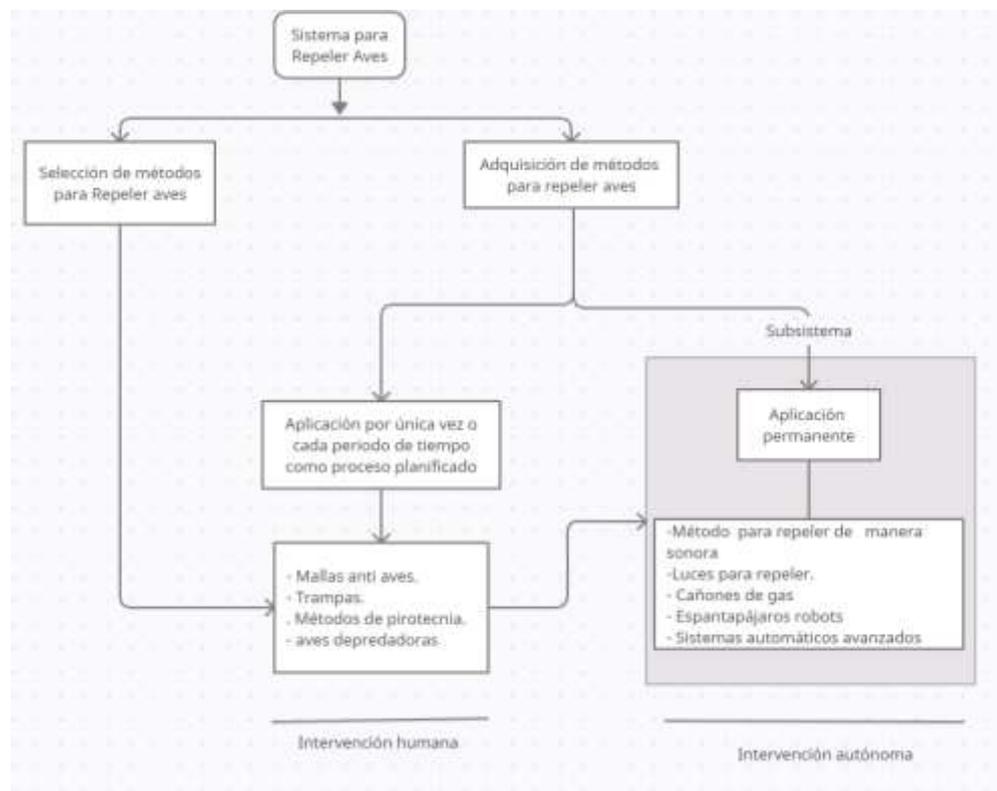


Gráfico 1-1: Sistemas para repeler aves

Realizado por: Guanga, A. & Paucar, L. 2021.

Los métodos utilizados van desde los más simples y tradicionales (como entrenar a las aves depredadoras para marcar áreas seguras) hasta el uso de equipo tecnológicos. Tomando en cuenta factores de estudio tales como:

- a) Motivo por el cual las aves han interferido en el ecosistema ya establecido.
- b) Lugar de ubicación donde se aplicará los métodos convenientes.

1.5.1 *Motivo por el cual las aves han interferido en el ecosistema ya establecido.*

Identificar las razones por las que las aves se encuentran en el sitio de estudio, lo que ayudará a mejorar los métodos de regulación de aves. Las aves generalmente molestan por motivo de comida o puede deberse a que están tratando de construir nidos. (Contreras de la Cruz & Pinedo Pallarta, 2019)

1.5.2 *Lugar de ubicación donde se aplicará los métodos convenientes*

Es importante saber el entorno donde las aves generan mayores molestias, ya sean terrazas, parques, jardines, iglesias, aeropuertos, estatuas, el sector agrícola, llegando a ser molesto para las personas en ocasiones ya que provocan contaminación y propagación de enfermedades, también pueden ocasionar accidentes un ejemplo de ello es en los aeropuertos (Contreras de la Cruz & Pinedo Pallarta, 2019).

1.6 Adquisición de la imagen.

La adquisición de imágenes está a cargo de algún transductor o conjunto de transductores que mediante la manipulación de la luz o de alguna otra forma de radiación que es emitida o reflejada por los cuerpos, se logra formar una representación del objeto dando lugar a la imagen (Ramírez, 2018).

La presentación consiste en el método empleado para exponer la imagen la cual puede ser impresa o por medios electrónicos como la televisión, el monitor de una computadora, o algún otro medio. Para la presentación de la imagen se deben considerar ciertos aspectos de percepción humana como se puede mirar en el gráfico 2-1, así como las velocidades de despliegue del dispositivo utilizado (Ramírez, 2018).

Las imágenes proceden a ser analizadas y preparadas para la selección de las características y mediante técnicas de construcción de vectores se toman para realizar el aprendizaje automático que dará forma al clasificador, este proceso describirá la manera de crear un sistema de reconocimiento y detección de objetos.

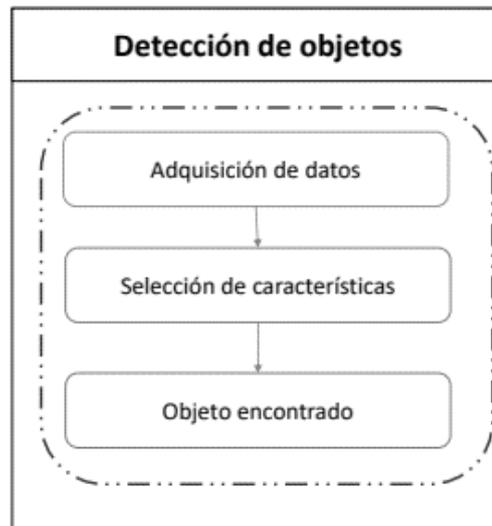


Gráfico 2-1: Detección de objetos
 Realizado por: Guanga, A. & Paucar, L. 2021.

Mediante el uso de algoritmos usados para seleccionar y reconocer el objeto a encontrar, el sistema debe ser capaz de identificar. Los sistemas computacionales pueden realizar estas tareas de forma eficiente y con algoritmos avanzados de programación y visión artificial para lograr extraer las características de las imágenes presentadas (Gabriel ,2018).

1.6.1 *Dispositivos para la adquisición de las imágenes.*

Al realizar un estudio en el cual se centre en el reconocimiento y estudio de fotogramas ya sea de manera digital o analógica, un aspecto sobre el cual se debe centrar con grado de importancia para un mejor estudio del objeto debe existir una calidad de imagen óptima que permita una manipulación de datos con la mínima inferencia de errores al procesarla.

1.6.2 *Cámara*

Las cámaras empleadas para el uso de visión artificial son más sofisticadas debido a que deben realizar un control completo de tiempos, señales, velocidad de obturación, sensibilidad.

En las cámaras analógicas, la salida es una señal analógica de video, que puede venir acompañada o no, por otras señales de sincronización. La señal de video viene limitada por la anchura de banda y por el ruido análogo que puede proporcionar el cable (infaimon, 2021).

Además, pequeños errores de la señal entre la cámara y el ADC del fotograma grabber pueden causar pérdidas de fidelidad de imagen. Las cámaras digitales utilizan la misma tecnología que las analógicas, sin embargo, el ADC está dentro de la cámara y digitaliza el video directamente, proporcionando una señal de salida digital esto hace que la calidad de la señal sea mejor (infaimon,

2021). Tiene un inconveniente de que los cables entre la cámara y el frame grabber no pueden ser muy largos, debido a que pasa cada una de las señales por cada cable y además tiene un alto precio.

1.6.3 *La tecnología del elemento del sensor*

Cámara Sony 20.1. - De acuerdo con estas especificaciones la adquisición, procesamiento de imágenes y las características del entorno se requieren una cámara como la que se puede apreciar en la figura 13-1, para la adquisición de muestras, este tipo de cámaras existente en el mercado.



Figura 13-1: Cámara Digital
Realizado por: www.amazon.com

➤ *Características de la cámara*

Es una cámara de 20,1 megapíxeles con estabilización óptica de imagen en modo activo bidireccional y modo película de alta definición. Este producto es compatible con Final Cut Pro X e iMovie. Toma panorámica: imagen panorámica de 360°; iluminación mínima: tiene tecnología Super HAD CCD y puede comunicarse con el sistema (IES-SEP, 2012).

Cámaras de tubo. – Como se muestra en la figura 14-1, la cámara de tubo se basa en el uso de materiales fotosensibles para capturar imágenes, que son leídas por haces de electrones (IES-SEP, 2012).



Figura 14-1: Cámara de tubo

Fuente: <https://articulo.mercadolibre.com.pe>

1.6.4 Cámaras a color

El proceso de las imágenes a color es mucho más complejo, aunque las ventajas de estas con relación a las cámaras monocromo es la cantidad de información que proporcionan, en los últimos años han sido de gran ayuda en el campo industrial y en el científico.

1.7 Microprocesador

El procesamiento de imagen es un método para realizar algunas operaciones, es una forma de obtener una imagen mejorada o para extraer de forma exitosa la información que contiene. Este es un tipo de procesamiento de señal, por la cual la imagen es la entrada y la salida puede ser una imagen o rasgos característicos asociadas con la imagen (C. Russ & Brent Neal, 2017).

Hay dos tipos de métodos usados para el procesamiento de imagen llamados, procesamiento de imagen análogo y digital:

El procesamiento de imagen análogo puede ser usado para las copias impresas como impresiones y fotografías. El análisis de imágenes se usa en varios fundamentos de interpretación mientras se usa en estas técnicas visuales (Duarte Dick & Domínguez, 2019).

Las técnicas de procesamiento de imagen digital se lo realizan mediante el uso de computadoras. Las tres etapas de todo tipo de datos que deben procesarse con tecnología digital son el procesamiento, la mejora y visualización, y la extracción de información.

Actualmente, el procesamiento de imágenes digitales trabaja en diferentes campos como la medicina, la exploración espacial, la visión por computadora y la seguridad. Como resultado directo de la caída de los precios de las computadoras, ahora es posible realizar el procesamiento

de imágenes digitales en computadoras personales y computadoras de placa única (Duarte Dick & Domínguez, 2019).

La posibilidad de elegir un procesador es amplia, se encuentran procesadores tipo ARM (Advanced RISC Machine) con interfaces para cámaras utilizadas en dispositivos multimedia de consumo como móviles, consolas, tables adaptadas para uso industrial o aplicaciones de bajo consumo.

Del mismo modo, existen procesadores de uso general con arquitectura x86 / X64 en formato BOX PC (Computer PC), que son compatibles con sistemas operativos, controladores, bibliotecas y software avanzados, lo que mejora significativamente el desarrollo de aplicaciones. Dentro del procesador, es conveniente tener una arquitectura (como ARM) que permita una gran cantidad de procesamiento de gráficos. (Blog&Volts, 2020).

La vida útil del procesador depende de muchos factores, como la electro-migración (que puede provocar un cortocircuito en las pistas conductoras del interior del micro), la temperatura y la humedad, el voltaje y la frecuencia, etc. Acorta su vida en 2 a 3 años.

1.8 Objeto

El reconocimiento de objetos en la actualidad se está implementando en muchas aplicaciones, ya sean industriales, para el reconocimiento de fallas en productos finales, para seguridad y para monitoreo, en los computadores, los cuales ya no necesitan que un usuario ingrese una clave para habilitar su acceso, sino, con mostrar su rostro el computador lo reconoce (Millan, 2010; Millan, 2010).

1.9 Software

Es necesario elegir un tipo de software para lograr confiabilidad y desempeño, de manera que se pueda visualizar y manipular con precisión los elementos en estudio antes de lograr los requisitos de visión artificial, porque existen una gran cantidad de Software libre que permite solventar este trámite de investigación, así como otros predeterminados por las empresas.

1.9.1 Tipos de software

Algunas librerías no son tan extrañas al momento de realizar aplicaciones en el sector de videovigilancia, así mismo como algunas de estas no están ligadas a un Hardware específico pueden utilizarse con cámaras y sensores ya que al no estar ligadas brindan una noción de libertad

de elegir tipos de dispositivos genéricos.

➤ *OpenCV*

OpenCV es una biblioteca libre desarrollada originalmente por Intel. Vio la luz en el año 1999. Escrita originalmente en C/C++, su mejor virtud es que es multiplataforma, se puede ejecutar en diferentes sistemas operativos (Linux, Windows, Mac OS X, Android y iOS). También se la puede utilizar en diferentes lenguajes de programación como Java, Objective C, Python y C# (Programarfacil, 2017).

Originalmente desarrollada por Intel en 1999, es de uso más flexible en relación con aplicaciones como sistemas de seguridad, sistemas de detección, control de procesos en el cual se evalúa la detección de características de un objeto, contiene alrededor de 500 funciones las cuales enmarcan reconocimiento de objetos, reconocimiento facial, calibración de cámaras, visión estéreo, visión robótica (Paredes Muñoz, 2012).

Una ventaja sobresaliente sobre otro Software es la de utilizar de forma gratuita incluso en aplicaciones comerciales, especialmente por su popularidad, por lo que una gran cantidad de usuarios continúan agregando información y soluciones de manera abierta, por lo que se puede considerar como un tipo de software libre, se podría considerar como una debilidad él requerir previos conocimientos de programación y visión artificial para así construir una aplicación eficiente.

1.10 Descriptores

En el estudio de detección, la característica de la imagen se extrae desde sus componentes propios las cuales la describen en termino de descriptor. En los denominados vectores descriptores se almacena la información de características de las imágenes, la dimensión de estos varía de acuerdo con las imágenes analizadas, es elemental tratar de no sobrecargar el tamaño del vector ya que de este depende la eficacia de clasificación (Josep,2015).

1.11 Reconocimiento

Para evaluar la calidad de la predicción de un modelo previamente entrenado, puede utilizar Matriz de confusión, cuyo análisis se basa en la clasificación de resultados reales o pronóstico, donde la fila representa el valor pronosticado y la columna representa el número real de cada evento, ya sea un número positivo o negativo. La Tabla 1-1 muestra los elementos de la matriz de

confusión (Magal & Gabriela, 2015).

Tabla 1-1: Matriz de confusión

MATRIZ CONFUSIÓN OBJETO		Valor de precisión	
		Positivos	Negativos
Valor real	Positivo	VP	FN
	Negativo	FP	VN

Fuente: (Torres, Introducción Práctica con Karas, 2019)

Realizado por: Guanga, A. & Paucar, L. 2021.

Donde:

VP: Es el número de positivos que el modelo clasificó correctamente como positivos.

VN: Muestra el número de negativos que el modelo clasificó correctamente como negativos.

FN: Nos muestra números positivos que están clasificados incorrectamente como números negativos.

FP: Los números negativos se clasifican incorrectamente como números positivos.

Precisión: Devuelve un valor cuando se predice un evento positivo (Torres, Introducción Práctica con Karas, 2019).

Ecuación 1-1. Fórmula de cálculo de precisión.

$$\text{Precisión} = \frac{VP}{VP + FP}$$

TVP: Comúnmente conocido como sensibilidad o exhaustividad, muestra la tasa de verdaderos Positivo, cuando el evento es positivo, lleva el valor porcentual clasificado que se ha logrado clasificar (Torres, 2018).

Ecuación 2-1. Fórmula de cálculo de TVP

$$\text{TVP} = \frac{VP}{VP + VN}$$

1.12 Clasificadores HAAR

El clasificador HAAR como se aprecia en el gráfico 3-1, se construye con el uso de algoritmos

basados en Machine Learning, reduce el costo computacional en base a su generación, reduce tiempos de análisis e incrementa el desempeño de la detección de objetos. El uso de clasificadores sustentados en HAAR permite una mejor exclusión de características dando como resultado algoritmos potentes de detección y aumentando aún más su nivel de precisión si son incorporados en cascada.

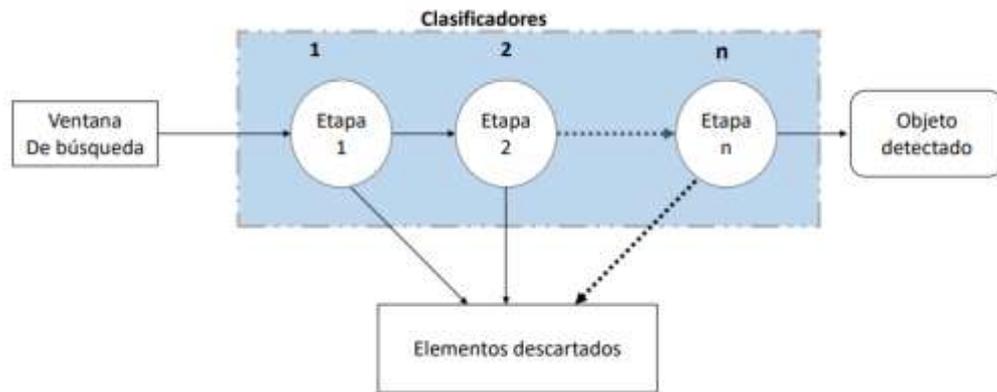


Gráfico 3-1: Etapas de los clasificadores HAAR

Realizado por: Guanga, A. & Paucar, L. 2021.

La exclusión de características basados en clasificadores HAAR están compuestas por un amplio diccionario de imágenes tanto positivas como negativas para entrenar al sistema a reconocer sus propiedades, de las imágenes en video en tiempo real. (Davic,2011)

2. METODOLOGÍA

En el siguiente capítulo se especifica los requerimientos del sistema automático para repeler las aves de los invernaderos desde la perspectiva de hardware y software, así como los componentes que lo integran, las características técnicas, el esquema de conexiones, herramientas del software, diagramas, y diseño e implementación de la estructura.

2.1 Requerimientos del diseño del Sistema Automático.

A través de la investigación realizada en el capítulo anterior, se requirió componentes software y hardware para el sistema automático para repeler las aves en invernaderos de las zonas aledañas de la ciudad de Riobamba de manera específica en la ubicación norte, en el área de Ricpamba situado a en la zona rural, para esto fue necesario realizar procesamiento de imágenes en tiempo real.

Hardware

- Raspberry Pi 4.
- Cámara.
- Parlante.
- Batería de Raspberry
- Monitor
-

Software

- OpenCv.
- Python.
- Raspbian.
- Linux.

2.2 Concepción de la Arquitectura General del Sistema Automático.

Para los requerimientos del sistema, el gráfico 1-2 se muestra un diagrama el cual detalla las etapas de diseño del sistema automático.

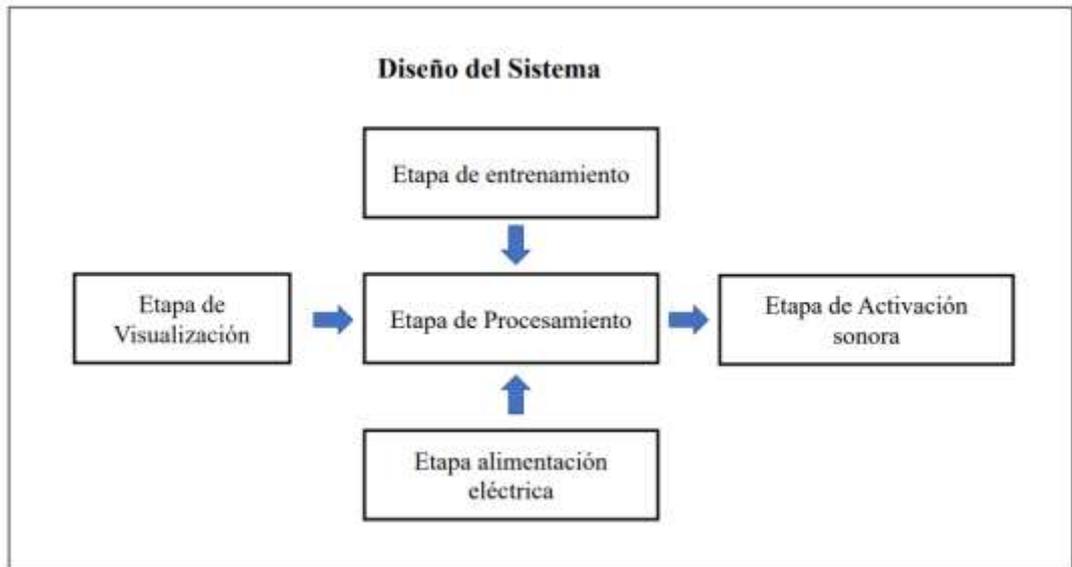


Gráfico 1-2: Etapas de diseño del sistema automático.
Realizado por: Guanga, A. & Paucar, L. 2021

Para el diseño del sistema automático se consideraron 5 etapas que son: etapa de visualización, que capta las imágenes del exterior mediante una cámara, etapa de entrenamiento donde se extrajo las características de las aves, etapa de procesamiento donde se realizó la comparación de imágenes, etapa de alimentación eléctrica que permitió al dispositivo permanecer encendido, etapa de activación sonora que se activa si se encuentra presencia de aves.

2.3 Estructura del sistema Automático.

Para el diseño del sistema automático permita repeler las aves en cultivos, se realizó una estructura, en la cual se muestran los elementos y módulos electrónicos que intervienen en el diseño, como se muestra en el gráfico 2-2.

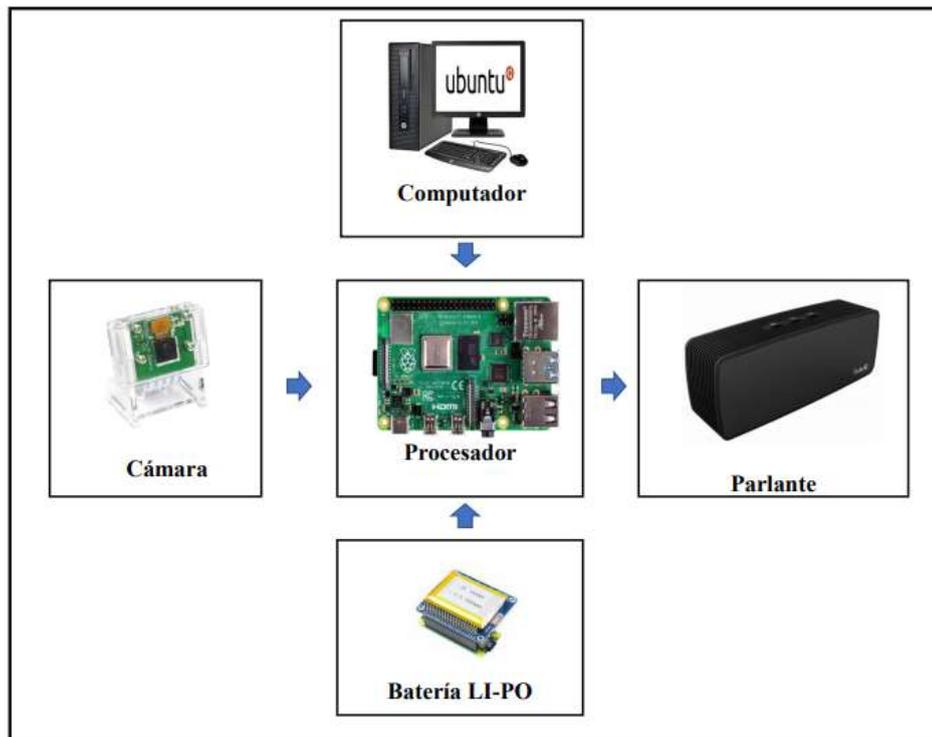


Gráfico 2-2: Estructura del Sistema Automático.
Realizado por: Guanga, A. & Paucar, L. 2021

Se utilizó una cámara de Raspberry pi 4 que será el receptor del sistema, una computadora para el entrenamiento, la programación y la clasificación de imágenes, una Raspberry pi 4 que será el cerebro del sistema automático, una batería LI-PO que será la fuente de alimentación y un parlante que será el efector final.

2.3.1 Conexión Raspberry Pi 4-Cámara.

Para la etapa de visualización en la cual interviene la tarjeta embebida Raspberry Pi 4, la cual cuenta con una memoria RAM de 4 Gb ideal para procesamiento de imágenes véase el Anexo B, se encuentra la hoja técnica, y la Cámara RPi-CAM-V2, cuya función es recibir video del exterior con una resolución de captura de video de 1080p véase anexo B, se encuentra la hoja técnica, y posteriormente procesarlos a través de un conector plano Flex, la figura 1-2 muestra el tipo de conexión realizada.

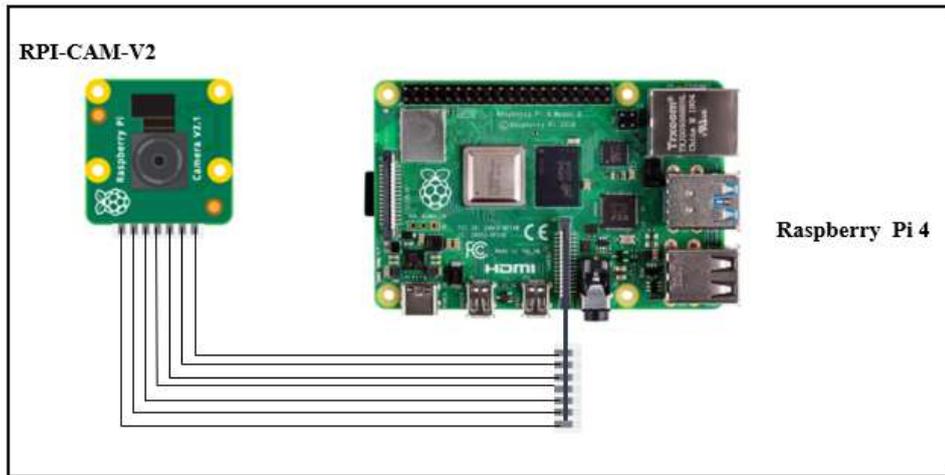


Figura 1-2: Conexión Raspberry Pi 4- Cámara
Realizado por: Guanga, A. & Paucar, L. 2021

2.3.1.1 *Diseño esquemático Raspberry Pi 4 y Cámara*

Para el diseño electrónico que permite establecer la comunicación entre el dispositivo RPi-CAM-V2 y la tarjeta embebida Raspberry Pi 4, el cual permite visualizar y recopilar las imágenes del entorno para ser procesadas mediante una interfaz serie MIPI CSI-2. La figura 2-2 muestra la conexión esquemática Raspberry Pi 4 -Cámara.

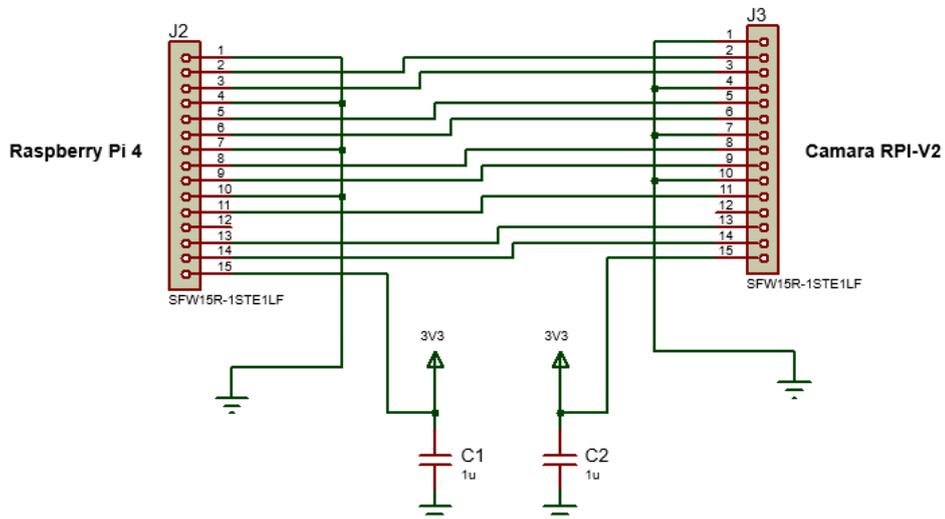


Figura 2-2: Esquema de Conexión Raspberry Pi 4 y Cámara
Realizado por: Guanga, A. & Paucar, L. 2021

La tensión de alimentación se encuentra en 3.3 VDC, al integrarse a la tarjeta embebida cuenta con un regulador de alimentación directa de 5V, la cual proporciona el suficiente voltaje VDC para su funcionamiento. En la Tabla1-2 se presenta la distribución de los terminales que intervienen en el esquema de conexión.

Tabla 1-2: Distribución de pines Raspberry Pi 4 -Cámara

Pin	Nombre	Descripción
1	GND	Ground
2	CON_CSI_D0N	MIPI línea de dato negativa 0
3	CON_CSI_D0P	MIPI línea de dato positiva 0
4	GND	Ground
5	CON_CSI_D1N	MIPI línea de dato negativa 1
6	CON_CSI_D1P	MIPI línea de dato positiva 1
7	GND	ground
8	CON_CSI_CLKN	MIPI línea de reloj negativa
9	CON_CSI_CLKP	MIPI línea de reloj positiva
10	GND	Ground
11	ENABLE	Power Enable
12	-----	Indicador LED
13	SCL	I2C SCL
14	SDA	I2C SDA
15	3V3	3.3V Entrada de alimentación

Realizado por: Guanga, A. & Paucar, L. 2021

2.3.2 Conexión Raspberry Pi 4 y Batería LI-PO.

Para la etapa de alimentación eléctrica, que proporciona energía tanto a la tarjeta embebida Raspberry Pi 4 y a la cámara, mediante un módulo de batería LI-PO de 3.7 voltios RPi Power Pack V1.0 véase Anexo B, a través de un cable de alimentación USB tipo C, en la figura 3-2 está especificado el método de conexión.

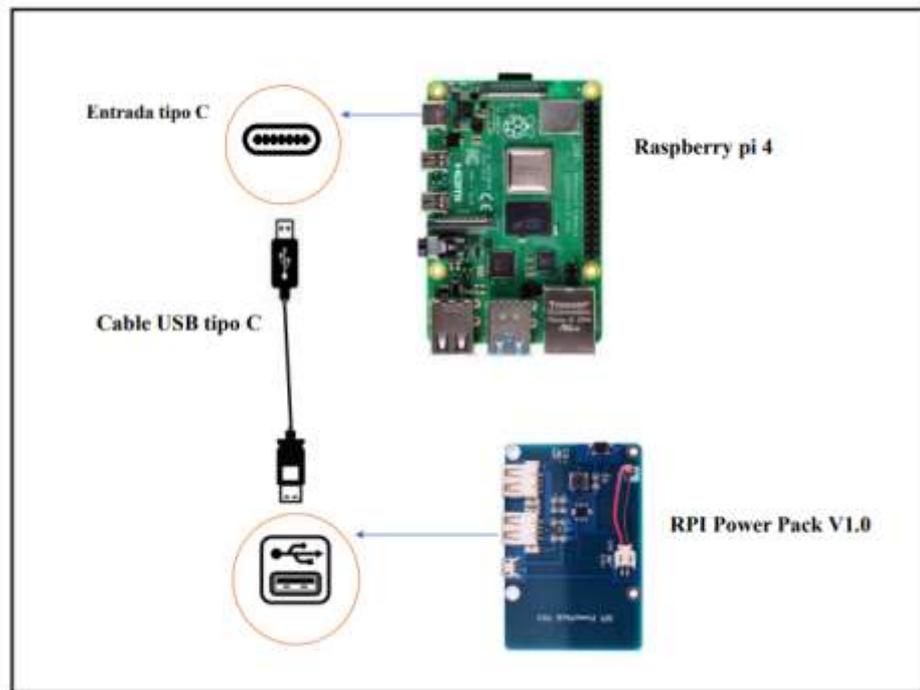


Figura 3-2: Conexión Raspberry Pi 4- Batería LI-PO

Realizado por: Guanga, A. & Paucar, L. 2021

En la figura 3-2, se identifica el medio de conexión utilizado mediante un cable USB tipo C, el cual permitió una mayor intensidad de corriente eléctrica de 3 A, dando paso al funcionamiento de la tarjeta Raspberry, así como también para una mayor velocidad de transferencia de datos.

2.3.2.1 *Diseño esquemático Raspberry Pi 4 y Batería LI-PO.*

Para el diseño esquemático se realizó la conexión mediante cable de alimentación USB tipo C, el cual de manera interna cuenta con elementos de protección, de esta manera se evita una sobrecarga en el dispositivo regulándolo de manera eficaz a través de diodos, en la figura 4-2 muestra el circuito de conexión entre Raspberry Pi 4 y la Batería LI-PO.

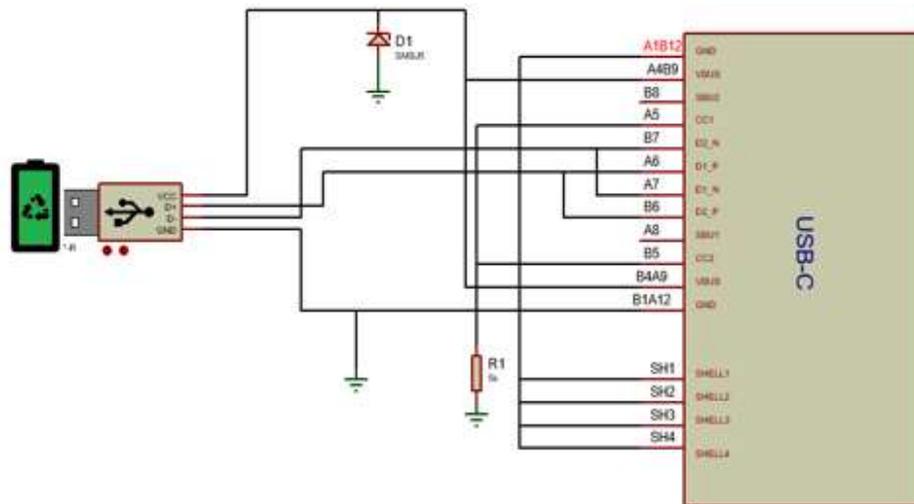


Figura 4-2: Esquema de conexión Raspberry Pi 4 y Batería LI-PO
Realizado por: Guanga, A. & Paucar, L. 2021

2.3.3 Conexión Raspberry Pi 4 Y Parlante.

En la etapa de activación sonora, se realizó la conexión con un cable doble de audio Jack macho hacia el parlante, el cual consta con una impedancia de 8Ω , que es utilizada para sistemas de alta fidelidad, con un peso de 2.3 kg y una potencia de 45 watts véase el Anexo B, en la siguiente figura 5-2 se muestra la conexión empleada.

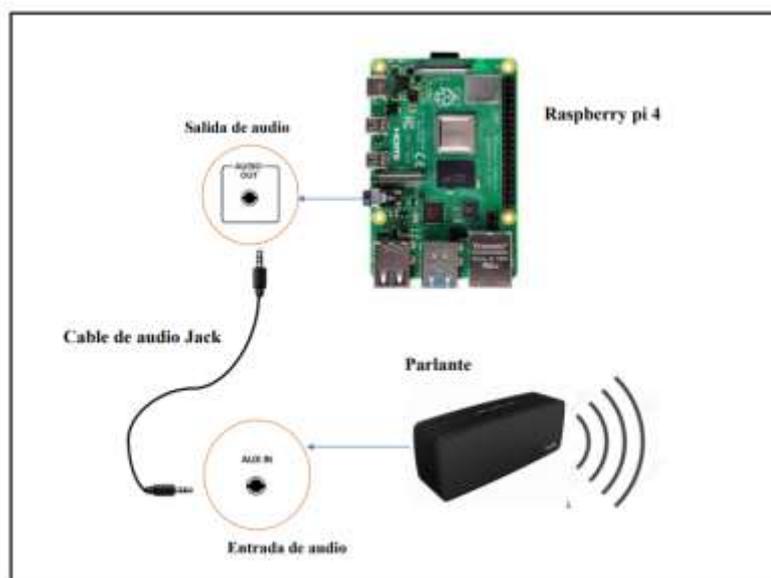


Figura 5-2: Conexión Raspberry Pi 4 y Parlante
Realizado por: Guanga, A. & Paucar, L. 2021

2.3.4 Conexión Computadora y Raspberry.

Para la etapa de entrenamiento e instalación del sistema operativo, se realizó mediante conexión

USB a través de un conector tipo C y un lector de memoria SD de 64 Gb de almacenamiento, en el cual se instaló el sistema operativo que permite manipular de manera simple la tarjeta, poniendo a disposición total sus terminales, mediante la siguiente figura 6-2 se visualiza las conexiones.

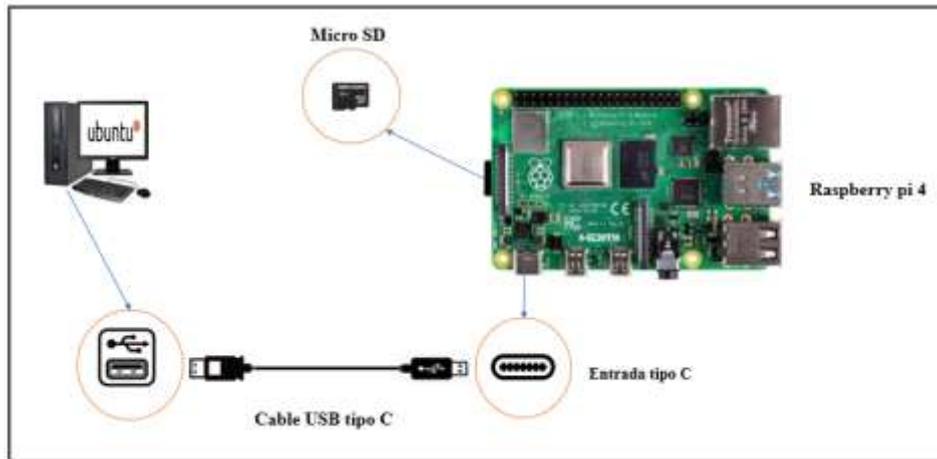


Figura 6-2: Conexión Computador y Raspberry Pi 4
 Realizado por: Guanga, A. & Paucar, L. 2021

En la figura 6-2, muestra la comunicación entre dispositivos, la memoria SD, tiene una importante relevancia, ya que en esta se encuentra el sistema operativo de control de la tarjeta, el dispositivo PC, fue de apoyo para poder realizar procesos de clasificación de imágenes previos a la manipulación, así como la instalación inicial de la tarjeta Raspberry.

2.3.4.1 Diseño esquemático Raspberry Pi 4 y Batería LI-PO.

El diseño esquemático tanto para comunicación y alimentación entre la tarjeta embebida Raspberry PI 4, se realiza mediante cable USB tipo C, ya que ofrece una mayor velocidad de transferencia de datos 300 Mbps a picos de 1000 Mbps en puertos Ethernet e intensidad de corriente eléctrica de 3 A como se muestra en la figura 7-2.

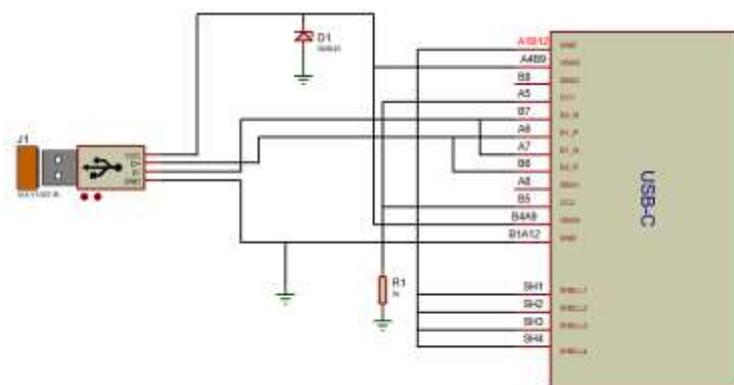


Figura 7-2: Esquema de conexión Computador y Raspberry Pi 4
 Realizado por: Guanga, A. & Paucar, L. 2021

2.3.5 Diseño general del sistema automático.

Una vez terminado los diseños de conexión entre dispositivos que intervienen dentro del sistema automático, se procedió a realizar el montaje general, se añadió algunos dispositivos que permitieron controlar el sistema de temperatura de la tarjeta como: un ventilador y disipadores de calor. El diseño general se encuentra en la figura 8-2.

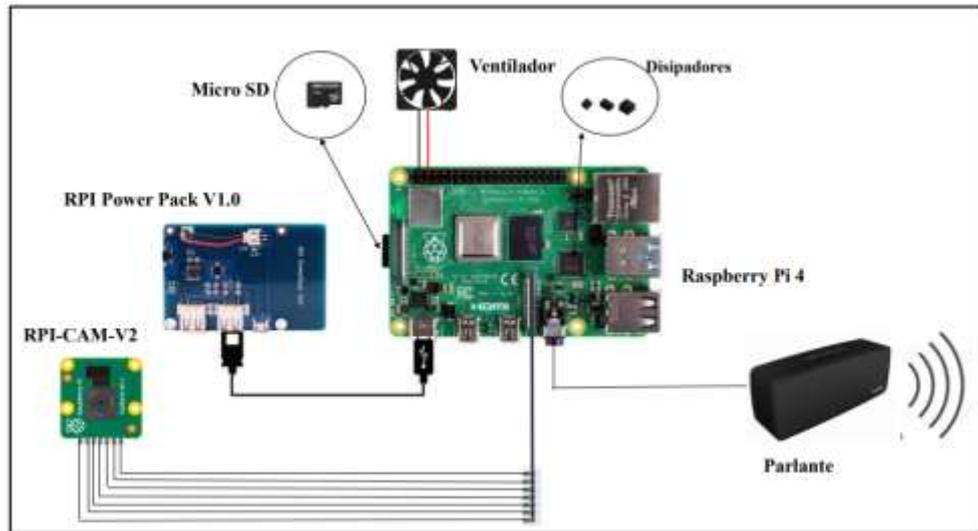


Figura 8-2: Diseño general del sistema automático.
Realizado por: Guanga, A. & Paucar, L. 2021

2.4 Implementación del dispositivo automático.

Para la implementación del dispositivo se usó un case acrílico como soporte para estabilidad y seguridad del procesador principal, el cual se observa en la figura 9-2, protegiéndolo de factores externos como: la lluvia, el polvo, el sol que reducen la vida útil y rendimiento.

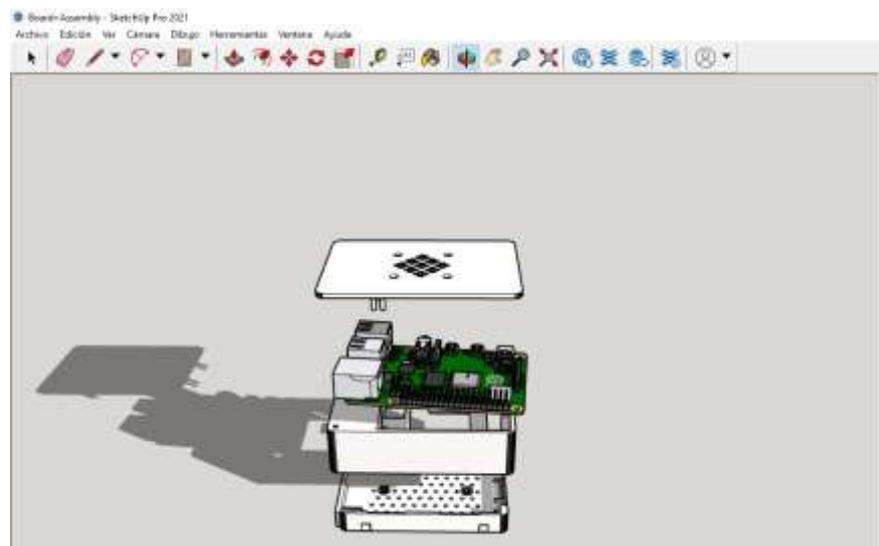


Figura 9-2: Diseño case para Raspberry Pi
Realizado por: Guanga, A. & Paucar, L. 2021

2.4.1 Composición interna del case

Dentro del case se encuentra la tarjeta embebida Raspberry Pi 4 con disipadores de calor, la tarjeta RAM, chip de control de puertos para evitar el aumento de temperatura manteniéndola alrededor de 25 °C, la figura 10-2 muestra la posición de los disipadores.



Figura 10-2: Composición interna-posición de disipadores.
Realizado por: Guanga, A. & Paucar, L. 2021

Además de disipar el calor de los componentes internos se optó por añadir un dispositivo de enfriamiento que está conectado al terminal 2 el puerto positivo y en el terminal 3 el puerto negativo, el cual ventila de manera continua mientras se encuentre en funcionamiento la tarjeta Raspberry Pi 4, como se muestra en la figura 11-2.



Figura 11-2: Componentes de regulación de temperatura.
Realizado por: Guanga, A. & Paucar, L. 2021

2.4.2 Composición Externa del Case.

La parte externa del case va acoplada en la cámara RPi-CAM-v2, por medio de un cable Flex de 15 puertos, una forma eficiente para poder manipular la cámara es fuera del case, es un soporte que permite estar en una posición fija, como se muestra en la figura 12-2.



Figura 12-2: Cámara RPi-CAM-V2 acoplada al Case.

Realizado por: Guanga, A. & Paucar, L. 2021

2.5 Diseño del algoritmo de programación.

El sistema automático funciona en base al algoritmo desarrollado, el cual permite la interacción de los elementos acoplados, el Gráfico 3-2 muestra el diagrama de flujo referente al funcionamiento del sistema automático.

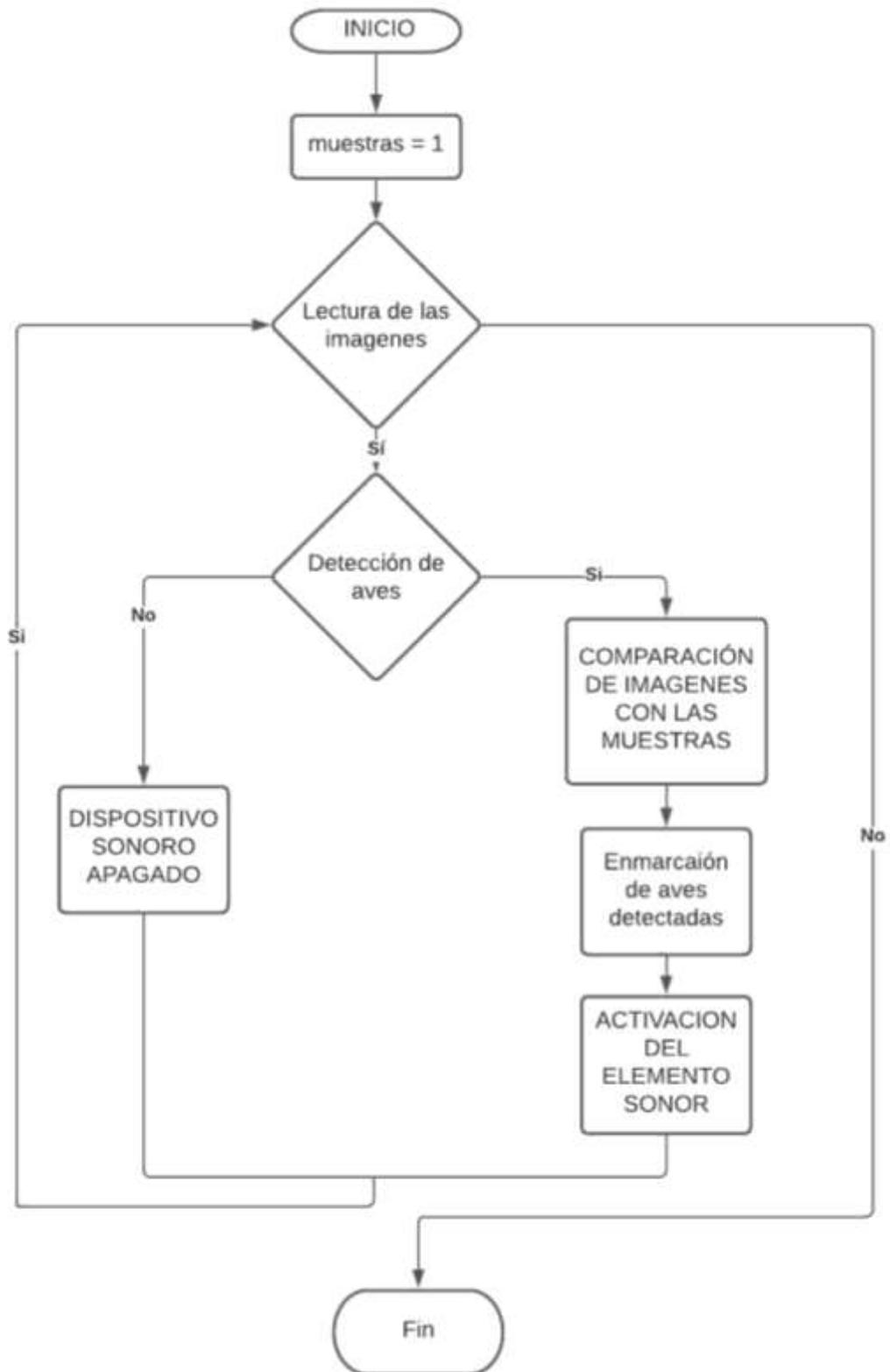


Gráfico 3-2: Algoritmo para repeler aves.

Realizado por: Guanga, A. & Paucar, L. 2021

Como secuencia del proceso del diagrama de flujo, inicia con el número de muestras para luego proceder a la captura de imágenes, para realizar la búsqueda e identificación de aves se lo realiza a través de la visualización. En el bloque condicional al cumplirse la identificación procede a

comparar, recortar la imagen y accionar el dispositivo de alerta de presencia de aves, caso contrario la secuencia regresaría a la captura del video.

DESCRIPCION DE LOS PASOS DEL DIAGRAMA DE FLUJO

➤ Inicio

Para que el detector de aves cumpla con su función principalmente se necesita inicializar librerías de Python que permiten la ejecución de instrucciones necesarias las cuales se encuentran en el algoritmo, como se observa en la Tabla 3-2.

Tabla 2-2: Librerías de inicio.

Librerías	Descripción
Tqdm	El usuario puede ver de inmediato si una tarea se ha detenido.
Pillow	Es una barra muy importante cuando se trabajó con imágenes frecuente mente.
import time	Este comando nos permite cronometrar la duración de un intervalo de tiempo.
import serial	Este comando nos permite tener una conexión con los puertos seriales de Raspberry.
import cv2	Este comando nos permite utilizar funciones de OpenCV.

Realizado por: Guanga, A. & Paucar, L. 2021

➤ Muestras

Las muestras ocupan un espacio de memoria reservado para almacenar un valor, que corresponde a un tipo de dato que puede ser por su contenido (numérico, lógicas, alfanuméricas) y por su uso (de trabajo, contadores, acumuladores) soportado por el lenguaje de programación que se esté utilizando, esta variable es representada o usada a través de un nombre que el programador le asigne.

➤ Lectura de las imágenes

Este proceso se lo realiza dentro de una estructura de repetición while, lo que conlleva a que el código se esté ejecutando constantemente, a partir de ello se leen las imágenes por segundo que ingresan desde el dispositivo de captura de imágenes, para que el proceso sea más rápido y siempre pensando en un mayor rendimiento del mismo se ha transformado las imágenes adquiridas a escala de grises o RGB.

- Detección de aves.

Se utilizó una estructura if, es un proceso donde el algoritmo compara las características de las imágenes que se obtiene de entrada y las muestras obtenidas, tendrá dos condiciones una cuando cumpla la condición y cuando no se cumpla.

- Comparación de imágenes con las muestras

Realizará una comparación entre las muestras ya obtenidas con anterioridad y las que se obtiene en tiempo real, detectando así similitud entre las imágenes, detectará la cantidad total de similitudes que exista en la imagen.

- Enmarcación de aves detectadas

Después de encontrar la cantidad de aves que se ha encontrado en una imagen que puede ser una o varias, se procederá a enmarcarlas para enviar un mensaje al procesador que debe activar el efector final del sistema automático.

- Activación del elemento sonoro

La alerta se realizó con ondas sonoras mediante un dispositivo de audio parlante que se activa para así repelerlas, el modo de activación se realiza mientras el enfoque de aves y el alcance este dentro del rango de visibilidad de la cámara. Este se activará durante 93 segundos, caso contrario al no detectar presencia o este fuera del rango no se activa.

- Dispositivo sonoro apagado

Si la condición de la estructura if es **NO**, entonces dirá al sistema automático que debe mantenerse apagado el dispositivo sonoro, esta estructura if al estar contenida dentro de una estructura while estará en un bucle infinito, que preguntará si la imagen que se ha obtenido existe presencia de aves o no.

- Fin

El programa está en uso según los requerimientos del usuario, inicia al pulsarse una tecla la cual envía a ejecutar el programa implementado, termina al ser accionada la tecla finalizar por el usuario. El dispositivo tendrá un mayor funcionamiento en horas determinadas donde el

avistamiento de aves es más concurrente como lo es entre las 7 a 11 de la mañana y por la tarde de 3 a 5 pm.

2.6 Función del dispositivo.

Para iniciar las pruebas de validación, se utilizó los puertos que intervienen en la manipulación del sistema automático los cuales se encuentran distribuidos de forma externa mediante los puertos de accionamiento y visualización de imagen de la siguiente manera:

2.6.1 Cámara.

En la figura 13-2 se muestra la inicialización del dispositivo, donde se observa la Raspberry pi 4, un cable HDMI, una cámara Module, fuente de energía RPi Powerpack V1.0, y un teclado de computador.



Figura 13-2: Entorno visual del sistema.
Realizado por: Guanga, A. & Paucar, L. 2021

2.6.2 Puerto de alimentación de energía.

Para el funcionamiento del sistema automático es importante suministrar una energía de 5 VDC con una intensidad de corriente eléctrica de 3 A, generada por un adaptador de corriente eléctrica, en caso de suspensión de esta fuente, la batería tipo Li-Po se encarga de suministrar la energía por alrededor de 6 horas, para ello el dispositivo cuenta con un puerto de alimentación principal, como se muestra en la figura 14-2.



Figura 14-2: Puerto de alimentación de energía.
Realizado por: Guanga, A. & Paucar, L. 2021

2.6.3 Puerto de visualización.

El terminal encerrado en el cuadrado rojo que se aprecia en la figura 15-2, es conectado a una pantalla, para poder visualizar y realizar las pruebas de detección de aves y hacer un monitoreo, es también utilizado para que el programador pueda observar cómo se comporta el sistema en diferentes ámbitos climáticos. Permitiendo así poder realizar cambios en la programación como por ejemplo el cambio de frecuencia.



Figura 15-2: Puerto de visualización.
Realizado por: Guanga, A. & Paucar, L. 2021

2.6.4 Puertos de activación de ondas sonoras.

Este puerto es utilizado para la vinculación externa con el parlante, que permite enviar una señal al emisor final para que se active, su localización se puede observar en la parte marcada de la figura 16-2. Tiene una impedancia de 8Ω proporcionada por el parlante.



Figura 16-2: Puerto de activación sonora.
Realizado por: Guanga, A. & Paucar, L. 2021

2.7 Ubicación del Sistema Automático.

Se instaló en el interior del invernadero para una mejor detección de la presencia de aves y protección contra fenómenos naturales como: la lluvia, fuertes vientos, heladas con el propósito de abarcar una mayor área visual, escenario que se encuentra representado en la figura 17-2.



Figura 17-2: Localización del sistema automático.
Realizado por: Guanga, A. & Paucar, L. 2021

2.8 Comparación del sistema con dispositivo analógico para repeler aves.

Se realizó un análisis comparativo entre los datos obtenidos por el sistema automático y un UltraSon X como se aprecia en la Tabla 3-2, para ello se toma como referencia tres parámetros:

- Superficie de protección.
- Alimentación del sistema.
- Tecnología.

Tabla 3-2: Comparación de sistemas.

Equipo	Superficie de Protección	Alimentación del Dispositivo	Tecnología
Sistema construido	42.75 m ²	Baterías Lipo para Raspberry	Visión Artificial
Ultrason X	Hasta 350 m ²	220 V-110V	Construcción Analógica

Realizado por: Guanga, A. & Paucar, L. 2021

En base a los datos mostrados en la Tabla 3-2 se puede concluir, el equipo analógico cubre una amplia extensión de terreno en relación al sistema automático implementado pero en un alto consumo energético al necesitar de una red eléctrica de 110 0 220 V, dependiendo de la ubicación es necesario ya sea un generador o transformador para cubrir la demanda energética, sin embargo el sistema automático construido funciona a base de baterías lipo las cuales son recargadas de manera sencilla además del uso mediante visión artificial ofreciendo ventaja en el item de alimentación del sistema automático, y sobre superficie de protección una menor área de protección.

2.8.1 Comparación de cobertura de la protección de los sistemas.

Se realiza una comparación con el UltraSon X y el dispositivo, la cantidad de terreno que es capaz de proteger el UltraSon X es un área de 350 m² de terreno. Se observa que la cobertura del UltraSonX es mayor que el prototipo construido, que abarca un área de 42,75 m², se ha utilizado una sola cámara, si se adapta un emisor de ondas sonoras de mayor potencia, se podrá cubrir un área más grande que la del UltraSonX.

2.8.2 Alimentación de los dispositivos.

Se realiza una comparación con el UltraSon X y el sistema automático, la fuente de alimentación del UltraSon X que necesita es un voltaje de 220 VAC o 110 VAC, el agricultor tendrá que extender un cable de energía con estas características para que el dispositivo funcione, ya que no tiene una batería adicional de alimentación.

El UltraSon X al estar alimentado con energía de corriente alterna, es mucho más difícil de alimentarlo de energía en lugares remotos, así como un mayor costo monetario por la potencia que necesita el UltraSon X para funcionar con fluidez en comparación con el sistema automático propuesto que funciona con una red de 110 VAC, que pasa por un reductor de voltaje de 110VAC

a 5 VDC, entonces abastecer de energía al sistema automático es más factible por su bajo consumo energético.

2.8.3 *Tecnología del UltraSon X y el Sistema Automático.*

El UltraSon X tiene una tecnología analógica, si el consumidor requiere más exigencia con el dispositivo no podría modificarlo, en cambio el sistema automático construido si se puede modificar dependiendo de la demanda del consumidor ya que es construido con tecnología digital y visión artificial, siendo capaz de modificar tanto el software como el hardware, por ejemplo si se aumenta cámaras se puede proteger más área de terreno o programar si se desea repeler una especie de aves en específico.

2.8.4 *Consumo de corriente de cada uno de los componentes del sistema.*

Los componentes del dispositivo automático tienen un valor de consumo energético indispensable para su funcionamiento, siendo necesario tener conocimiento sobre el consumo de los diferentes componentes del dispositivo al poner en marcha el sistema, en la tabla 4-2 se muestra el valor de consumo de corriente que interactúan en el dispositivo además de la información de consumo energético del dispositivo como el gasto mensual y anual de energía demandada por el funcionamiento de este.

Tabla 4-2: Consumo de Corriente.

Componente	Reposo	Interfaz grafica	Activo
Cámara Raspberry	575 mA	885 mA	640mA
Parlante	0,125mA	-	250mA
Raspberry Pi 4	44,875mA	-	310mA
Total de consumo	620 mA		1200mA
Potencia	2,2W		5,2 W
Consumo por día	52,8 W hora		124,8W hora
Consumo mensual (dólares)	0,1584 \$		0,3744 \$
Consumo anual (dólares)	1,9 \$		4,5 \$

Realizado por: Guanga, A. & Paucar, L. 2021

Cálculos:

Precio de consumo por KWh=0,10 ctv.

Consumo diario =potencia x horas de uso

Consumo diario=2,2 W x 24 h

Consumo diario=52,8Wh

Consumo mensual=52,8 x 30 días

Consumo mensual en Wh=1.584 Wh

Consumo mensual en KWh = $1.584Wh * \frac{1KW}{1000W}$

Consumo mensual en KWh =1,584 KWh

Consumo mensual=1,584 KWh*0,10

Valor del consumo mensual =0,1584 ctv.

Valor del consumo anual =1,9008 dólares americanos.

En la tabla 4-2 al visualizar el consumo del dispositivo en dólares, cabe recalcar que el precio de KWh se encuentra de manera actual en el Ecuador a un valor de 0,10 ctv, de esta manera el resultado por consumo del sistema automático es de 1,9008 dólares americanos anual, un consumo económico y accesible considerando que existen dispositivos analógicos que cumplen la misma función de repeler aves que necesitan una alimentación energética mayor.

2.8.5 Decibelios utilizados en el sistema.

Los decibelios utilizados para el uso del sistema automático varían desde 70 a 130 dB, teniendo en cuenta que las aves al tener un sistema auditivo mucho más sensible su capacidad para receptor las ondas sonoras es diferente al sistema auditivo humano, la distancia de recorrido de la onda se sitúa a 8.42 metros como se puede observar en la Tabla 5-2, además de la escala de ruido en decibelios desde 0 dB hasta 130 dB.

Tabla 5-2: Decibel Utilizado en el sistema automático.

Decibelios (db)	Efectos	Distancia (m)	Perdida de decibelios
0	Umbral auditivo humano	8.42	-18.506
10		8.42	-8.506
20		8.42	1.493
30	Muy silencioso	8.42	11.493
40	Muy silencioso	8.42	21.494
50	silencio	8.42	31.494
60	incomodo	8.42	41.494
70	incomodo	8.42	51.494
80	molesto	8.42	61.494

90	Muy molesto (daño auditivo)	8.42	71.494
100	Muy fuerte	8.42	81.494
110	Extremadamente fuerte	8.42	91.494
120	Extremadamente fuerte	8.42	101.494
130	Dolorosamente fuerte	8.42	111.494

Fuente: <https://www.dbelectronics.es/intensidad-del-sonido-en-decibelios/>

La ecuación 1-4 utilizada para el uso de decibelios en el sistema automático es la ecuación de la ley inversa del cuadrado, la cual ayuda a proyectar la disminución de los decibelios al recorrer una distancia desde el emisor del sonido hacia el receptor proporcionando así una mejor opción a la cual se debe emitir cierto sonido en decibelios.

Ecuación 1-2. Ecuación de la ley inversa del cuadrado

$$dB_N = dB_R - 20 \log\left(\frac{L_n}{L_R}\right)$$

Donde:

dB_N : valor de pérdida de decibelios.

dB_R : valor inicial de decibelios.

L_n : distancia de emisión del sonido.

L_R : referencia desde el punto de emisión del sonido.

90 dB

$$dB_N = dB_R - 20 \log\left(\frac{L_n}{L_R}\right)$$

$$dB_N = 90 - 20 \log\left(\frac{8.42}{1}\right)$$

$$dB_N = 71.494 \text{ dB}$$

A una distancia de 8.42 m con un valor de emisión de sonido inicial de 90 dB existe una pérdida de alrededor de 18.506 dB, es decir a la distancia de 8.42 m se recepta un sonido de 71.494 dB la cual es aceptable ya que no se desea dañar el sistema auditivo del ave, al ser este el valor que se recepta por parte del ave a esta distancia su efecto será el de repeler el ave que se encuentre en este límite (ehu.eus, 2003).

2.8.6 Autonomía de la batería.

El uso de la batería en el sistema automático es importante ya que en caso de no tener a disposición una fuente de energía conectada el sistema dejara de funcionar, el uso de la batería es indispensable para el funcionamiento, de esta misma manera es necesario saber qué tiempo de duración tiene la batería al no estar sujeta a constante carga para lo cual se realizó los cálculos descritos a continuación.

Ecuación 2-2. Ecuación del consumo de la batería

$$V_b \times I_b = W_b$$

$$V_b \times I_C = W_C$$

Ecuación 3-2. Ecuación de duración de la batería

$$H = \frac{W_b}{W_C}$$

Donde:

V_b : voltaje de la batería.

I_b : corriente de la batería.

I_C : corriente consumida.

W_b : potencia de la batería.

W_C : potencia de consumo.

H: horas de abastecimiento.

Cálculos:

$$W_b = V_b \times I_b$$

$$W_b = 3.7 \text{ v} \times 38000 \text{ mA}$$

$$W_b = 14.06 \text{ W}$$

$$W_C = V_b \times I_C$$

$$W_C = 3.7 \text{ v} \times 1.2 \text{ A}$$

$$W_C = 4.4 \text{ W}$$

$$H = \frac{W_b}{W_C}$$

$$H = \frac{14.06}{4.4}$$

$$H = 3.166 \text{ horas}$$

$$W_b = V_b \times I_b$$

$$W_b = 3.7 \text{ v} \times 38000 \text{ mA}$$

$$W_b = 14.06 \text{ W}$$

$$W_c = V_b \times I_c$$

$$W_c = 3.7 \text{ v} \times 0.6 \text{ A}$$

$$W_c = 2.2 \text{ W}$$

$$H = \frac{W_b}{W_c}$$

$$H = \frac{14.06}{2.2}$$

$$H = 6.33 \text{ horas}$$

Los valores calculados dan como resultados con el uso de la ecuación 2-2 para el consumo de la batería y de la ecuación 3-2 para calcular el tiempo de suministro de energía, en uso máximo de la batería a nivel de la aplicación máxima de una duración de 3 horas con 16 minutos y en reposo con una duración de 6 horas y 30 minutos asumiendo que no contara con el uso de una fuente de alimentación.

2.9 Análisis comparativos de equipo.

El dispositivo UltrSon X tiene un precio de 723,31 dólares americanos, es un dispositivo que no se puede encontrar en el mercado ecuatoriano ya que solo es comercializado en Europa, este dispositivo es analógico teniendo limitaciones si el agricultor quisiera optimizarlo, en cambio el sistema automático que se ha realizado tendría un costo de 600 dólares americanos, a diferencia del UltraSon X el sistema automático puede realizarse mejoras si se quiere cubrir una mayor área, ya que este dispositivo es digital. Hay que tener en cuenta que si se desea cubrir más área de terreno se deberá comprar más dispositivos UltraSon X, lo que provocaría un gasto para el agricultor, en comparación con el sistema automático que se puede realizar mejoras como se indicó anteriormente y consumiendo una baja energía en comparación del UltraSon X.

2.10 Validación del sistema automático.

A continuación, se describirá la validación de los resultados del sistema automático operando en tiempo real.

Está formado por:

- Validación de imágenes.
- Prueba de efecto de sonido en diferentes frecuencias.
- Prueba de alcance perceptible del sonido.
- Consumo energético del sistema.

2.10.1 Validación de Imágenes.

Se realizó una serie de experimentos con imágenes en tiempo real tomadas por una cámara fotográfica como se muestra en las figuras 18-2, 19-2 y 20-2. La idea principal es observar el efecto que tiene este tipo de reconocimiento en las aves, se tomó en cuenta que la precisión depende del lugar en el que se encuentre ubicado y la cantidad de iluminación. Para ello, se ubica la cámara en diferentes ángulos con respecto al terreno y se comprueba gráficamente la detección de aves durante la activación del sistema automático.



Figura 18-2: Detección positiva del ave en el cultivo
Realizado por: Guanga, A. & Paucar, L. 2021



Figura: 19-2. Detección positiva del ave en el cultivo parte frontal

Realizado por: Guanga, A. & Paucar, L. 2021



Figura: 20-2. Detección positiva del ave cerca del invernadero.

Realizado por: Guanga, A. & Paucar, L. 2021

La imagen obtenida en la figura 21-2 mediante la cámara es enviada al sistema para su análisis y búsqueda de patrones que sean similares a las imágenes de muestras. Al existir similitudes, el sistema emite una alerta la cual dispersa a las aves de los cultivos situados dentro del invernadero.

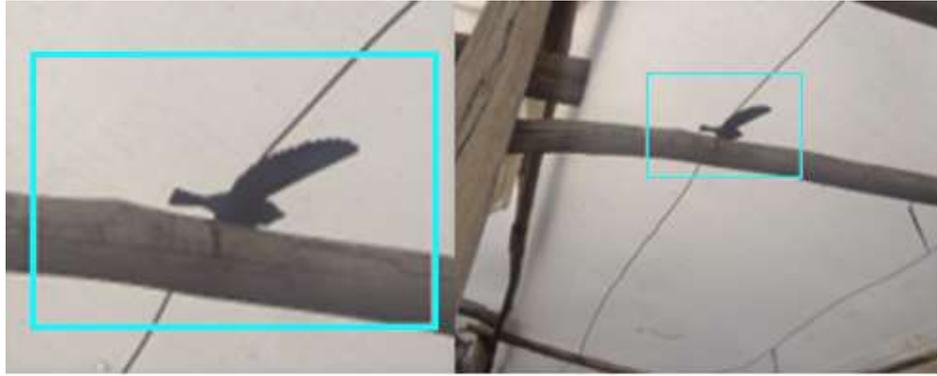


Figura: 21-2. Detección positiva del ave cerca en invernaderos y recorte.
Realizado por: Guanga, A. & Paucar, L. 2021

En la Tabla 6-2 se muestran los resultados obtenidos de las pruebas realizadas a varias aves durante el día dentro del invernadero. La prueba de detección positiva es 54, la detección negativa es 3, el falso positivo es 3 y el falso negativo es 0, por lo que se tomaron un total de 60 muestras.

Tabla 6-2: Resultados obtenidos a plena luz dentro del invernadero.

	Detección Positivas	Detección Negativas	Falso Positivo	Falso Negativo
Aves	54	3	3	0

Realizado por: Guanga, A. & Paucar, L. 2021

La Tabla 7-2 muestra los datos del valor real para valores positivos y negativos, lo que permitió el cálculo de una matriz de confusión a plena luz del día, que permite conocer la efectividad del sistema automático.

Tabla 7-2: Matriz de confusión con variables a plena luz dentro del invernadero.

MATRIZ CONFUSIÓN AVES		Valor de precisión	
		Positivos	Negativos
Valor real	Positivo	54	0
	Negativo	3	3

Realizado por: Guanga, A. & Paucar, L. 2021

Para la obtención de valor cuantitativo se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Precisión} = \frac{\text{Valores reales positivos}}{VP+FP} * 100\%.$$

Valor real positivo = 54.

VP + FP = 57.

La ecuación 4-2, es utilizada para demostrar el porcentaje de efectividad del sistema a plena luz del día dentro del invernadero:

Ecuación 4-2. Precisión con variable a plena luz del día dentro del invernadero.

$$\text{Precisión} = \frac{54}{57} * 100\%$$

Donde se obtuvo un valor de: 94,74% de efectividad del sistema a plena luz del día dentro del invernadero.

La Tasa de Verdaderos Positivo (TVP):

$$\text{TVP} = \frac{\text{Valores reales positivos}}{\text{Total Positivos}} * 100\%.$$

La ecuación 5-2, es utilizada para demostrar el porcentaje de efectividad del sistema a plena luz del día dentro del invernadero:

Ecuación 5-2. Sensibilidad con variables a plena luz del día dentro del invernadero.

$$\text{TVP} = \frac{54}{57} * 100\%$$

Dando como resultado un valor de: 94,74% de efectividad del sistema a plena luz del día dentro del invernadero

En la Tabla 8-2 se muestran los resultados obtenidos de las pruebas de varias aves en un día nublado dentro del invernadero: la prueba de detección positiva es 46, la detección negativa es 7, el falso positivo es 6 y el falso negativo es 1, por lo que se tomaron un total de 60 muestras.

Tabla 8-2: Resultados obtenidos en un día nublado dentro del invernadero.

	Detección Positivas	Detección Negativas	Falso Positivo	Falso Negativo
Aves	46	7	6	1

Realizado por: Guanga, A. & Paucar, L. 2021

La Tabla 9-2 muestra los datos del valor real para valores positivos y negativos, lo que permite el cálculo de una matriz de confusión en un día nublado que permite conocer la efectividad del sistema.

Tabla 9-2: Matriz de confusión con variables en un día nublado dentro del invernadero.

MATRIZ CONFUSIÓN AVES		Valor de precisión	
		Positivos	Negativos
Valor real	Positivo	46	1
	Negativo	6	7

Realizado por: Guanga, A. & Paucar, L. 2021

Para la obtención de valor cuantitativo se utilizó la ecuación de precisión descrita anteriormente.

$$\text{Precisión} = \frac{\text{Valores reales positivos}}{VP+FP} * 100\%.$$

Valor real positivo = 46.

Total de muestras = 52.

La ecuación 6-2, es utilizada para demostrar el porcentaje de efectividad del sistema en un día nublado dentro del invernadero.

Ecuación 6-2. Precisión con variable en un día nublado dentro del invernadero.

$$\text{Precisión} = \frac{46}{52} * 100\%$$

Donde se obtuvo un valor de: 88,46% de efectividad del sistema en un día nublado.

El valor de la tasa de verdaderos Positivo (TVP) se obtuvo mediante:

$$\text{TVP} = \frac{\text{Valores reales positivos}}{\text{Total Positivos}} * 100\%.$$

Valor real positivo = 46.

Total, Positivos = 53.

La ecuación 7-2 se utiliza para probar el porcentaje de efectividad del sistema cuando el día este nublado dentro del invernadero.

Ecuación 7-2. Sensibilidad con variable en día nublado dentro del invernadero.

$$\text{TVP} = \frac{46}{53} * 100 \%$$

Dando como resultado un valor de: 86,79%

Para medir la efectividad del sistema se utilizó la ecuación 8-2.

Ecuación 8-2. Media Aritmética

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum x_i}{n}$$

x = valor de la muestra obtenida.

n = número de muestras.

$$\bar{x} = \frac{94,44\% + 93,10\% + 88,46\% + 86,79\%}{5} = 90,77\%$$

Tenemos una efectividad del sistema de 90,77%

2.10.2 Prueba de efecto de sonido en diferentes frecuencias

Es necesario medir y probar diferentes ondas sonoras que no superen el límite para así evitar daños auditivos y sensoriales, de manera que no altere en cierto grado una cadena trófica en el ecosistema.

El rango de percepción de sonido de las aves es de 4 a 50 kHz y por debajo de los 100 dB para no ocasionar daños en el sistema auditivo ya que este ayuda a su comunicación, así como el apareamiento de los mismo de acuerdo con esta información se ha ido variando los decibeles para analizar los resultados de los cambios.

La activación de las ondas sonoras se realiza mediante la detección visual por medio de una cámara, su desactivación sonora se ejecuta una vez que se aleje el objeto a repeler del perímetro visual de la cámara. El tiempo de activación es de alrededor 93 segundos, en cuales el sonido de reproducción varía de acuerdo con el campo auditivo de especie de aves a repeler.

Los sonidos seleccionados se basan en la capacidad de simular un entorno donde estos se pueden reconocer, pero no se pueden repetir, al ser sonidos que se escuchan de manera repetitiva disminuiría la efectividad para repelerlos, ya que al poseer las aves un instinto con el cual aprenden y se acostumbran a sonidos, dando como resultado que la aplicación desarrollada seria obsoleta en poco tiempo generando más gastos y pérdidas hacia los cultivos.

Tabla 10-2: Frecuencia de diferentes ondas sonoras

Ondas sonoras	Frecuencias	Aturdimiento		
		Bajo	Medio	Alto
Ave predadora	8 KHz	----	----	----
	22 KHz	----	----	----
	44 KHz			
Truenos	8 KHz			
	22 KHz	----	----	----
	44 KHz			
Campanas	8 KHz	----	----	----
	22 KHz	----	----	----

	44 KHz	----	----	----
Sirena	8 KHz		----	----
	22 KHz	----	----	----
	44 KHz			

Realizado por: Guanga, A. & Paucar, L. 2021

Los datos obtenidos en la Tabla 10-2, se determina que, al probar con diferentes tipos de sonidos seleccionados a diferentes frecuencias, sin sobrepasar la intensidad auditiva de los 50 KHz, para no dañar su sistema auditivo, ni se somete a un nivel de estrés mucho mayor a los parámetros normales, para que las aves no sufran incapacidad auditiva.

Como consecuencia de las pruebas realizadas, es mejor no modificar los rangos de frecuencia para así no afectar a otras especies, tomándolo como una mejor opción una frecuencia de trabajo estándar de 44 KHz la cual no infiere en daños al sistema auditivo, ni pone en alerta a otras especies cercanas.

Los diferentes tipos de sonidos seleccionados para repeler aves se muestran en la Tabla 11-2.

Tabla 11-2: Pruebas realizadas a tiempos diferentes

Sonidos	1		2		3		4		5		6	
	t (s)	Rep s										
Ave predadora	30	2	30	2	30	3	30	3	30	3	30	4
Truenos	35	2	35	2	35	2	35	3	35	3	35	4
Campanas	32	1	32	3	32	3	32	3	45	4	45	4
Sirenas	32	1	32	2	32	2	32	3	32	4	32	4

Realizado por: Guanga, A. & Paucar, L. 2021

Las pruebas realizadas con diferentes tipos de sonidos, nos dio como resultado que, las aves como el tórtolo, mirlo, palomas y gorrión común se sienten intimidadas a sonidos de aves depredadoras como el águila, al avanzar con el proceso experimental las aves mencionadas, se sienten atemorizadas por otros factores distintos, de acuerdo con las mediciones e información recopilada estas aves sienten un mayor grado de intimidación en sonidos asociados con hechos naturales como son los truenos.

Es por esta razón que el sonido de los efectos naturales como los truenos fueron óptimos para repeler las aves del invernadero como se ilustra en el gráfico 3-2 y en función del tiempo de reproducción arroja las siguientes muestras recolectadas.

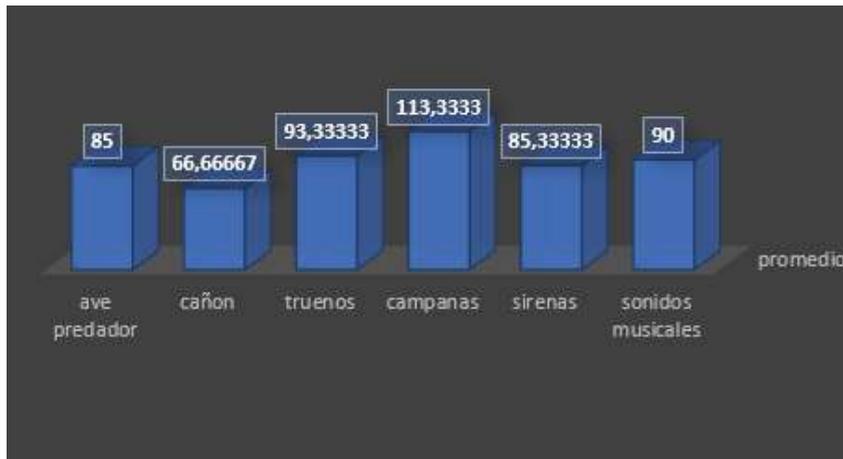


Gráfico 3-2. Prueba de efectos ante el sonido.

Realizado por: Guanga, A. & Paucar, L. 2021

2.10.3 Prueba de alcance perceptible del sonido.

En relación con el tiempo y ubicación de emisión de ondas sonoras el sistema automático abarca una mayor cantidad de área controlada como se puede observar en la figura 22-2. Es importante realizar estudios sobre la ubicación en las cuales las ondas acústicas se acoplen a un mejor canal de dispersión hacia el receptor.

Las dimensiones para cubrir de manera total el invernadero es de 39,42 m de largo con un tamaño de 10,4 m de ancho, el motivo de realizar pruebas es que cantidad de área es capaz de cubrir el sistema automático de manera eficiente.

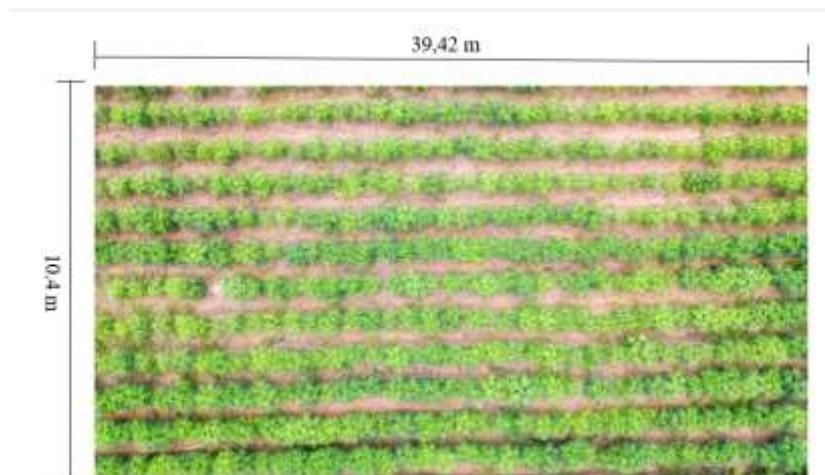


Figura 22-2. Tamaño de la dimensión del terreno

Realizado por: Guanga, A. & Paucar, L. 2021

Por esta razón la ubicación del sistema automático fue cambiando con relación a la mayor área de superficie que pueda cubrir como se puede apreciar en la figura 23-2, estimando una medida aproximada en metros y forma del alcance del sistema de visión. Los puntos de localización se encuentran marcados con su respectiva estimación de alcance sonoro, ya que las aves al ser de

origen silvestre actúan con cautela de manera innata como forma de supervivencia. Para tomar las correspondientes muestras fue necesario actuar con sigilo ya que estas no se acercan ante un entorno habitado por humanos guardando así distancia o alejándose.

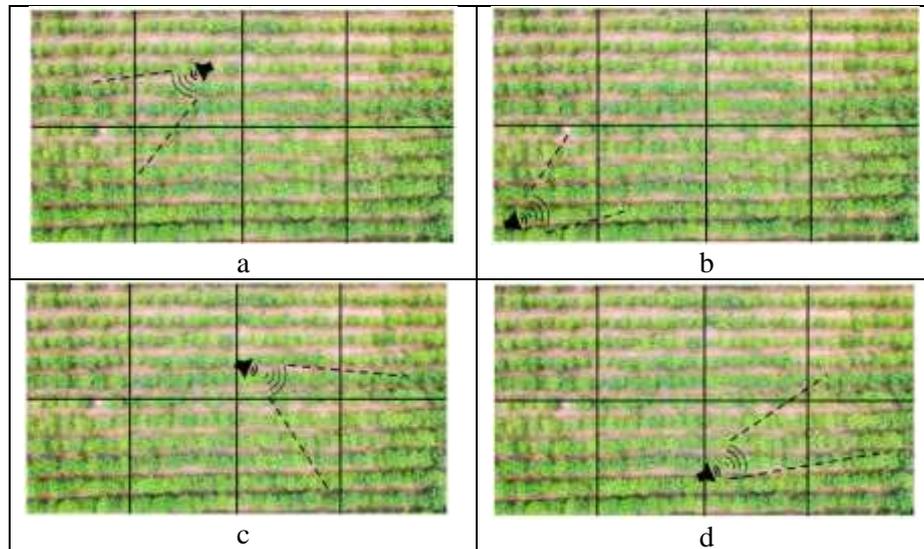


Figura 23-2. Ubicación del sistema automático en diferentes puntos
Realizado por: Guanga, A. & Paucar, L. 2021

La ubicación del componente de audio tiene influencia sobre el área y alcance que asegura la zona libre de aves como se muestra en la Tabla 12-2, se observa como el sonido no se distribuye en todas direcciones de forma uniforme, es por esta razón que, en función de las diferentes posiciones, se procedió a tomar mediciones para una mejor ubicación.

Ecuación 9-2. Área de una superficie rectangular

$$A = (a)(b)$$

Donde:

a la longitud del terreno expresada en metros (m)

b la anchura del terreno expresada en metros(m)

A área de la porción del terreno medido expresada en (m^2)

Área total del invernadero

$$A = (a)(b)$$

a= 19,71 m

b=7 m

$$A = (19,71)(7)$$

$$A = 137,97m^2$$

- Posición **a**

a= 8.5 m

b=6 m

$$A = (8,5)(6)$$

$$A = 51m^2$$

Área total = $137,97m^2$

Área Cubierta = $51m^2$

Porcentaje de área cubierta = 36,96%

- Posición **b**

a= 8,3 m

b=5,9 m

$$A = (8,3)(5,9)$$

$$A = 48,97m^2$$

Área total = $137,97m^2$

Área Cubierta = $48,97m^2$

Porcentaje de área cubierta = 35,49%

- Posición **c**

a= 7,5 m

b=5,7 m

$$A = (7,5)(5,7)$$

$$A = 42,75m^2$$

Área total = $137,97m^2$

Área Cubierta = $42,75m^2$

Porcentaje de área cubierta = 30,98%

- Posición **d**

a= 8,42 m

b=7,4 m

$$A = (8,42)(7,4)$$

$$A = 62,308m^2$$

Área total = $137,97m^2$

Área Cubierta = $62,308m^2$

Porcentaje de área cubierta = 45,16%

A continuación, se expresa los valores obtenidos con los cálculos realizados anteriormente, en la

Tabla 12-2, donde se puede observar el porcentaje de área segura cubierta en relación a la ubicación sonora del dispositivo.

Tabla 12-2: Alcancé que puede repeler las aves el dispositivo

Posición	Longitud (m)	Ancho (m)	Área (m ²)	Porcentaje de área
a	8,5	6	51	36,96%
b	8,3	5,9	48,97	35,49%
c	7,5	5,7	42,75	30,98%
d	8,42	7,4	62,308	45,16%

Realizado por: Guanga, A. & Paucar, L. 2021

Debido a que los invernaderos son muy grandes, se tomó una área pequeña que nos permita tener una cobertura que la cámara pueda tomar fotos con nitidez y el sistema automático pueda procesar y detectar a las aves, teniendo así la activación del parlante, hay que tener en cuenta si aumentamos la frecuencia puede dañar de manera permanente el aparato auditivo de las aves, es por esta razón que el porcentaje de área cubierta se podría considerar como pequeña, más los porcentajes en función del área son considerados de muy buen rango cumpliendo así con el objeto final, la mayor área cubierta se encuentra en la posición **d** como se aprecia en la Tabla 12-2, que es debido al choque de onda sonora con el plástico distribuyéndose de una mejor manera con un 45,16 % de área total cubierta.

2.11 Consumo energético de los componentes del sistema automático.

El funcionamiento del sistema automático en estado pasivo y en activo es diferente, al consumir una mayor cantidad de corriente, por el motivo que entra en funcionamiento la cámara y la salida de audio la cual solo se accionara al detectar la presencia del ave. De manera pasiva el consumo energético debería ser el indicado en las instrucciones de funcionamiento de la tarjeta Raspberry Pi 4, con 5 V y una corriente de 3 A. Las mediciones realizadas en el sistema automático son de corriente y voltaje, factores que permitieron calcular la potencia de consumo a continuación se describe mediante la siguiente ecuación 10-2.

Ecuación 10-2. Ecuación de la Potencia

$$P = V \cdot I$$

Donde:

P es la potencia en vatios(W)

V representa el voltaje (V)

I representa la intensidad eléctrica(A)

2.11.1 Medición en estado pasivo del sistema automático.

Para saber la cantidad de energía eléctrica consume nuestro sistema automático se procedió a calcular la potencia. Se realizó con el sistema automático desconectado de los componentes de

accionamiento y sin la aplicación en funcionamiento en la figura 24-2.



Figura 24-2. medición de corriente estado pasivo
Realizado por: Guanga, A. & Paucar, L. 2021

A continuación, los cálculos realizados para encontrar la potencia del sistema automático.

$$V=5 \text{ V}$$

$$P = 0,62 \text{ A} \times 5 \text{ V}$$
$$P = 3,1 \text{ W}$$

La potencia de consumo del sistema automático en estado pasivo es de 3.1 W, la cual en mediciones varia con una potencia más baja de 1,4 W y más alta de 4,4 W de consumo por parte del dispositivo. Este aumento y disminución de potencia se debe a que cuando todos los elementos están en funcionamiento necesita una gran cantidad de energía eléctrica teniendo así mayor potencia.

2.11.2 Consumo energético en reposo del sistema automático.

La batería Powerpack en estado pasivo, consta de un voltaje DC de 3,7 V y proporciona una corriente de 3,8 A que es suficiente para alimentar al sistema. Su tiempo de carga es de 3 horas y puede durar hasta 6 horas si existe un desabastecimiento eléctrico.

$$I=0,6 \text{ A}$$

$$V=3,7 \text{ V}$$

$$P = 0,6 \text{ A} \times 3,7 \text{ V}$$
$$P = 2,22 \text{ W}$$

En la batería Powerpack el consumo eléctrico es de 2,22 W en estado pasivo teniendo un aumento en la intensidad de corriente eléctrica y disminuir el voltaje de funcionamiento el cual es proporcionado por la batería Li-Po este cambio influye en la potencia de consumo por parte del sistema automático manteniéndose en el rango medido entre 1,4 y 4,4 W.

2.11.3 Medición en estado activo del sistema automático

Se realizó con el sistema automático conectado a los componentes de accionamiento en la figura 25-2 se observa el valor medido, y con la aplicación en funcionamiento, se pudo observar que tenía un consumo mayor al entrar en funcionamiento todos los componentes que son parte del sistema automático, con los siguientes datos:

$$I=1,02 \text{ A}$$

$$V=5 \text{ V}$$

$$P = 1,02 \text{ A} \times 5 \text{ V}$$

$$P = 5,2 \text{ W}$$

La potencia de consumo del dispositivo en estado pasivo es de 5,2 W la cual en mediciones varia con una potencia más baja de 1,4 W y más alta de 5,2 W de consumo por parte del dispositivo en funcionamiento.



Figura 25-2. Medición de corriente estado activo

Realizado por: Guanga, A. & Paucar, L. 2021

2.11.4 Consumo de energía en estado activo en la batería

La batería RPI Powerpack en estado activo, consta de un voltaje DC de 3,7 V y proporciona una corriente de 1,10 A. Se puede notar que la caída de 2,8 A cuando la batería Li-Po está alimentando al sistema con estos datos se calculó la potencia de consumo.

A continuación, el cálculo de potencia.

$$I=1,10 \text{ A}$$

$$V=3,7 \text{ V}$$

$$P = 1,10 \text{ A} \times 3,7 \text{ V}$$

$$P = 4,218 \text{ W}$$

El consumo de energía en estado activo del sistema automático como se observa en los resultados es mayor al estado pasivo por las razones que entra en funcionamiento al 100 por ciento de la capacidad de la aplicación, es lógico que al usar los recursos este consuma una mayor potencia dando así la prueba energética de consumo, las mediciones eléctricas se pueden evidenciar en la figura 26-2.

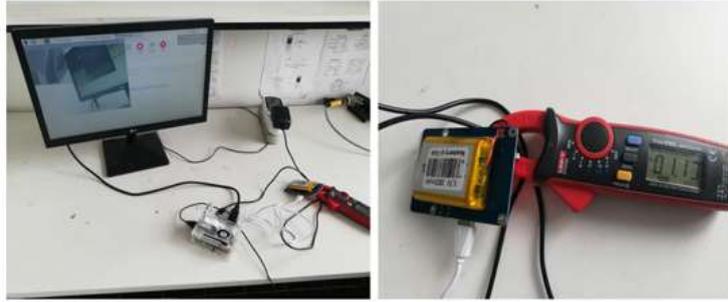


Figura 26-2. Mediciones de potencia del dispositivo
Realizado por: Guanga, A. & Paucar, L. 2021

3. GESTIÓN DEL PROYECTO

Finalizado el diseño e implementación del sistema Automático se procede a realizar pruebas y comparaciones para validar el funcionamiento óptimo del mismo y luego determinar la eficiencia al momento de detección de aves, este apartado tiene la función de evidenciar los resultados generados por las pruebas realizadas.

3.1 Cronograma de Actividades

Tabla 1-3: Cronograma de actividades Sistema Automático

ACTIVIDADES	TIEMPO	MES																							
		1				2				3				4				5				6			
		SEMANAS																							
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Revisión bibliográfica																									
Recopilación de información																									
Visita a cultivos, invernaderos en la provincia del Chimborazo, Análisis de parámetros, variables y condiciones de ambiente.																									
Recopilación y tratamiento de muestras.																									
Implementación de la estructura																									
Creación código fuente en el programa PYTHON.																									
Adquisición de los elementos para la implementación del sistema de visión artificial.																									
Realización de pruebas, correcciones del funcionamiento de detección del sistema. Pruebas de campo.																									
Validación del sistema																									
Elaboración y corrección de borradores																									
Redacción del trabajo final																									

Realizado por: Guanga, A. & Paucar, L. 2021

3.2 Evaluación de Costos.

En este capítulo se muestra el análisis del costo del prototipo con todos sus componentes, el consumo de energía de cada uno de sus componentes y el área que puede cubrir el prototipo con eficiencia.

3.2.1 *Análisis de costos del prototipo*

En el presente capítulo se analizó los costos que permitieron la implementación del dispositivo, el costo del sistema está estimado por los componentes del proyecto y el plan de implementación, la Tabla 2-3 muestra el análisis del costo del sistema, donde se detallan sus componentes y precios de implementación.

Tabla 2-3: Análisis de costos

N°	Cantidad	Módulos	Precios (USD)
1	1	Raspberry Pi 4	150
2	1	Módulo De Cámara Raspberry Pi	60
3	1	Audio Altavoz para Raspberry Pi	50
4	3	Tarjeta microSD	45
5	2	Alambre Cobre Eléctrico Flexible 14 Awg Rolla de 100mt	15
6	1	Case de raspberry Pi 4	15
7	1	Batería RPI Powerpack	32
8		Varios	188
COSTOS TOTAL DEL SISTEMA			600

Realizado por: Guanga, A. R. & Paucar, L. 2021

3.2.2 *Relación Beneficio/Costo*

Como se observar el precio del sistema automático es de 600 dólares americanos, el costo del sistema de detección de aves va a variar de acuerdo con el alcance que se quiera cubrir del invernadero, en la Tabla 3-3 se muestra una comparación beneficio/costo entre el sistema de detección y pérdidas económicas por pérdida de cosecha.

Tabla 3-3: Relación beneficio/costo

	Costo Anual (dólares)	Extras	Total
Sistema automático	600	40	640
Perdidas de cultivos	5000	650	5650
Costo/Beneficio			6290

Realizado por: Guanga, A. & Paucar, L. 2021

Con los datos obtenidos de beneficios /costos y tomando en cuenta que el sistema automático posee una precisión de 90,77% calculada en el capítulo anterior, véase Ecuación 8-2 y las pérdidas de cultivos afectados por aves es de 27% dato proporcionado por el repositorio de la universidad técnica de Ambato, como se muestra en la Tabla 4-3 afectando así a la producción y ocasionando molestias a los agricultores. Se puede notar que se tiene un beneficio muy amplio económicamente para los agricultores que pierden grandes cantidades de cultivos y así también grandes cantidades de dinero.

Tabla 4-3: Porcentaje de pérdida de cultivos

Año	Sequia	Helada	Plagas	Enfermedades	Inundación	Otra razón (fertilidad del suelo, semilla)
2014	14%	3%	31%	14%	7%	32%
2015	20%	4%	37%	11%	6%	21%
2016	16%	4%	40%	9%	3%	27%
2017	7%	6%	39%	10%	15%	23%
2018	24%	7%	27%	19%	1%	22%

Realizado por: fca.uta.edu.ec

3.3 Recursos Materiales:

El sistema cuenta con un bloque de alimentación definido por el dispositivo RPi Power Pack V1.0, encargado de suministrar energía a la tarjeta Raspberry. A esta se conectan los diferentes periféricos como: la cámara RPi-CAM-V2, el cual se encarga de captar las imágenes y video, seguido de un accionador el cual es un parlante portátil MOD.PSB1000 que emite una alerta sonora siempre y cuando la cámara detecte la presencia de aves, al final todas estas acciones son monitoreadas por la Raspberry la cual cuenta con su sistema alojado dentro de una memoria SD de 64 GB de almacenamiento. En la Tabla 5-3 se describe las principales características de los elementos que intervienen dentro del sistema.

Tabla 5-3: Componentes del sistema automático general.

Elementos	Descripción	función
Raspberry Pi 4	Tarjeta embebida 4 Gb de memoria RAM Procesador Broadcom Sistema operativo GNU/Linux Raspbian	Control principal de procesamiento del sistema

	<p>Conectividad de red RJ-45</p> <p>Temperatura de funcionamiento 0-50 grados centígrados</p>	
Cámara RPi-CAM-V2	<p>Cámara 5 Megapíxeles</p> <p>Videos en formato 720p,1080p.</p> <p>Comunicación mediante cable flex.</p>	Captación de video.
RPi Power Pack V1.0	<p>Modulo batería recargable LI-PO 3.7V</p> <p>Batería de funcionamiento de hasta 24 horas.</p>	Suministra energía.
Parlante PSB.1000	<p>Indicador</p> <p>Comunicación bluetooth, Jack 4 polos.</p> <p>Alimentación 5 V</p> <p>Potencia 45 Watts</p> <p>Impedancia 8 Ohmios</p>	Emisión de ondas sonoras a una intensidad de 100 decibeles
Micro SD	Memoria 32 o 64 Gb	Medio de instalación del Sistema operativo
Disipadores	<p>Seguridad</p> <p>Unidad de control de puertos</p> <p>Memoria RAM</p> <p>Procesador.</p>	Baja la temperatura del procesador.
Ventilador	<p>Seguridad</p> <p>Alimentación 3.7 V</p> <p>Dispositivo de enfriamiento</p> <p>Siempre activa</p>	Equilibra la temperatura total de la tarjeta embebida

Realizado por: Guanga, A. & Luis, P. 2021

4. CONCLUSIONES

- Se logró la implementación del sistema automático para repeler aves, que se aproximan a los cultivos mediante ondas sonoras, utilizando técnicas de visión artificial, validándose su aplicación con los datos obtenidos en las diferentes pruebas realizadas tanto a nivel de Software, Hardware y económica.
- Las ondas sonoras acopladas al sistema fueron analizadas cuidadosamente, tratando de no generar daño alguno al ecosistema. Fue necesario el estudio del sistema auditivo y del análisis de fenómenos como la luz climática, en horas de mayor afluencia de aves.
- El sistema trabaja a 90 dB, cubriendo un área de 62,3 m², con una precisión del 91,18% en 7 segundos y un consumo de 1200 mA activo.
- Para tener mayor efectividad del sistema, se debe colocar en una posición de una altura de 3 m sobre el nivel de la superficie del terreno cubriendo así el área de 62,3 m², obteniéndose una respuesta inmediata del sistema para repeler las aves.
- La recopilación de muestras para el entrenamiento del sistema, fue de 5.000 realizadas de manera cautelosa debido a que las aves al sentir la presencia o voz humana se sienten intimidadas, dificultando así el monitoreo.

5. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que el sistema sea utilizado en el día, debido a que las aves arremeten por las mañanas y la tarde, así que no es necesario tener encendido en la noche logrando así alargar el tiempo de vida útil del sistema.
- En un futuro, para cubrir áreas de mayor extensión, el sistema debe incorporar: cámaras, dispositivos emisores de sonido y alimentar la base de datos con muestras para el entrenamiento a utilizarse mediante visión artificial.
- Para un mejor reconocimiento de las aves es necesario tener una recopilación de muestras que facilitan el reconocimiento de las aves logrando evitar errores en la detección de los mismos.
- Para tener mayor vida útil del sistema, se debe tomar ciertas medidas de seguridad como son: no colocar el sistema en lugares húmedos o en lugares donde afecte el ambiente climático, no se debe manipular las líneas de código porque reduce la fiabilidad al momento de la detección y activación del sistema en el invernadero.

BIBLIOGRAFÍA

ATRIA INNOVATION. *La Visión Artificial* [blog]. [Consulta: 26 de enero 2021]. Disponible en: <https://www.atriainnovation.com/vision-artificial-ventajas-aplicaciones/>

ATRIA INNOVATION. *La Visión Artificial* [blog]. [Consulta: 26 de enero 2021]. Disponible en: <https://www.atriainnovation.com/vision-artificial-ventajas-aplicaciones/>

BIOWEB. *colombia.bioweb.co.*[blog]. [Consulta: 25 diciembre 2020]. Disponible en: <https://colombia.bioweb.co/products/ahuyentadores-bird-x-sonicos-birdxpeller-pro?variant=7611866757>

B·LED. *Características y Ventajas de los Diodos LED* [blog]. 2020 [Consulta: 23 de diciembre 2019]. Disponible en: <https://www.barcelonaed.com/blog/informacion-led/caracteristicas-y-ventajas-de-los-diodos-led/>

COGNEX. *cognex.com* [blog]. [Consulta: 1 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.cognex.com/>

COGNEX. *Componentes de la visión artificial* [blog]. [Consulta: 25 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.cognex.com/es-ve/what-is/machine-vision/components>

DUARTE, Dennis, & DOMINGUEZ, Sídney. *Medición de distancias entre dos objetos a partir de procesamiento de imagen* [En línea]. 12ª ed. Universidad Santiago de Morelos, México ,2020. [Consulta: 17 octubre 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.35997/runacv12n23a9>.

ESCOBAR, Claudia; et al. *Relación Costo-Beneficio De Un Proyecto Para El Cambio De Iluminación Tradicional Fluorescente A Iluminación Led En Oficinas Tipo 2 Del Banco Caja Social* [En línea] (Investigación). Universidad EAN. Bogotá, Colombia 2017. pp 12-16. [Consulta: 28 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://repository.ean.edu.co/bitstream/handle/10882/9079/EscobarClaudia2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

GUTIERREZ L. & CALVO, A. *La visión artificial y los campos de aplicación (Trabajo de titulación) (Ingeniería).* Universidad Politécnica Estatal del Carchi, Carchi-Ecuador,2015, pp. 1-5.

INFAIMON. *infaimon.com* [blog]. [Consulta: 30 de marzo 2021]. Disponible en: <https://www.infaimon.com/enciclopedia-de-la-vision/iluminacion-por-laser/>

JIMÉNEZ, E. *¿Qué es la luz y cuáles son sus tipos?* [blog]. [Consulta: 31 de diciembre 2019]. Disponible en: <https://delefoco.com/que-es-la-luz-y-cuales-son-sus-tipos/>

JIMÉNEZ OCHOA, MAGALY GABRIELA. Desarrollo de un sistema de visión artificial para la detección de aglomeración de personas en un semáforo (Trabajo de titulación) (Pregrado). Universidad Nacional de Loja, Carrera de Ingeniería en Sistemas. Loja, Ecuador. 2015. pp. 26-35. [Consulta: 01 de enero de 2021]. Disponible en: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/11225/1/Jim%C3%A9nez%20Ochoa%20Magaly%20Gabriela.pdf>

LAFORGA, Pablo. *Conceptos Físicos de las ondas sonoras* [blog]. [Consulta: 1 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Conceptos-F%C3%ADsicos-de-las-ondas-sonoras-Fern%C3%A1ndez/27e110cf8fbed3cd9e3504265df38475c63690f4?p2df>

Laforga, Pablo. *Conceptos Físicos de las ondas sonoras* [blog]. [Consulta: 1 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Conceptos-F%C3%ADsicos-de-las-ondas-sonoras-Fern%C3%A1ndez/27e110cf8fbed3cd9e3504265df38475c63690f4?p2df>

LEÓN PUGO, JUAN CARLOS. Estudio de iluminación natural y artificial (Trabajo de titulación) (Pregrado). Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador. 2019. Pp. 3-10. [Consulta: 19 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://sites.google.com/site/diluminacionartificial/tipos-de-iluminacion-artificial>

MICROSOFT WORD - TESIS FINAL. *SISTEMAS DE ILUMINACIÓN.* [en línea]. 2017[Consulta: 8 febrero 2021]. Disponible en: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/739/A4%2520%2520SISTEMAS%2520DE%2520ILUMINACI%25C3%2593N.pdf?sequence=4>

MILLAN, JAVIER; et al. *Clasificador Objetos Con Visión Artificial [En línea].* Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador, 2010. [Consulta: 4 marzo de 2021]. Disponible en: https://issuu.com/javier_millan/docs/paper_clasificador_objetos_con_vision_artificial

MIRANDA, FERNANDO. Diseño y Construcción de Nodos Inteligentes (Trabajo De titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Chimborazo-Riobamba. 2020. pp. 55-

MORALES, César; & NAVA, Iván. Detector Automático de Franqueamiento de Señal de Maniobra Para el Sistema de Transporte Colectivo Metro Mediante Algoritmos de Visión Artificial (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Instituto Politécnico Nacional, Santo Tomas Ciudad de México-México. pp. 10-16. [Consulta: 01 de enero de 2021]. Disponible: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/21959/tesis%20vision%20artificial.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

MORENO, Johanna. *aves.animalesbiologia.com* [blog]. [Consulta: 28 de enero de 2021]. Disponible en: <https://aves.animalesbiologia.com/temas/sentidos-de-las-aves>.

MICROSOFT WORD - TESIS FINAL. SISTEMAS DE ILUMINACIÓN. [en línea]. 2017[Consulta: 8 febrero 2021]. Disponible en: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/739/A4%2520%2520SISTEMAS%2520DE%2520ILUMINACI%25C3%2593N.pdf?sequence=4>

ONLOGIC BLOG. *What is a Vision Processing Unit (VPU)? A Look at the Brave New Future of Edge Computing* [blog]. [Consulta: 25 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.onlogic.com/company/io-hub/what-is-a-vision-processing-unit-vpu-a-look-at-the-brave-new-future-of-edge-computing/>

PACHACAMA, L Sistema electrónico automático ahuyentador de palomas(Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Politecnica Salesiana. Quito - Ecuadr 2020. pp.15-50.

PARDO, Carlos. *carlosjuliopardoblog.wordpress.com* [blog]. [Consulta: 14 febrero 2021]. Disponible en: <https://carlosjuliopardoblog.wordpress.com/2017/05/12/filtros-haar-deteccion-de-rostros/>

PAREDES, Juan; & GUERRERO, Leidy. Estudio comparativo entre algoritmos de reconocimiento de borde para identificación de placas de autos (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Chimborazo-Riobamba. 2012. pp 20-30. [Consulta: 06 de enero de 2021]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/1944>

PDI_Cap1. *Procesamiento Digital de Imágenes* [En línea]. 2018 [Consulta: 11 de febrero de 2021]. Disponible en: http://lapi.fi-p.unam.mx/wp-content/uploads/PDI_Cap1_Introduccion.pdf

PROGRAMARFACIL. *programarfacil.com* [blog]. [Consulta: 09 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://programarfacil.com/podcast/81-vision-artificial-opencv-python/>

Rosenova, Daniela. *Tipos de Iluminación Artificial* [blog]. [Consulta: 15 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://sites.google.com/site/diluminacionartificial/tipos-de-iluminacion-artificial>

RUSS, John; & BRENT, F. *The Image Processing Handbook*. 7ª ed. Louisiana State University, Louisiana -Estados Unidos : Imprint: CRC Press, 2018, pp.28-42.

SANAM. *fumigacionessanam.com.ar* [blog]. [Consulta: 15 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://www.fumigacionessanam.com.ar/aves.html?fbclid=IwAR1HCXzGvbAOLxWAXaXgwPxPJeeCunKjfwxRygl101CBCpH11hRDhnBxDQ#tabs-12>

SIN AVES. *sinaves.com.ar/Hardware* [blog]. Buenos Aires. 4932-1630 - 4957-8354 [Consulta: 25 diciembre 2020]. Disponible en: <http://sinaves.com.ar/productos>.

VENCO. *Inteligencia aplicada a Sistemas de Visión Artificial: Evolución y Hardware* [blog]. [Consulta: 25 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.vencoel.com/inteligencia-aplicada-a-sistemas-de-vision-artificial-evolucion-y-hardware/>.

VISION ARTIFICIAL. *Aplicación práctica de la visión artificial en el control de procesos industriales* [En línea]. Union Europea, España, 2012. [Consulta: 17 octubre 2020]. Disponible en:

<http://www.adimenlehiakorra.eus/documents/29934/43025/Aplicaci%C3%B3n+pr%C3%A1ctica+de+la+visi%C3%B3n+artificial+en+el+control+de+procesos+industriales.pdf/92a1a455-ffe2-4290-be95-f9ba33c02241>

VIVERO, MARTINA. *¿QUÉ ES LA LUZ ESTROBOSCÓPICA?* [blog]. 2015 [Consulta: 16 de febrero 2021]. Disponible en: <https://prezi.com/gnmc5w2phw4x/que-es-la-luz-estroboscopica/>

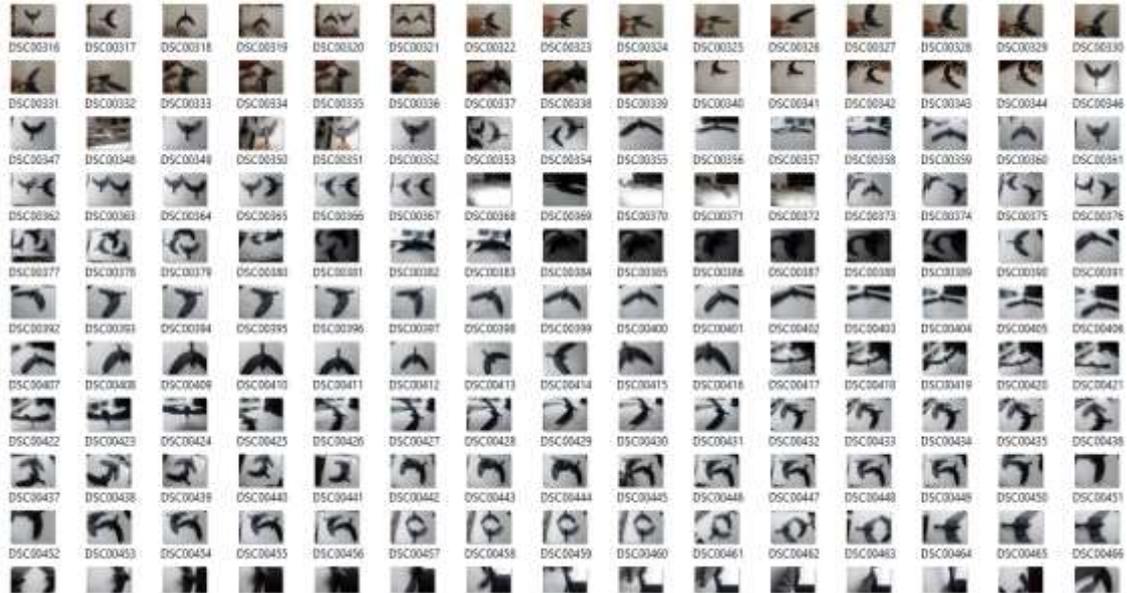
WHITEPAPER. *Estándares de visión artificial* [en línea]. [Consulta: 16 de enero de 2021]. Disponible en: <https://es.ids-imaging.com/files/downloads/knowledgebase/pdf/whitepaper/es/whitepaper-vision-standards.pdf>

WHITEPAPER. *Estándares de visión artificial* [en línea]. [Consulta: 16 de enero de 2021]. Disponible en: <https://es.ids->

[imaging.com/files/downloads/knowledgebase/pdf/whitepaper/es/whitepaper-vision-standards.pdf](https://www.imaging.com/files/downloads/knowledgebase/pdf/whitepaper/es/whitepaper-vision-standards.pdf)

ANEXOS

ANEXO A: TOMA DE MUESTRAS



ANEXO B: FICHAS TECNICAS.



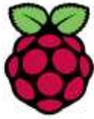
Raspberry Pi 4 Model B Datasheet
Copyright Raspberry Pi (Trading) Ltd. 2019

Symbol	Parameter	Minimum	Maximum	Unit
V_{IN}	5V Input Voltage	-0.5	6.0	V
V_{GPIO_ref}	GPIO Voltage	-0.5	3.6	V
V_{GPIO}	GPIO Input voltage	-0.5	$V_{GPIO_ref} + 0.5v$	V

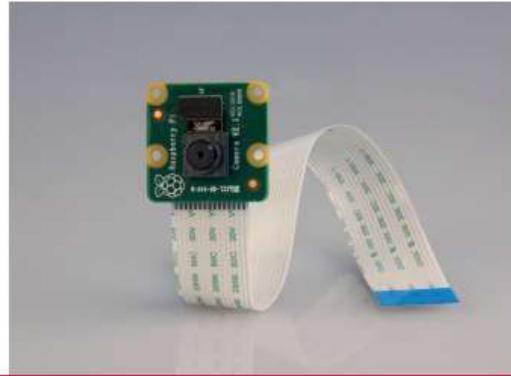
Please note that V_{ref} is the GPIO bank voltage which must be tied to either 3.3V or 1.8v rail.

Symbol	Parameter	Conditions	Minimum	Typical	Maximum	Unit
$V_{L(GPIO)}$	Input low voltage	$V_{ref} = 3.3V$	0	-	0.8	V
$V_{H(GPIO)}$	Input high voltage	$V_{ref} = 3.3V$	2.0	-	V_{GPIO_ref}	V
$V_{L(GPIO)}$	Input low voltage	$V_{ref} = 1.8V$	0	-	0.35	V
$V_{H(GPIO)}$	Input high voltage	$V_{ref} = 1.8V$	0.65	-	V_{GPIO_ref}	V

$I_{L(GPIO)}$	Input leakage current	-	-	-	10	μA
$V_{OL(GPIO)}$	Output low voltage	-	-	-	0.4	V
$V_{OH(GPIO)}$	Output high voltage	-	$V_{GPIO_ref} - 0.4$	-	-	V
$I_{O1(GPIO)}$	Output current	1mA	0.87	1.3	-	mA
$I_{O2(GPIO)}$	Output current	2mA	1.75	2.6	-	mA
$I_{O3(GPIO)}$	Output current	3mA	2.63	3.9	-	mA
$I_{O4(GPIO)}$	Output current	4mA Default	3.5	5.3	-	mA
$I_{O5(GPIO)}$	Output current	5mA	4.39	6.6	-	mA
$I_{O6(GPIO)}$	Output current	6mA	5.27	7.9	-	mA
$I_{O7(GPIO)}$	Output current	7mA	6.15	9.2	-	mA
$I_{O8(GPIO)}$	Output current	8mA	7.02	10.5	-	mA
$R_{PU(GPIO)}$	Pullup resistor	$V_{ref} = 3.3V$	33	47	73	k Ω
$R_{PD(GPIO)}$	Pulldown resistor	$V_{ref} = 3.3V$	33	47	73	k Ω
$R_{PU(GPIO)}$	Pullup resistor	$V_{ref} = 1.8V$	18	47	73	k Ω
$R_{PD(GPIO)}$	Pulldown resistor	$V_{ref} = 1.8V$	18	47	73	k Ω

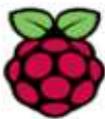


Raspberry Pi



Camera Module

Product Name	Raspberry Pi Camera Module
RS Part Numer	913-2664
Specifications	
Image Sensor	Sony IMX 219 PQ CMOS image sensor in a fixed-focus module.
Resolution	8-megapixel
Still picture resolution	3280 x 2464
Max image transfer rate	1080p: 30fps (encode and decode) 720p: 60fps
Connection to Raspberry Pi	15-pin ribbon cable, to the dedicated 15-pin MIPI Camera Serial Interface (CSI-2).
Image control functions	Automatic exposure control Automatic white balance Automatic band filter Automatic 50/60 Hz luminance detection Automatic black level calibration
Temp range	Operating: -20° to 60° Stable image: -20° to 60°
Lens size	1/4"
Dimensions	23.86 x 25 x 9mm
Weight	3g



Raspberry Pi

RPI Powerpack V1.0



Brand	Generic
Manufacturer	GKCT594
Model	GKCTT594
Item Weight	100 Grams
Item model number	GKCTT594
Hard Drive Interface	USB
Hardware Interface	USB
Batteries Required	No
Manufacturer	GKCT594
Item Weight	100 g



PORTATIL MOD. PSB1000

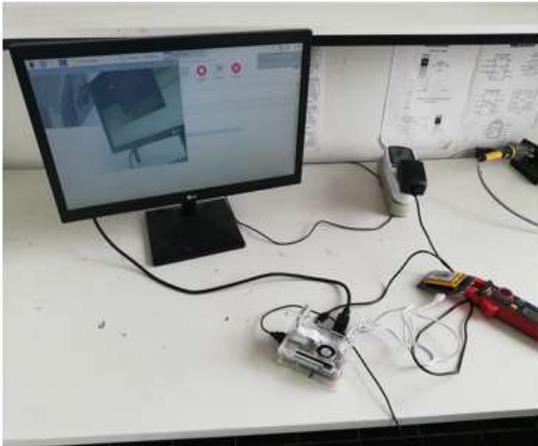
Potencia 45 W

- Conexión Bluetooth V5.0 + EDR
- Sistema TWS puedes sincronizar dos parlantes iguales para crear un sistema estéreo y duplicar la potencia.
- Resistente a salpicaduras IPX5
- Apto para uso exterior e interior
- Batería interna de Ion Litio
- Más de 10 hs de duración (*)
- Sonido Full Range 2.0
- Luz Led
- Radio FM
- Entrada Auxiliar
- Alimentación por puerto USB.
- Incluye correa
- Peso: 2,3 kg
- Dimensiones: 340x148x143 mm



- **UltraSonX - Especificaciones Técnicas:**
 - Dimensiones:
 - Unidad de Control: 23 x 23 x 13 cm
 - Altavoces: 11 x 11 x 16 cm
 - Dimensiones de la Caja: 49 x 33 x 21cm
 - Peso: 4,5kg
 - Altavoces: 8 ohms, 75 watts
 - Cobertura: **Hasta 350 metros cuadrados**
 - Potencia: 220vAC (110vAC también disponible)
 - Cable 220v de 1,8 metros
 - Sonido: 95–102 dB (por altavoz) en 1 metros
 - Frecuencia: 15–25 kHz
 - Normativa: Unidad - CE / fuente de alimentación - UL y CE
 - EPA Est. 075130-OR-001
 - Tipo de caja NEMA
 - Fabricado en Estados Unidos

ANEXO C: TOMA DE MUESTRAS.







ANEXO D: CODIGO FUENTE.

```
from time import sleep
import smtplib
import time
from datetime import datetime
from email.mime.image import MIMEImage
from email.mime.multipart import MIMEMultipart
import cv2
import numpy as np
import time,sys
import matplotlib.pyplot as plt
import imutils

ave_cascade = cv2.CascadeClassifier('ave.xml')
face_cascade = cv2.CascadeClassifier('haarcascade_frontalface_default.xml')
Subject='alerta'
cap=cv2.VideoCapture(0)
time.sleep(1)
while 1:
    # reads frames from a camera
    ret, img = cap.read()
    # Convert the image to RGB colorspace
    image = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2RGB)
    # Make a copy of the original image to draw face detections on
    image_copy = np.copy(image)
    # Convert the image to gray
    gray_image = cv2.cvtColor(image, cv2.COLOR_RGB2GRAY)
    # Detect faces in the image using pre-trained face dectector
    #img = imutils.resize(img,width = 900)
    # convert to gray scale of each frames
    gray = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
```

```

# Detects ave of different sizes in the input image
aves = ave_cascade.detectMultiScale(gray, scaleFactor=1.1, minNeighbors=5, minSize=(30,
30))
#To draw a rectangle in guns
for (ex,ey,ew,eh) in guns:
cv2.rectangle(img,(ex,ey),(ex+ew,ey+eh),(255,255,0),2)
font=cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX
cv2.putText(img, "aves",(250,20),
cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX,1,(0,0,255),2)
cv2.putText(img, "aves",(ex,ey),
cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX,1,(255,255,0),2)
# Get the bounding box for each detected face
faces = face_cascade.detectMultiScale(gray, 1.08, 4)
print('Number of faces detected:', len(faces))
if (len(faces)>0): face_crop = []
for (rx,ry,rw,rh) in faces:
cv2.rectangle(img,(rx,ry),(rx+rw,ry+rh),(255,255,0),2)
face_crop.append(image_copy[ry:ry+rh, rx:rx+rw])
for face in face_crop:
face = imutils.resize(face,width = 300)
print("Motion...")
p=cv2.imwrite('movement.jpg',face)
p1=cv2.imwrite('movement1.jpg',image_copy)
subject='Security allert!!'
msg = MIMEMultipart()
msg['Subject'] = subject
msg['From'] = me
msg['To'] = toaddr
fp= open('movement.jpg','rb')
img2= MIMEImage(fp.read())
fp.close()
msg.attach(img2)
fp1= open('movement1.jpg','rb')
img3= MIMEImage(fp1.read())
fp1.close()
msg.attach(img3)
server.send_message(msg)
server.quit()

else:
print("Motion...")
p=cv2.imwrite('movement.jpg',image_copy)
subject='Security allert!!'
msg = MIMEMultipart()
msg['Subject'] = subject
msg['From'] = me
msg['To'] = toaddr
fp= open('movement.jpg','rb')
img2= MIMEImage(fp.read())
fp.close()
# Convert the image to RGB colorspace
image = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2RGB)
# Make a copy of the original image to draw detections on
image_copy = np.copy(image)
# Convert the image to gray
gray_image = cv2.cvtColor(image, cv2.COLOR_RGB2GRAY)

```

```

# Detect faces in the image using pre-trained dectector
#img = imutils.resize(img,width = 900)
# convert to gray scale of each frames
gray = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
# Detects bird of different sizes in the input image
bird = bird_cascade.detectMultiScale(gray, scaleFactor=1.1, minNeighbors=5, minSize=(30,
30))
#To draw a rectangle in birds
for (ex,ey,ew,eh) in birds:
cv2.rectangle(img,(ex,ey),(ex+ew,ey+eh),(255,255,0),2)
font=cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX
cv2.putText(img, "AVE DETECTADA",(250,20),
image = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2RGB)
# Make a copy of the original image to draw detections on
image_copy = np.copy(image)
# Convert the image to gray
gray_image = cv2.cvtColor(image, cv2.COLOR_RGB2GRAY)
# Detect faces in the image using pre-trained dectector
#img = imutils.resize(img,width = 900)
# convert to gray scale of each frames
gray = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
# Detects bird of different sizes in the input image
bird = bird_cascade.detectMultiScale(gray, scaleFactor=1.1, minNeighbors=5, minSize=(30,
30))
#To draw a rectangle in birds
for (ex,ey,ew,eh) in birds:
cv2.rectangle(img,(ex,ey),(ex+ew,ey+eh),(255,255,0),2)
font=cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX
# Detect faces in the image using pre-trained dectector
#img = imutils.resize(img,width = 900)
# convert to gray scale of each frames
gray = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
# Detects bird of different sizes in the input image
bird = bird_cascade.detectMultiScale(gray, scaleFactor=1.1, minNeighbors=5, minSize=(30,
30))
#To draw a rectangle in birds
for (ex,ey,ew,eh) in birds:
cv2.rectangle(img,(ex,ey),(ex+ew,ey+eh),(255,255,0),2)
font=cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX

cv2.putText(img, "AVE DETECTADA2",(250,20),

cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX,1,(0,0,255),2)
cv2.putText(img, "ave",(ex,ey),
cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX,1,(255,255,0),2)
# Get the bounding box for each detected face
bird = bid_cascade.detectMultiScale(gray, 1.08, 4)
print('Number of bird detected:', len(bird))
subject='alert!!'
msg = MIMEMultipart()
msg['Subject'] = subject
msg['From'] = me
msg['To'] = toaddr
fp= open('movement.jpg','rb')
img2= MIMEImage(fp.read())

```

```
fp.close()
msg.attach(img2)
fp1= open('movement1.jpg','rb')
img3= MIMEImage(fp1.read())
fp1.close()
msg.attach(img3)
else:
print("Motion...")
p=cv2.imwrite('movement.jpg',image_copy)
subject='Security alert!!'
# Close the window
cap.release()
# De-allocate any associated memory usage
cv2.destroyAllWindows()
```



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO



DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS
DEL
APRENDIZAJE

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y
BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 22 / 02 / 2022

INFORMACIÓN DE LOS AUTORES
Nombres – Apellidos: ÁNGEL RODRIGO GUANGA HUERTA LUIS ANDERSON PAUCAR CARRILLO
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
Carrera: ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN
Título a optar: INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN
f. Analista de Biblioteca responsable:  Firmado electrónicamente por: ELIZABETH FERNANDA AREVALO MEDINA



0316-DBRA-UPT-2022