

UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS CARRERA COMPUTACIÓN

SISTEMA AUTOMATIZADO AHUYENTADOR DE AVES PARA LAS PLANTACIONES DE ARROZ PROPUESTA TECNOLÓGICA

Trabajo de titulación presentado como requisito para la obtención del título de INGENIERO EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

AUTORES CONTRERAS MORAN SERGIO ISAAC ORTIZ ROBLES ALEXANDER FRANCISCO

TUTOR
ING. ENRIQUE FERRUZOLA GOMEZ, MSC.

MILAGRO - ECUADOR

2023



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS CARRERA COMPUTACIÓN

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, FERRUZOLA GOMEZ ENRIQUE, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: SISTEMA AUTOMATIZADO AHUYENTADOR DE AVES PARA LAS PLANTACIONES DE ARROZ, realizado por los estudiantes CONTRERAS MORAN SERGIO ISAAC; con cedula de identidad N°0941559338 y ORTIZ ROBLES ALEXANDER FRANCISCO; con cedula de identidad N°0940974280 de la carrera COMPUTACIÓN, Unidad Académica Milagro, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

FERRUZOLA GÓMEZ ENRIQUE, M.Sc

Milagro, 27 de octubre del 2023



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS CARRERA COMPUTACIÓN

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: "SISTEMA AUTOMATIZADO AHUYENTADOR DE AVES PARA LAS PLANTACIONES DE ARROZ", realizado por los estudiantes CONTRERAS MORAN SERGIO ISAAC y ORTIZ ROBLES ALEXANDER FRANCISCO, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,	
	pezas Roberto, M.Sc SIDENTE
Ing. Bermeo Almeida Oscar, M.Sc EXAMINADOR PRINCIPAL	Ing. William Bazán Vera, M.Sc EXAMINADOR PRINCIPAL

Dedicatoria

Con gran emoción y gratitud, queremos expresar nuestros sinceros agradecimientos a todos aquellos que han sido parte fundamental en la realización de mi tesis. Han sido años de arduo trabajo, desafíos y aprendizaje, y hoy queremos dedicar estas palabras de agradecimiento a cada uno de ustedes que han dejado una huella imborrable en este importante logro.

En primer lugar, queremos agradecer a nuestra familia, quienes han sido nuestro apoyo incondicional a lo largo de este camino. Su amor, paciencia y aliento constante han sido el combustible que nos ha impulsado a seguir adelante en los momentos más difíciles. Gracias por creer en nosotros y por estar siempre a nuestro lado.

No podemos dejar de mencionar a nuestros amigos y compañeros de estudio. Gracias por compartir este viaje con nosotros, por las largas horas de estudio, las discusiones académicas y el apoyo mutuo. Han sido un pilar fundamental en nuestra vida universitaria y estamos agradecidos por su amistad sincera y constante motivación.

Agradecimiento

Hoy, al llegar a la culminación de este importante capítulo de nuestra vida académica, deseamos expresar nuestro más profundo agradecimiento a todos aquellos que han contribuido de manera significativa a la realización de nuestra tesis. Su apoyo, orientación y colaboración han sido fundamentales en este proceso, y estamos enormemente agradecidos por su generosidad y dedicación.

A nuestros seres queridos, familia y amigos cercanos, les agradecemos profundamente por su amor, paciencia y apoyo constante. Sus palabras de aliento y comprensión han sido nuestra fortaleza en los momentos de duda y agotamiento. Gracias por estar siempre presentes, por celebrar nuestros éxitos y por brindarnos consuelo en los momentos de dificultad. Este logro también es suyo.

Por último, queremos expresar nuestra gratitud a todas las fuentes, instituciones o personas que contribuyeron de alguna manera a nuestra investigación. Su participación, ya sea a través de entrevistas, otras formas de colaboración, ha enriquecido nuestro trabajo y ha proporcionado una base sólida para nuestras conclusiones. Estamos sinceramente agradecidos por su contribución y confianza en nuestro proyecto.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo CONTRERAS MORAN SERGIO ISACC y ORTIZ ROBLES ALEXANDER

FRANCISCO, en calidad de autores del proyecto realizado, sobre "SISTEMA

AUTOMATIZADO AHUYENTADOR DE AVES PARA LAS PLANTACIONES DE

ARROZ" para optar el título de INGENIERO EN CIENCIAS DE LA

COMPUTACIÓN, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL

ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los

que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autores me correspondan, con excepción de la

presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo

establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad

Intelectual y su Reglamento.

Milagro, mayo 29 del 2023

CONTRERAS MORAN SERGIO ISAAC

C.I. 0941559338

ORTIZ ROBLES ALEXANDER FRANCISCO

C.I. 0940974280

Índice general

Portad	a1
Aproba	ación Del Tutor2
Aproba	ación Del Tribunal De Sustentación3
Dedica	ıtoria4
Agrade	ecimiento 5
Autoria	zación de Autoría Intelectual 6
Índice	general 7
Índice	de tablas 14
Índice	de figuras15
Resum	nen 17
Abstra	ct18
1. Intro	oducción 19
1.1 An	tecedentes del problema20
1.2 Pla	nteamiento y formulación del problema22
1.2.1	l Planteamiento del problema22
1.2.2	2 Formulación del problema23
1.3 Jus	stificación de la investigación24
1.4 Del	imitación de la investigación26
1.5 Ob	jetivo general26
1.6 Ob	jetivos específicos26
2. Mar	co teórico27
2.1.	Estado del arte27
2.2.	Bases teóricas29

	2.2.1.	Afectaciones de las aves a los cultivos de arroz	29
	2.2.2.	Tipos de aves que afectan a las plantaciones de arroz	30
	2.2.3.	Diagramas electrónicos	30
	2.2.4.	Diagramas de componentes	. 31
	2.2.5.	Raspberry Pi	. 31
	2.2.6.	Panel solar	. 32
	2.2.7.	Sistemas de Audio	. 33
	2.2.8.	Lenguajes de programación libres	34
	2.2.9.	Python	34
	2.2.10.	Raspberry Pi OS	. 35
	2.2.11.	Google Colab	36
	2.2.12.	Visual Studio Code	36
	2.2.13.	Lenguaje de programación C	. 37
	2.2.14.	Lenguaje de programación C++	. 37
	2.2.15.	Visión por computadora	. 37
	2.2.16.	Deep Learning	. 38
	2.2.17.	Redes Neuronales convolucionales	. 39
	2.2.18.	Librería OpenCV	. 39
	2.2.19.	Pruebas de funcionamiento	40
2	.3. Ma	rco legal	.40
3.	. Material	es y métodos	43
3.	.1. En	foque de la investigación	.43
	3.1.1.	Tipo de investigación	43
	3.1.1.1.	Investigación descriptiva	43
	3.1.1.2.	Investigación documental	. 43

3.1.1.3.	Diseño de investigación	44
3.2. M	etodología	44
3.2.1.	Metodología RUP	44
3.2.1.1.	Inicio	44
3.2.1.2.	Elaboración	45
3.2.1.3.	Construcción	45
3.2.1.4.	Transición	45
3.2.2.	Recolección de datos	46
3.2.2.1.	Recursos	46
	3.2.2.1.1. Recursos Humanos	46
	3.2.2.1.2. Recursos materiales	46
	3.2.2.1.3. Recursos tecnológicos	46
	3.2.2.1.4. Presupuesto del proyecto	46
3.2.3.	Métodos y técnicas	46
3.2.3.1.	La entrevista	47
3.2.3.2.	La observación directa	47
3.2.4.	Análisis estadístico	48
4. Resulta	ados	49
4.1. Id	entificación del comportamiento de las aves y como est	as afectan
a las plan	taciones de arroz a través de la observación directa del	lugar y la
entrevista	realizada al dueño de la finca para la obtención de los l	requisitos
del sistem	าล	49
4.1.1.	Entrevista	49
4.1.2.	Observación	50
4.1.3.	Requisitos del sistema	51

4.	2. I	Diseño de la arquitectura del sistema a través del uso de diagram	as
pa	ara el c	correcto armado del prototipo	.51
	4.2.1.	Diagrama de Estado	51
	4.2.2.	Diagrama de Secuencia	52
	4.2.3.	Diagrama Electrónico	52
	4.2.4.	Arquitectura del sistema	52
	4.2.5.	Funcionamiento del sistema	53
4.	3. I	Desarrollo del prototipo del sistema haciendo uso de las	
he	erramie	entas de hardware y software para la implementación del mismo.	.53
	4.3.1.	Desarrollo del sistema (Hardware)	53
	4.3.1.	1. Raspberry Pi 4	53
	4.3.1.2	2. Tarjeta micro SD	53
	4.3.1.	3. Cámara Hikvision IP Tubo Exterior	54
	4.3.1.	4. Switch Tp link de 5 puertos	54
	4.3.1.	5. Suministro de energía para el sistema fotovoltaico	55
	4.3.1.	6. Batería de plomo acido de 51 Ah	56
	4.3.1.	7. Panel Solar TAI Energy 12V 80W	56
	4.3.1.	8. Altavoz bocina ip65	57
	4.3.1.	9. Gabinete rittal ip66	57
	4.3.1.	10. Estructura	57
	4.3.1.	11. Arquitectura de la estructura del sistema	57
	4.3.2.	Desarrollo del sistema (Software)	58
	4.3.2.	1. Instalación del sistema Operativo Rasberry Pi Os (Raspbian)	58
	4325	2 Conexión vía SSH	58

4.3.2.3.	Configuración de la red local para la rasperry pi y la camara in)
con dha	p server59	9
4.3.2.4.	Instalación de la librería Open CV59	9
4.3.2.5.	Creación de la red neuronal59	9
	4.3.2.5.1. Creación del Dataset	9
	4.3.2.5.2. Obtención de las imágenes)
	4.3.2.5.3. Sustracción del fondo)
	4.3.2.5.4. Resta del fondo - Convertir la imagen a escala de grises . 6	1
	4.3.2.5.5. Extraccion del color - Descomposicion de la imagen 67	1
	4.3.2.5.6. Aplicación de filtros para reducir el ruido - Umbralizacion de	Э
la i	imagen 62	
	4.3.2.5.7. Clasificación de los objetos62	2
4.4. Re	alización de las pruebas de funcionamiento del sistema	
autónomo	revisando la capacidad de detección y ahuyentamiento de las	
aves verifi	cando su correcta operatividad en los cultivos de arroz de la	
finca para	ahuyentar a las aves63	3
4.4.1.	Pruebas de funcionamiento: Finca Contreras 63	3
4.4.1.1.	Prueba número 1 - en las primeras horas de la mañana con e	:/
cielo nu	ıblado63	3
4.4.1.2.	Prueba número 2 - En la tarde con el cielo nublado 64	4
4.4.1.3.	Prueba número 3 - en la mañana con el cielo despejado 64	4
4.4.1.4.	Prueba número 4 - en la tarde con el cielo despejado 65	5
4.4.2.	Resultados finales 65	5
5. Discusi	ón67	7
6. Conclus	siones73	3

7. Rec	omendaciones	. 76
8. Bibli	iografía	. 77
9. Ane	xos	. 86
9.1.	Anexo 1. Presupuesto del Proyecto	86
9.2.	Anexo 2. Ficha de Observación	87
9.3.	Anexo 3. Resultados de la técnica de observación	89
9.4.	Anexo 4. Resultados de la entrevista realizada al dueño de la fino	a
89		
9.5.	Anexo 5. Requerimientos Funcionales	91
9.6.	Anexo 6. Requerimientos no Funcionales	92
9.7.	Anexo 7. Diagrama de estado	93
9.8.	Anexo 8. Diagrama de Secuencia	93
9.9.	Anexo 9. Diagrama electrónico	94
9.10.	Anexo 10. Arquitectura del sistema	94
9.11.	Anexo 11. Funcionamiento del sistema	95
9.12.	Anexo 12. Características del Raspberry Pi 4 Model B	95
9.13.	Anexo 13. Raspberry Pi 4	96
9.14.	Anexo 14. Características de la cámara	96
9.15.	Anexo 15. Cámara Hikvision IP tubo exterior Modelo ds-2cd2683	უ2-
izs	97	
9.16.	Anexo 16. Activación y configuración de la cámara	98
9.17.	Anexo 17. Cálculo del sistema Fotovoltaico	99
9.18.	Anexo 18. Características de la batería	100
9.19.	Anexo 19. Características del Panel solar	100
9.20.	Anexo 20. Características de los altavoces	101

9.21.	Anexo 21. Características del gabinete	101
9.22.	Anexo 22. Estructura	102
9.23.	Anexo 23. Arquitectura de la estructura	102
9.24.	Anexo 24. Instalación del sistema Operativo Rasberry Pi Os	
(Raspb	vian)	103
9.25.	Anexo 25. Configuración vía SSH	103
9.26.	Anexo 26. Configuración de la red local	104
9.27.	Anexo 27. Instalación de la librería Open CV	105
9.28.	Anexo 28. Método Utilizado	106
9.29.	Anexo 29. Sustracción del fondo	107
9.30.	Anexo 30. Imagen a escala de grises	107
9.31.	Anexo 31. Extracción del color	108
9.32.	Anexo 32. Aplicación de filtros	109
9.33.	Anexo 33. Clasificación de los Objetos	109
9.34.	Anexo 34. Imagen recortada	110
9.35.	Anexo 35. Imágenes con aves	110
9.36.	Anexo 36. imágenes sin aves	111
9.37.	Anexo 37. Pruebas de funcionamiento del sistema	112
9.38.	Anexo 38. Instalacion de la camara en la estructura	113
9.39.	Anexo 39. Instalacion de los altavoces	114
9.40.	Anexo 40. Ensamblaje de los dispositivos en el gabinete	114
9.41.	Anexo 41. Armado y emsamblaje de las sirenas	115
9.42.	Anexo 42. Manual de usuario	117
9.43.	Anexo 43. Manual Técnico	130
9.44.	Anexo 47. Ubicación del lugar	174

Índice de tablas

Tabla 1. Direcciones IP de la Raspberry Pi y la cámara	. 59
Tabla 2. Prueba numero 1	63
Tabla 3. Prueba numero 2	64
Tabla 4. Prueba numero 3	. 64
Tabla 5. Prueba numero 4	65
Tabla 6. Efectividad de detección y ahuyentamiento	. 66
Tabla 7. Presupuesto del Proyecto	. 86
Tabla 8. Ficha de Observación del proceso de cultivo de arroz y los métod	dos
utilizados para ahuyentar aves que habitualmente usan los agricultores	. 87
Tabla 9. Listado de los requerimientos funcionales	. 91
Tabla 10. Listado de los requerimientos no funcionales	. 92
Tabla 11. Características del Raspberry Pi 4	. 95
Tabla 12. Características de la cámara	. 96
Tabla 13. Cálculo del sistema fotovoltaico	. 99
Tabla 14. Características de la batería1	100
Tabla 15. Características del Panel solar1	100
Tabla 16. Características de la bocina1	101
Tabla 17. Características del gabinete1	101
Tabla 18. Direcciones IP	159

Índice de figuras

Figura 1. Diagrama de estado	93
Figura 2. Diagrama de secuencia	93
Figura 3. Diagrama eléctrico	94
Figura 4 Arquitectura del sistema	94
Figura 5 Funcionamiento del sistema	95
Figura 6 Raspberry Pi 4 Model B	96
Figura 7 Cámara Hikvision	97
Figura 8 Cámara Hikvison tubo exterior	98
Figura 9 Configuración de la cámara	98
Figura 10 Configuración de la dirección ip	99
Figura 11 Activación de la cámara	99
Figura 12. Estructura	102
Figura 13. Arquitectura de la estructura	102
Figura 14. Instalación del sistema operativo	103
Figura 15. Activación de la conexión SSH	103
Figura 16. Configuración de la red local	104
Figura 17. Configuración de las direcciones IP	104
Figura 18. Configuración de las interfaces	105
Figura 19. Comprobación de la instalación de la librería Open CV	105
Figura 20. Método utilizado	106
Figura 21. Obtención de las imágenes	107
Figura 22. Imagen a escala de grises	107
Figura 23. Imagen en la matriz a escala de grises	108
Figura 24. Extracción del color de las imágenes	108

Figura 25. Umbralizacion de la imagen)9
Figura 26. Clasificación de los objetos)9
Figura 27. Imagen recortada con el ave	0
Figura 28. Imágenes con aves	0
Figura 29. Imágenes sin aves	1
Figura 30. Prueba de funcionamiento	2
Figura 31. Ajuste del visón de la cámara11	2
Figura 32. Instalación de la cámara en la estructura11	3
Figura 33. instalación de la cámara en la estructura de acero	3
Figura 34. Instalación de los altavoces	4
Figura 35. Puesta de los componentes en el gabinete 11	4
Figura 36. Armado de los dispositivos	5
Figura 37. Armado de las sirenas	5
Figura 38. Ensamblaje de las sirenas	6
Figura 39. Fotos del lugar	' 4
Figura 40. Ubicación del lugar con el sistema	7 4
Figura 41. Ubicación del lugar	7 5

Resumen

Durante los últimos años el sector agrícola se ha visto afectado por el surgimiento de diversas plagas que cada vez causan más perdidas a los agricultores. El presente trabajo basado en un sistema automatizado ahuyentador de aves para las plantaciones de arroz, tiene como objetivo principal la construcción de un prototipo que contribuya a el proceso de ahuyentamiento de aves que causan problemas en la finca Contreras, para lo cual se utilizaron Raspberry Pi 4, lenguajes de programación libres como Phyton, en conjunto con redes neuronales. Así mismo, la metodología empleada se trabajó a través de la investigación descriptiva y documental, con diseño no experimental, por su parte, en lo que respecta a la metodología de desarrollo, se aplicó RUP, la cual abarca sus fases de inicio, elaboración, construcción y transición, seguido de ello, como métodos y técnicas empleadas, se utilizaron entrevistas, observación directa y análisis estadístico. A partir de ello, se llevó a cabo el desarrollo del prototipo utilizando las herramientas de hardware y software libres, donde se fueron construyendo cada una de sus partes para su posterior implementación y realizando las pruebas pertinentes del caso, logrando así una efectividad del 95% en detección y ahuyentamiento de las aves, demostrando la eficiencia y correcta funcionalidad del sistema, por lo cual se concluye que este se encuentra apto para ser aplicado en las plantaciones.

Palabras claves: Automatización, Inteligencia artificial, Raspberry pi, Sensores, Sistema ahuyentador.

Abstract

In recent years, the agricultural sector has been affected by the emergence of various pests that increasingly cause more losses to farmers. The present work, based on an automated bird repelling system for rice plantations, has as its main objective the construction of a prototype that contributes to the process of repelling birds that cause problems on the Contreras farm, for which tools with Raspberry Pi 4, free programming languages like Python, in conjunction with neural networks. Likewise, the methodology was worked through descriptive and documentary research, with a non-experimental design, for its part, in regards to the development methodology, RUP was applied, which covers its initiation, elaboration, construction phases. And transition, followed by it, as methods and techniques used, interviews, direct observation and statistical analysis were used. From this, the development of the prototype was carried out using free hardware and software tools, where each of its parts were built for its subsequent implementation and performance of the relevant tests of the case, thus achieving an effectiveness of 95%. In detection and scaring away of birds, demonstrating the efficiency and correct functionality of the system, for which it is concluded that it is suitable to be applied in plantations.

Keywords: Automation, Artificial intelligence, Raspberry pi, Sensors, Repeller system.

1. Introducción

En el Ecuador la agricultura se considera de suma importancia, no solo para la economía del país, sino también en muchos otros aspectos, la agricultura es un pilar fundamental de la economía, representan un importante campo las exportaciones de los productos agrícolas, entre esos productos también se encuentra el arroz. Al formar parte de uno de los principales alimentos de la canasta básica de las familias ecuatorianas, este tiene una alta demanda de consumo. Sin embargo, según se expresa Méndez (2022), el sector agrícola a lo largo de los años ha sufrido diferentes tipos de plagas que afecta a la producción de este, lo cual representa un dolor de cabeza para los agricultores que optan por el cultivo de este producto.

Por su parte, entre los diferentes tipos de plagas que afectan a la gramínea de arroz, están las aves conocidas como los tilingos, estos animales voladores que parecen sumamente inofensivos se están convirtiendo en una molestia para las plantaciones de arroz ya que lo han considerado como una fuente de alimentación sostenible, afectando no solamente al inicio, cuando la planta esta pequeña, sino también al final, es decir, en la etapa de cosecha del arroz, es en esta última cuando se comen el grano dejando sólo la planta (Jahir & Otero, 2023). Esto representa una baja considerable en la producción al momento de cosecharlo. De ahí surge la importancia de la automatización de estos procesos para que así sean más efectivos y reduzcan el tiempo y dinero gastado por los agricultores todos los años.

Debido a la presencia que va en aumento de estas aves, los agricultores han optado por utilizar diversos métodos tradicionales para ahuyentar a estas aves,

pero no obtienen los resultados deseados ya que estos métodos han quedado obsoletos, las aves se han acostumbrado a ellos.

Es por ello que se desarrolló un sistema automatizado ahuyentador de aves que uso visión por computador para detectarlas y emitir un ruido molesto para que así se espanten y abandonen el lugar. Se utilizó la metodología Rational Unified Process (RUP) ya que resultó ser la más adecuada para el desarrollo del proyecto. El sitio donde se llevó a cabo el proyecto es la finca Contreras, ubicada en la provincia del Guayas, Recinto María Clotilde/ Cantón Yaguachi la cual se dedica al cultivo de arroz.

1.1 Antecedentes del problema

En los últimos años las aves han representado problemas y desventajas a los agricultores, ya que han optado por buscar alimento en los cultivos durante todas las fases de crecimiento, variando del tipo de ave, lo cual resulta perjudicial para la plantación. Tal como señala la investigación de Ponce (2022) sobre los métodos para espantar aves, en esta investigación se indica lo perjudicial que han resultado, también se muestran los diversos métodos que existen para espantarlas los cuales son repelentes visuales, pinchos, tecnología láser, mallas y redes, cubiertas plásticas, cañones de ruido y el uso de ultrasonido. De todos estos métodos, el más efectivo a resulto ser la tecnología láser. Por ende, se eligió el método de ahuyentamiento de aves a través de la emisión de sonidos molestos.

Distintos tipos de aves migratorias han empezado a migrar por época de invierno a cultivos orgánicos entre los principales las plantaciones de arroz. Como señala Guerrero (2019) que entre los años 2009 y 2019 se ha registrado la llegada de 12 tipos de aves playeras migratorias que viajan desde Norteamérica a Sudamérica para pasar el invierno. Estas aves tienen como alimento insectos,

pero últimamente las plantaciones de arroz se han convertido en su restaurante favorito. Cuando el agricultor ya ha sembrado el arroz y este tiene entre unos 30 a 50 cm las aves empiezan a llegar en bandadas buscando sitios donde establecerse como por ejemplo arboles alrededor. Cuando la planta ya tiene entre 50 y 80 cm le empiezan a salir las espigas con el grano verde y lechoso, siendo este el principal alimento de estas aves. Varios días después cuando la espiga ya está madura se hacen presentes aves conocidas como los canarios. En el mes cuarto cuando ya está cerca la cosecha y el grano se cae al piso se presentan las palomas las cuales se lo comen. Por ende, las aves están siendo consideradas como una plaga más para las plantaciones de arroz debido a las pérdidas de producción que causan.

Con el pasar del tiempo algunos tipos de aves se están convirtiendo en una plaga para diferentes tipos de cultivos, entre esos se encuentra el arroz, a este lo han considerado una fuente de alimentación viable. Como expresa Rodríguez, Pérez y Socorro (2018). Algunas especies de vertebrados (roedores y aves) e invertebrados como el caracol manzana, también perjudican los arrozales en forma significativa o económica, por lo que se consideran como plagas y deben ser controlados o ser ahuyentadas dentro de lo posible. Por este motivo fue importante el desarrollo del sistema ahuyentador de aves para solventar esta problemática.

Así mismo, como otro antecedente abordado por Jiménez (2022), cuyo objetivo se centró en ahuyentar aves para proteger el cultivo del arroz y así favorecer económicamente a los cultivadores de arroz. Desarrollaron un sistema electromecánico el cual genera señales electromagnéticas que espanta a las aves sin afectarlas físicamente, para desarrollar el sistema utilizaron energía solar

fotovoltaica y componentes como Arduino, hardware y software libre logrando así desarrollar un sistema de bajo costo y que podía competir con otros sistemas similares en el mercado. Por lo que la automatización del proceso de ahuyentamiento de aves resulta importante para reducir las pérdidas económicas que tienen los agricultores por la intromisión de las aves en los cultivos de arroz.

Por otro lado, se tiene al trabajo de titulación realizado por Gómez y Murcia (2019) el cual se centró en el desarrollo e implementacion de un sistema autónomo de detección y repulsión de aves en un cultivo de fresas, haciendo uso de un dron comercial. Dentro de este proyecto se planteó la idea de dar solvencia al problema presentado haciendo uso de un sistema de visión artificial, donde se harán uso de un sinnúmero de métodos comparativos para la detección de aves. Como resultados de este proyecto, se tiene que al implementar el algoritmo para la detección del dron, se logran evidenciar los resultados obtenidos en las pruebas del terreno seleccionado, donde se confirmó que el sistema cuenta con la capacidad de ejecutar todo el proceso sin ayuda de la intervención humana en aproximadamente 2 horas.

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

En el Recinto María Clotilde en Yaguachi existen varios agricultores que se dedican al cultivo del arroz desde hace generaciones, no obstante, con el pasar del tiempo han surgido diferentes tipos de plagas, las cuales afectan a la producción del arroz. Lo cual representa una pérdida para ellos, dado que se ven obligados a usar diferentes métodos, siendo el principal la pirotecnia, representando un gasto de dinero y tiempo ya que tienen que pasar muchas horas en el cultivo debido a que las aves siempre vuelven. Entre los habitantes del sector

se encuentra la familia Contreras, la cual se dedica al cultivo de varios productos, cuenta con dos hectáreas de terreno destinadas para la siembra de arroz.

Su proceso de cultivo ha cambiado a lo largo de los años, ya que con el aumento de la tecnología han surgido nuevas herramientas de ayuda, pero también ha aumentado desenfrenadamente el número de nuevas plagas que afectan a esta producción. Cuando se visitó el lugar se observó como principal plaga la presencia de aves que afectan al inicio del proceso de sembrado de arroz, ya sea aplastando y dañando la planta; también al final cuando el arroz este maduro, es decir cerca de cosechar, estas aves se comen el arroz, hasta incluso dañan la planta produciendo una baja producción de esta.

Con el aumento de la tecnología han surgido una vasta cantidad de herramientas que ayudan en el agro, por lo tanto, se requirió realizar un sistema ahuyentador de aves automatizado para que las aves no se acerquen a los cultivos de arroz y su producción no se vea afectada.

1.2.2 Formulación del problema

En los últimos años las plantaciones de arroz han estado sufriendo el ataque de muchas plagas, que no solo afectan en la etapa de crecimiento, sino que también al momento de cosecharlo, entre esas se encuentran las aves que causan un gran problema a estos cultivos, en la actualidad los agricultores utilizan diversos métodos entre los cuales están el uso de espantapájaros, casetes viejos y la pirotecnia, esta última resulta bastante costosa para ellos ya que la tienen que usar recurrentemente porque las aves siempre vuelven, esto hace que pierdan dinero y tiempo, además de las pérdidas producidas por las aves cuando se comen el arroz, por eso se decidió desarrollar de un sistema ahuyentador de aves para espantarlas y así estas no causen daño a los arrozales.

Es por esto que se tiene la siguiente pregunta de investigación:

¿De qué forma beneficiará a los agricultores la implantación de un sistema automatizado ahuyentador de aves en la finca Contreras?

1.3 Justificación de la investigación

El desarrollo del sistema del presente trabajo se llevó a cabo para ahuyentar aves que afectan a las plantaciones de arroz, ya que, según la entrevista realizada al dueño de la finca, este manifiesta que de acuerdo con su experiencia se pierden entre un 10% al 20 % de la producción del arroz debido a esta problemática, a veces se ven obligados a usar venenos para espantar a las aves; acción que podría repercutir de manera negativa a las plantas como por ejemplo enfermarlas, incluso hasta a la misma persona que tiene que colocar el veneno.

El desarrollo e implantación del sistema en las plantaciones de arroz beneficiará de muy buena manera a los agricultores del sector ya que ahorrarían gran cantidad de dinero y tiempo que invertían llevando a cabo los métodos para ahuyentar aves que usaban tradicionalmente y también ya no tendrían que usar venenos fuertes para espantar estas aves.

Por lo cual el sistema consta con un gabinete con clasificación ip65 donde se ubicaron todos los componentes como la Raspberry pi 4, el switch y los demás dispositivos, arriba de la caja se ubicó el panel solar para ser usado como fuente de energía para que funcione el sistema, en la parte exterior también ira la cámara, los altavoces y la batería de repuesto. Se colocó en una estructura hecha con tubo galvanizado, con una base para que pueda estar protegido de las inundaciones. Este funcionó con energía producida por el sol, ya tiene un panel solar y además una batería de respaldo para cuando se presenten situaciones climáticas adversas. Se utilizaron lenguajes de programación libres con la plataforma

Raspberry Pi Os. Además de los distintos componentes de hardware para armar el sistema.

El funcionamiento del sistema es el siguiente, en la parte exterior de la caja tiene un interruptor con el cual el usuario encenderá el sistema manualmente, se usó visión por computadora, redes neuronales y el procesamiento de imágenes. Esto permitió reconocer, detectar, reconstruir y restaurar imágenes y vídeos para que la cámara detecte aves, una vez que lo haga emitirá un sonido por los altavoces para ahuyentarlas. Se tomó imágenes de la plantación de arroz cuando hubo presencia de aves y también cuando no hubo para enseñarle al sistema a detectarlas.

Hardware

Raspberry Pi 4

Panel solar

Switch

Altavoces

Pulsadores y leds

Batería

Estructura

Cámara IP Hikvision para exteriores

Cables y conectores

Software

Lenguajes de programación libres

C, C++

Python

Raspbian OS

Redes Neuronales Convolucionales

1.4 Delimitación de la investigación

• **Espacio:** Finca Contreras, Provincia del Guayas, cantón Yaguachi.

• **Tiempo:** El proyecto tuvo una duración de 10 meses.

• **Población:** Dueños y trabajadores de la finca Contreras.

1.5 Objetivo general

Desarrollar un sistema autónomo para ahuyentar aves de los cultivos de arroz, haciendo uso de Raspberry Pi y lenguajes de programación libres para reducir las pérdidas de producción de arroz producidas por la intromisión de aves.

1.6 Objetivos específicos

- Identificar el comportamiento de las aves y como estas afectan a las plantaciones de arroz a través de la observación directa del lugar y la entrevista realizada al dueño del lugar para la obtención de los requisitos del sistema.
- Diseñar la arquitectura del sistema a través del uso de diagramas para el correcto armado del prototipo.
- Desarrollar el prototipo del sistema haciendo uso de las herramientas de hardware y software para la implementación del mismo.
- Realizar las pruebas de funcionamiento del sistema autónomo revisando la capacidad de detección y ahuyentamiento de las aves verificando su correcta operatividad en los cultivos de arroz de la finca para ahuyentar a las aves.

2. Marco teórico

2.1. Estado del arte

Con el pasar del tiempo las aves han ido evolucionando, en el proceso para obtener sus alimentos, estas empezaron a causar daño a los cultivos. Tal como indican los autores sobre el daño que causan las aves a distintos cultivos y como han quedado obsoletos los distintos métodos que tradicionalmente se usaban para espantar a esta especie animal. También se hace énfasis en como con el aumento de la tecnología han surgido nuevos métodos para ahuyentar a las aves entre los cuales destaca un sistema electrónico que usa un panel solar, Arduino, sensores y entre otros dispositivos para espantar aves con ultrasonido. Además, de usar el procesamiento de imágenes creando un algoritmo de aprendizaje automático para realizar un nuevo sistema el cual será mucho más efectivo y mejorado. Concluyendo que mediante estos modelos se logra una mayor efectividad al momento de espantar las aves (Baral et al., 2019). En este contexto se usó el procesamiento de imágenes y aprendizaje automático ya que resultaron ser los más efectivos al momento espantar aves.

El aumento de la tecnología ha sido de gran ayuda para diversos sectores, entre esos se encuentra la agricultura, ya que ha traído grandes herramientas que ayudan en el agro. En la Revista Ecoguia (2018) se indica que ha surgido una nueva tecnología para ahuyentar aves a la que se la cataloga como "repelente automatizado", la cual ha sido desarrollada por la empresa holandesa Bird Control Group que viene trabajando en esta área durante años. Agrilaser Automic es controlado desde una computadora con un software desarrollado por la empresa, este utiliza laser para espantar a las aves y no causarles daño alguno, ha sido probado en países como Argentina, Chile y Perú registrando la disminución de

pérdidas en los cultivos entre un 70 y 90%. Por lo tanto, se tomó como ejemplo este sistema para hacer uso de herramientas que se usaron en este proyecto.

En la actualidad se está implementado la tecnología láser en diversas áreas, el uso de este método laser y ultrasonido para ahuyentar aves que causan problemas a la salud y demás es una prueba de ello. Tal y como indica la investigación realizada por Pachacama (2020), en la cual se desarrolló un sistema electrónico para ahuyentar palomas que se aglomeraban en un sector determinado de Quito sin necesidad de causarles algún daño, por lo cual utilizaron dispositivos como Arduino, servomotor, tecnología láser y ultrasonido, concluyendo que en las pruebas realizadas del sistema usando la tecnología láser determino que los resultados varían dependiendo de la posición del láser y la luz del sol dando un 87.62% de efectividad, usando el ultrasonido se pudo diferenciar que las palomas tardaban más tiempo en abandonar el lugar, resultando ser más efectivo el método laser. Por ende, resulto efectivo el desarrollo de un sistema automatizado que pueda solventar esta problemática.

De la misma forma, como un tercer hallazgo, se tiene al proyecto desarrollado por González y Pinoargote (2019), el cual se basó en la bioacústica aplicada para el control de bandadas de aves en ambientes antropogénicos. En este caso, los autores manifiestan que en el Ecuador existe carencia de información acerca de estas aves plagas, denominadas así por el objetivo que estas tienen, el cual se centra en comerse las plantaciones y cultivos. En ese sentido, para contrarrestar a esas aves, se hace uso de distintos tipos de métodos de control, siendo entre los más empleados los explosivos, armas, productos químicos, entre otros. A partir de ello, se optó por hacer uso de frecuencias de sonido en la comunicación de las aves, de tal forma que se utilizaran a modo de repelente bioacústico, donde

se logró comprobar que los sonidos menores a 3 Khz son los que se consideran más efectivos y capaces de repeler a las aves dentro de los sectores productivos.

Por consiguiente, como un último hallazgo, se tiene al trabajo desarrollado por Rodríguez (2019), mismo que se basó en el diseño y construcción de un sistema electrónico de ahuyentamiento de aves por medio de recursos sonoros y visuales para la producción de campos de cultivo. Dentro de este proyecto se aplicaron métodos de control para ahuyentar las aves, mediante lo cual los usuarios pueden cumplir con los requisitos de operatividad y residencia de sus plantaciones. A partir de ello, se implementó el sistema a fin de poder obtener los resultados, los cuales fueron clasificados como altamente positivos respecto al control y seguimiento del proceso de cultivo hasta la cosecha, dado que permite abordar alternativas que realizando visitas presenciales al lugar no serían para nada efectivas.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Afectaciones de las aves a los cultivos de arroz

Desde hace ya muchos años las aves están representando un problema para los agricultores, tal y como lo indican Pérez y López (2022) que el daño de las aves a los cultivos agrícolas es un problema internacional de importancia económica, especialmente para un pequeño porcentaje de productores que sufren la mayor parte del daño. Para contrarrestar estos inconvenientes se implementó en la finca Contreras un sistema automatizado que mantenga a las aves alejadas de los cultivos de arroz, el sistema funciona con una Raspberry pi 4 que a su vez cuenta con un algoritmo cuya función es detectar y espantar al ave.

2.2.2. Tipos de aves que afectan a las plantaciones de arroz

No solo en las plantaciones de arroz sino en diferentes zonas de producción agrícolas existe presencia de aves debido a la abundancia y variedad de alimentos que se encuentran en los mismos. Según Sánchez y Monge (2022) las especies Volatina jacarina y Crotophaga sulcirostris fueron las más abundantes en la mayoría de los cultivos, con un total de 182 y 99 individuos registrados (18,8% y 10,2%), respectivamente. En la finca Contreras estos son los principales tipos de aves que tienen presencia y causan daño al cultivo de arroz sumando a ellas la Ardea alba también conocida como la garza.

2.2.3. Diagramas electrónicos

Un diagrama electrónico o esquema eléctrico es la representación gráfica de un circuito eléctrico, en este contexto es de gran utilidad ya que indica los diferentes elementos del circuito de forma simple respetando las normas establecidas y las conexiones de alimentación de señal entre diferentes dispositivos permitiendo que cualquier persona que sepa interpretar el diagrama tenga la capacidad de interpretarlo y montar la instalación (Santana, 2020). Por ende, se utilizará este tipo de diagrama para mostrar las conexiones del sistema.

Así mismo, Marcillo (2022) define a los diagramas electrónicos como un mapa de conexiones eléctricas marcadas, cuya finalidad se centra en encontrar puntos característicos existentes en el campo con el fin de poder configurarlos. Un aspecto peculiar de estos diagramas es que muchos vienen divididos en varias hojas. Por ende, se empleó este tipo de gráficos en el proyecto para permitir que el usuario pueda localizar posibles daños en el sistema cuando ya esté operativo.

2.2.4. Diagramas de componentes

Un diagrama de componentes permite visualizar de forma sencilla la estructura general del sistema, en este contexto este diagrama muestra cómo está el software dividido en componentes, así como el comportamiento del servicio que estos componentes proporcionan y utilizan a través de las interfaces (Cornelio et al., 2020). Por ende, fue necesario el uso de este diagrama ya que permite visualizar los componentes que incluyen archivos, cabeceras, bibliotecas compartidas, módulos, ejecutables, o paquetes.

2.2.5. Raspberry Pi

La Raspberry Pi es una serie de ordenadores que van en una placa reducida con el fin que pueda ser utilizado por distintas personas, en este sentido Ferran (2020) "Raspberry Pi es un ordenador completo basado en un SoC, que contiene el procesador y la memoria RAM, una Raspberry Pi se comportará como un portátil o un ordenador de sobremesa" (pág. 16). En este contexto, se decidió utilizar esta placa ya que debido a su tamaño y eficiencia la hizo ser las más adecuada para el desarrollo del proyecto.

Raspberry pi se ha convertido en una herramienta esencial para la programación y electrónica, y ha encontrado aplicaciones en diversas industrias y campos más allá de la educación y los proyectos de aficionados. La plataforma Raspberry Pi es una computadora que utiliza un sistema operativo basado en Linux, es una solución total equivalente a una computadora convencional con el popular sistema operativo Windows. Raspberry Pi dispone de sus propias herramientas de uso muy fácil e intuitivo, donde para cada aplicación deseada se instala el sistema operativo correspondiente y sus controladores necesarios (Caballero, Morales, Silva, & Caballero, 2020). Por este motivo, se utilizó esta

plataforma debido a sus diversas funciones y aplicaciones que permitieron el desarrollo del proyecto.

A lo largo de los años los desarrolladores de Raspberry pi han ido creado nuevos modelos para sus usuarios, la última es la raspberry pi 4 model B. Tal y como lo indica Olivia (2022) Raspberry Pi 4 modelo B se da a conocer en junio de 2019. Se han cambiado los puertos HDMI de tamaño completo por dos puertos microHDMI. Cuenta con la capacidad de manejar una pantalla a 4K a 60 Hz, o dos pantallas 4K a 30 Hz. Se ha incluido por primera vez USB 3.0, y el puerto Ethernet ya no está limitado a 300 Mbps. Tiene un procesador Broadcom nuevo hasta tres veces más eficiente que el anterior. Están disponibles tres modelos, en los que varía la cantidad de memoria RAM, de 2GB, 4GB, y de 8GB. Por ende, se eligió este modelo de raspberry pi debido a sus características.

2.2.6. Panel solar

La obtención de electricidad por medio de fuentes renovables como el sol se ha considerado como una buena opción en las zonas donde el acceso a energía eléctrica resulte en costos altos o dificultades de conexión, además de representar una solución amigable para el planeta, los paneles solares como fuente de energía son elementos sostenibles dentro de cualquier proyecto (Andrade, Alvarez, Romero, & Bonifaz, 2022). Por ende, aprovechando la energía solar se propuso utilizar un panel solar como fuente de energía para el funcionamiento del sistema automatizado para ahuyentar a las aves de los cultivos de arroz.

La tecnología fotovoltaica ha avanzado significativamente en los últimos años, lo que ha llevado a una mayor eficiencia en la conversión de energía solar en electricidad y a una reducción en los costos de instalación de sistemas fotovoltaicos. Como indican Cortés, Gómez, Betancur, Carvajal y Guerrero (2020)

que recientemente la instalación de sistemas de generación fotovoltaicos se ha incrementado a nivel local, aunque su rendimiento depende del lugar de instalación y se ve afectado por diversos parámetros ambientales como la radiación, la temperatura y la precipitación. Por este motivo se utilizó energía fotovoltaica para la implementación del sistema debido a las condiciones climáticas de la plantación.

En los últimos tiempos, se han instalado sistemas solares tanto fotovoltaicos como térmicos para provisión independiente de energía eléctrica y agua caliente en casas y escuelas rurales. Ambos sistemas resultan útiles y colaboran para dar solución a la problemática del aislamiento energético mencionado (Cabezas, Franco, & Fasoli, 2018). En este contexto, los sistemas fotovoltaicos resultan muy útiles a la hora de proveer de energía a zonas remotas por esto se utilizó un panel solar para el desarrollo del proyecto.

2.2.7. Sistemas de Audio

Un audio es una señal analógica que trata de representar un sonido que se puede producir por grabación o transmisión de sonido. Por su parte, Pastor (2022) menciona que la señal de audio se trata de aquella presión sonora que se interpreta a través de un sistema. Por lo tanto, para el desarrollo del sistema ahuyentador de aves se utilizó un sonido adecuado para que aleje a las aves de los cultivos de arroz

Un sistema de audio está formado por un conjunto de elementos que tiene como objetivo la transmisión de un mensaje. En este contexto el lenguaje oral y la audición suponen vías principales para la comunicación, siempre y en todas las latitudes. Hay casos en que el audio es esencial para mediar cierto tipo de

información (García, 2022). Por ende, se hizo de dos bocinas con dos tonos para emitir sonidos que alejen a las aves de la plantación de arroz.

2.2.8. Lenguajes de programación libres

Para el desarrollo de tecnología una parte fundamental es la correcta elección del lenguaje de programación, tal como lo indica Manrique (2020) en la industria de desarrollo de software, existen diversos lenguajes de programación cada uno con el objetivo de dar respuesta a la complejidad de manejo de datos para generar información oportuna y a la aportación de innovaciones tecnológicas. Por ende, para el presente proyecto utilizó lenguajes de programación libres como Python.

Los lenguajes de programación de código abierto, son aquellos que tienen su código fuente disponible públicamente y se pueden modificar, distribuir y utilizar de manera gratuita. Según indica Aguilar (2019) los lenguajes de programación han evolucionado generando un nuevo entorno social, la denominada sociedad de la información, en la que se redefinen los ejes espaciotemporales y surgen nuevos esquemas de relaciones interpersonales y con el medio. Por este motivo se utilizó estos lenguajes de código abierto debido a su gratuidad.

2.2.9. **Python**

Python se define como un lenguaje de programación interpretado, donde su filosofía se enfoca en mantener la sintaxis y estructura de su código altamente legible (Herrera & Roncancio, 2022). En ese sentido, se puede decir que se trata de un lenguaje de programación multiparadigma, dado que se encuentra preparado para la orientación de objetos de forma parcial, así como también, programación a base de intérprete en menor grado, y programación funcional. Este lenguaje, además, posee una licencia de código abierto, característica que

le hace posible la integración de diversas librerías para implementación de sistemas, tales como el caso de la inteligencia artificial.

Python es un lenguaje de alto nivel y de propósito general diseñado para ser fácil de aprender y de usar. Posee una sintaxis sencilla y utiliza tipado dinámico. Esto, junto con su naturaleza interpretada, lo hacen un lenguaje ideal para el desarrollo rápido en muchas áreas y plataformas (Soto , 2021). Por este motivo, se utilizó el lenguaje de programación Python para el desarrollo del presente proyecto.

2.2.10. Raspberry Pi OS

Raspberry Pi, se define como uno de los microordenadores que se encuentran en tendencia durante los últimos años, formando parte de los componentes de los sistemas de inteligencia artificial (Howser & Howser, 2019). Este microordenador resulta bastante aclamado por los ingenieros en sistemas y programadores, puesto que cuenta con la disposición de libertad al momento de elegir el sistema operativo con el que se va a trabajar. Por consiguiente, Raspberry Pi OS, antes conocido como Raspbian, se considera una distribución de Linux, permitiendo un acceso completo a la mayor parte de los usuarios.

El SO de Raspberry Pi es un sistema gratuito basado en debían con una optimización para los dispositivos montados en la SBC, oficialmente el SO recomendado para un buen funcionamiento del hardware de la Raspberry (Benjamín , Pedro , Leobardo , María , & José , 2023). Por ende, se elegio este software para la raspberry pi debido a que es el recomendado y desarrollado por la propia plataforma.

2.2.11. Google Colab

De acuerdo con Mateu, Marín y Marín (2022) Google Colab se trata de una herramienta desarrollada por la empresa Google, la cual básicamente permite el acceso totalmente gratis a una Unidad de Procesamiento Gráfico (GPU), así como también a una Unidad de Procesamiento Tensorial (TPU), este componente ha sido especialmente diseñado para proyectos donde se esté haciendo uso de la Inteligencia Artificial (IA) y la analítica de datos. Actualmente esta herramienta está siendo considerada por diversas entidades especializadas en estas ramas, logrando la integración de Google Colab con otras herramientas.

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, esta herramienta contribuye al desarrollo de proyectos donde se use la Inteligencia Artificial, cuya peculiaridad se centra en actuar de unidades de procesamiento, ya sea de forma gráfica o tensorial. En ese caso, se consideró integrar Google Colab dentro de la presente investigación, puesto que se lo utilizó como plataforma para desarrollar el código que hizo el procesamiento de las imágenes.

2.2.12. Visual Studio Code

Se trata de un editor específicamente diseñado para código fuente en el área de desarrollo de software, este fue desarrollado por Microsoft Word, es open source y multiplataforma; además, se encuentra disponible tanto para sistema operativo Windows como Linux (Salamah & ST, 2021). Gracias a este editor, los programadores tienen la facilidad de depurar líneas de código, realizar corrección de sintaxis, entre otros ajusten dentro del código fuente, indistintamente del lenguaje de programación. Adicionalmente, algo que acortar de Visual Studio Code, es que cuenta con diversas funcionalidades que se acoplan eficiente en el desarrollo de aplicaciones.

2.2.13. Lenguaje de programación C

Dentro de la gran lista de lenguajes de programación se encuentra el lenguaje de programación C, que es un lenguaje de alto nivel con el que se pueden escribir programas con fines muy diversos, tal como lo indica Ceballos (2019) una de las ventajas significativas de C sobre otros lenguajes de programación es que el código producido por el compilador C está muy optimizado el tamaño lo que redunda en una mayor velocidad de ejecución, y una desventaja es que C es independiente de la plataforma sólo en código fuente, lo cual significa que cada plataforma diferente debe proporcionar el compilador adecuado para obtener el código máquina que tiene que ejecutarse.

2.2.14. Lenguaje de programación C++

El lenguaje de programación C++ toma como base al lenguaje C considerando algunas adaptaciones, por ende, se vuelve más completo a la hora de programar.

C++ fue desarrollado a partir del lenguaje de programación C y, con pocas excepciones, incluye a C. esta parte de C incluida en C++ es conocida como C-, y puede compilarse como C++ sin problema. C++ es un lenguaje híbrido, que por una parte a adoptado todas las características de la programación orientada a objetos, que no perjudiquen su efectividad y por otra parte mejora sustancialmente las capacidades de C. esto dota a C++ de una potencia, eficacia y flexibilidad que lo convierten en un estándar dentro de los lenguajes de programación orientados a objetos (Sierra, 2019, pág. 30).

Se considero las ventajas que ofrece el lenguaje de programación C++ para el desarrollo del sistema automatizado ahuyentador de aves. Este se lo uso en la plataforma Raspberry Pi Os ya que esta trabaja con este lenguaje de programación.

2.2.15. Visión por computadora

El proceso de visión por computadora se ejecuta mediante el uso de imágenes conformada por determinada cantidad de pixeles, inicialmente se adquieren las

imágenes con la misma cantidad de pixeles para el correcto funcionamiento de los algoritmos considerando además la velocidad de captura todo esto debe estar concadenado en un sistema de visión, tal como lo indica Bolaños, Chiriboga, Almeida, Yandún y Lascano (2019) la técnica usada para obtener datos de las diferentes tonalidades presentes en una imagen, es la segmentación de imágenes digitales ya que esta permite la distinción entre los diferentes valores que posee la imagen. Por la tanto para la obtención de imágenes en el presente proyecto se requirió de una cámara con buena resolución de imagen.

2.2.16. Deep Learning

De acuerdo a lo expuesto por IBM (2023) Deep learning, también conocido por su traducción en español como aprendizaje profundo, se trata de un conjunto de machine learning, lo cual permite la integración de una red neuronal a partir de tres o más elementos. El Deep learning se complementar a distintos tipos de aplicaciones y servicios, tales como el caso de la tecnología de inteligencia artificial, ayudando a mejorar la automatización, efectuando procesos analíticos y físicas sin la existencia de algún tipo de intervención humana.

Por su parte, en lo que respecta a su funcionamiento, se menciona que son parte de una especie de imitadores, los cuales tratan de asemejar los pensamientos de un ser humano, convirtiéndolos en procesos que luego serán convertidos en acciones, que contribuirán a realizar tareas y actividades antes llevadas de forma manual (Iglesias, 2020). A partir de ello, se acota que estas redes neuronales funcionan como nodos interconectados entre sí, los cuales logran comunicarse a través de algoritmos y cálculos a través de la red.

2.2.17. Redes Neuronales convolucionales

Las Redes Neuronales son los modelos de aprendizaje automático, en la actualidad son considerados con mejor desempeño en una gran variedad de problemas, tal como lo señala Quiroga (2020) son modelos generales y aproximadores universales cuenta con algoritmos de optimización que se basan en el descenso de gradiente, estos optimizan miles o millones de parámetros en base a una función de error. Así mismo, según Montiel, Bolaños, Macedo, Rodríguez, y López (2022) la característica que la diferencia de otros modelos es que estos no requieren un diseño manual de características de los datos para funcionar; sino más bien las características se aprenden automáticamente mediante el proceso de entrenamiento, el diseño se organiza en capas que determinan su arquitectura. Por lo tanto, se utilizó redes neuronales para el procesamiento de las imágenes y la posterior creación del DataSet.

2.2.18. Librería OpenCV

La librería OpenCV es una herramienta muy útil en el desarrollo de sistemas de detección de aves y en aplicaciones de visión por computadora en general. En este sentido esta librería cuenta con más de 500 funciones para el procesamiento de imágenes desde el reconocimiento facial hasta visión robótica y muchas otras más (Chuquimarca, Pinzón, & Rosales, 2021). Por esto, se consideró el uso de esta librería debido a que proporciona una amplia gama de herramientas y funciones que pueden facilitar el desarrollo del sistema ahuyentador de aves.

OpenCV es utilizado para la detección de rostros como su primera función, como lo indica Thin (2020) el sistema, OpenCV es utilizado para implementar el clasificador en cascada, se utiliza también Apache Hadoop para resolver el tiempo de carga en la detección de rostros a partir de imágenes a gran escala según la

experimentación realizada del rendimiento de detección entre plataforma tradicional y distribuida es la misma, por lo tanto se utilizó esta librería para el procesamiento de las imágenes.

2.2.19. Pruebas de funcionamiento

Las pruebas de funcionamiento se realizan a un sistema o producto ya sea hardware o software para evaluar que este funcione exactamente como se esperaba. En este contexto las pruebas funcionamiento se encargan principalmente de verificar que las funcionales desarrolladas en el sistema cumplan con sus especificaciones (Layedra, Ramos, Hidalgo, & Samaniego, 2019). Por ende, se realizaron las pruebas de funcionalidad al sistema para evaluar su correcto desempeño.

Para la realización de estas pruebas se debe saber los criterios o aspectos más importantes a evaluar. Tal y como indica Layedra, Ramos, Hidalgo, y Samaniego (2019) que para la ejecución de la prueba primero se debe realizar un análisis de los requerimientos a evaluar, para proceder en lo posterior a la realización de un plan de pruebas. Por este motivo se realizaron los criterios a evaluar en base a los requerimientos del sistema.

2.3. Marco legal

Toda persona tiene derecho al libre albedrio y elección del software libre que quiera utilizar, teniendo en cuenta el esto la Constitución del Ecuador establece:

Artículo 151.- Libre elección de software. -

Los usuarios tienen derecho a la libre elección del software en dispositivos que admitan más de un sistema operativo. En dispositivos que no admitan de fábrica, más de un sistema operativo, podrán ofrecerse solo con el sistema instalado de fábrica.

En la compra de computadores personales y dispositivos móviles, los proveedores estarán obligados a ofrecer al usuario alternativas de software de código cerrado o software de código abierto, de existir en el mercado. Se

deberá mostrar por separado el precio del hardware y el precio de las licencias (Gobierno Electronico, 2022, pág. 80).

Es por ello por lo que se pudo utilizar el software que sea de mayor ayuda posible sin necesidad de ser presionados a utilizar alguno que no sea de nuestro agrado.

La propiedad intelectual es un derecho al que podemos acceder todos los ecuatorianos y ecuatorianas ya que está establecido en las leyes de nuestro país según la Ley de Propiedad Intelectual (2018) determina que:

Art. 1.- El Estado reconoce, regula y garantiza la propiedad intelectual adquirida de conformidad con la ley, las decisiones de la Comisión de la Comunidad Andina y los convenios internacionales vigentes en el Ecuador. La propiedad intelectual comprende: 1. Los derechos de autor y derechos conexos; 2. La propiedad industrial, que abarca, entre otros elementos, los siguientes: a) Las invenciones; b) Los dibujos y modelos industriales; c) Los esquemas de trazado (topografías) de circuitos integrados; d) La información no divulgada y los secretos comerciales e industriales; e) Las marcas de fábrica, de comercio, de servicios y los lemas comerciales; f) Las apariencias distintivas de los negocios y establecimientos de comercio; g) Los nombres comerciales; h) Las indicaciones geográficas; e, i) Cualquier otra creación intelectual que se destine a un uso agrícola, industrial o comercial. 3. Las obtenciones vegetales. Las normas de esta Ley no limitan ni obstaculizan los derechos consagrados por el Convenio de Diversidad Biológica, ni por las leyes dictadas por el Ecuador sobre la materia (pág. 1).

Es por lo que es de suma importancia tener conocimiento sobre este derecho y hacer uso de este en el desarrollo de nuestro prototipo para que en el futuro no tener problemas con el mismo.

En Ecuador ya existen leyes y reglamentos sobre el uso de software libre, es importante conocer sobre este tema el Código Orgánico de Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación (2022) determina que:

Artículo 142.-Tecnologías libres

Se entiende por tecnologías libres al software de código abierto, los estándares abiertos, los contenidos y el hardware libres. Los tres primeros son considerados como Tecnologías Digitales Libres.

Se entiende por software de código abierto al software en cuya licencia el titular garantiza al usuario el acceso al código fuente y lo faculta a usar dicho software con cualquier propósito. Especialmente otorga a los usuarios, entre otras, las

siguientes libertades esenciales: La libertad de ejecutar el software para cualquier propósito; La libertad de estudiar cómo funciona el software, y modificarlo para adaptarlo a cualquier necesidad. El acceso al código fuente es una condición imprescindible para ello; La libertad de redistribuir copias; y, La libertad de distribuir copias de sus versiones modificadas a terceros (pág. 71).

Por ende, en el desarrollo del sistema se utilizó el software libre Rasbian ya que es el más apropiado para el desarrollo del presente proyecto.

Al momento en que un usuario o persona hace uso de algún software que ya exista, en este caso que sea de libre uso o autorizado por el creador podrá registrarlo como propiedad intelectual según indica:

Art. 9.- Sin perjuicio de los derechos que subsistan sobre la obra originaria y de la correspondiente autorización, son también objeto de protección como obras derivadas, siempre que revistan características de originalidad, las siguientes: a) Las traducciones y adaptaciones; b) Las revisiones, actualizaciones y anotaciones; c) Los resúmenes y extractos; d) Los arreglos musicales; y, e) Las demás transformaciones de una obra literaria o artística. Las creaciones o adaptaciones, esto es, basadas en la tradición, expresada en un grupo de individuos que reflejan las expresiones de la comunidad, su identidad, sus valores transmitidos oralmente, por imitación o por otros medios, ya sea que utilicen lenguaje literario, música, juegos, mitología, rituales, costumbres, artesanías, arquitectura u otras artes, deberán respetar los derechos de las comunidades de conformidad a la Convención que previene la exportación, importación, transferencia de la propiedad cultural y a los instrumentos acordados bajo los auspicios de la OMPI para la protección de las expresiones en contra de su explotación ilícita (Ley de Propiedad Intelectual, 2018, pág. 6).

Por lo tanto, al momento de realizar el proyecto conocer las leyes y reglamentos que existen en el país es importante para así no incumplirlos al no tener conocimiento sobre los mismos.

3. Materiales y métodos

3.1. Enfoque de la investigación

3.1.1. Tipo de investigación

Los tipos de investigación utilizados para este proyecto fueron la investigación descriptiva y la investigación documental.

3.1.1.1. Investigación descriptiva

Mediante la aplicación de la investigación descriptiva se permite establecer las características de una población, fenómeno o problema, sin relacionarlas entre sí, más bien las definiéndolas e individualizándolas, en este contexto la metodología descriptiva con un enfoque documental consiste en revisar diversas fuentes de información disponibles y actualizadas que se encuentren publicadas en revistas de ciencia, disponibles en Google Académico, lo más ajustadas al propósito del tema, con contenido oportuno y relevante desde el punto de vista científico (Guevara, Verdesoto, & Castro, 2020). Por ende, para dar respuesta a la situación presentada se planteó una técnica de recolección de datos que permitan detectar la problemática que vive la Unidad de Producción Agropecuaria UPA "Finca Contreras" específicamente por el problema que representa la frecuente presencia de las aves afectando la producción de arroz.

3.1.1.2. Investigación documental

En el presente proyecto se realizó la propuesta para desarrollar un sistema automatizado ahuyentador de aves para las plantaciones de arroz que funcione de tal manera que no afecte o dañe a las aves, la investigación documental forma parte fundamental del proceso de investigación científica y consiste en la revisión sistémica de realidades teóricas y empíricas utilizando diferentes fuentes de información como tesis, artículos y libros (Bejarano, Limones, & Mosquera, 2019). Por ende, esta investigación se basó en el análisis de los contenidos cuyo objetivo

es aportar a la discusión en el tema de control de presencia de las aves en los cultivos de arroz de la finca Contreras utilizando los métodos más adecuados sin afectarlas.

3.1.1.3. Diseño de investigación

El diseño de investigación propuesto para este proyecto se representa en categorías, conceptos, variables, sucesos, comunidades o contextos donde no hay la intervención directa del investigador, es decir; para el desarrollo del prototipo del sistema automatizado ahuyentador de aves, la función del programador es observar el comportamiento de las aves y desarrollar un dispositivo que cumpla con la función de ahuyentar a dichas aves, mas no es un estudio experimental ya que no se construye ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes. Por lo tanto, no lleva diseño estadístico.

3.2. Metodología

3.2.1. Metodología RUP

Se utilizó la metodología Rational Unified Process (RUP) puesto que es una metodología tradicional que permite mejorar el nivel de interacción entre el equipo desarrollado con el usuario, se establece una documentación estructurada y detallada para futuras referencias del sistema, con el objetivo de alcanzar manejo óptimo de la tecnología y de los medios de desarrollo (Vera, Córdova, López, & Pacheco, 2019).Por ende, se eligió esta metodología para el desarrollo del sistema automatizado ahuyentador de aves.

3.2.1.1. Inicio

En esta fase inicial del proceso se establecieron cuáles fueron los requisitos que tiene el sistema automatizado a través de la aplicación de las técnicas de observación y entrevistas, mediante las cuales se obtuvo la información necesaria

para fijar los objetivos, además de limitar el alcance que tendrá el proyecto e identificar los procesos más importantes para tener un aproximado del costo del proyecto para así tener un entendimiento claro de lo que se va a elaborar y también que cumpla la función de ahuyentar aves de las plantaciones de arroz de la finca Contreras.

3.2.1.2. Elaboración

En esta etapa o fase se estructuraron los datos, las bases para el desarrollo de la arquitectura del software y hardware, así como los detalles procedimentales a través de la elaboración de diagramas electrónicos y eléctricos, diagrama de secuencia, diagrama de estados. Todo esto para tener demostrado que la arquitectura elegida pueda estar acorde a la visión, el costo y el tiempo para el desarrollo del sistema.

3.2.1.3. Construcción

En esta etapa se materializó la estructura diseñada dando cumplimiento a los objetivos para construcción del prototipo a través del uso de los diseños de la arquitectura y los componentes de hardware y software, también se realizó la implementación del sistema en la finca Contreras y posteriormente fue sujeto a las respectivas pruebas operativas y de funcionalidad del sistema para identificar posibles errores y corregirlos.

3.2.1.4. Transición

En esta última fase se validó que las necesidades del cliente hayan sido atendidas y también se realizó mejoras de rendimiento y usabilidad antes de la puesta en marcha del proyecto para una mejor experiencia de usuario. Como último se entregó el sistema para ponerlo a funcionar.

3.2.2. Recolección de datos

3.2.2.1. Recursos

3.2.2.1.1. Recursos Humanos

- Autores de la propuesta tecnológica
- Docente guía
- Personal de la Unidad de Producción Agrícola

3.2.2.1.2. Recursos materiales

- Computadora
- Impresora
- Materiales de oficina

3.2.2.1.3. Recursos tecnológicos

- Lenguaje de programación libres
- Microsoft Office
- Hardware libre

3.2.2.1.4. Presupuesto del proyecto

 Se definió la estimación de los gastos en los materiales necesarios para la realización del proyecto los cuales están detallados en el Anexo 1.

3.2.3. Métodos y técnicas

Las técnicas de investigación utilizadas para este proyecto fueron: entrevista y observación; la entrevista como tal se aplica con la finalidad de obtener información y opiniones de los entrevistados se divide en entrevista estructurada, focalizada y no estructurada, en este contexto en las entrevistas estructuradas, están conformadas por un cuestionario de preguntas donde el entrevistado se limita a contestar, en las entrevistas no estructuradas, los entrevistadores no

suelen tener preguntas preparadas con anterioridad, por otro lado puede llevarse a cabo también la observación (Zhang, 2020). Por lo tanto, se aplicó una entrevista estructurada donde se formuló interrogantes con el fin de lograr información detallada acerca de los percances o daños inducidos por los tilingos en los cultivos de arroz, y la observación tener una idea clara sobre los comportamientos de las aves y soluciones planteadas como respuesta a estos inconvenientes y de esta manera tener en cuenta cuales son las actividades que se plasmaron en el sistema automatizado.

3.2.3.1. La entrevista

La entrevista es una técnica de investigación en donde existe un dialogo entre dos o más personas con el fin de recabar información, en este sentido Fernández Juárez (2018) "es un encuentro cara a cara que requiere múltiples habilidades profesionales e incluso características personales muy especiales, teniendo como base la empatía de parte del entrevistador" (pág. 6). Es por ello que se utilizó como técnica de investigación la entrevista para recopilar información y así obtener los requerimientos del sistema.

3.2.3.2. La observación directa

La observación directa ocurre cuando el sujeto va al lugar de estudio y recopila información importante para luego utilizarla, es por ello que se define "la Observación directa: En este caso, el investigador obtiene la información directamente de la población o sujeto del estudio" (Arias Gonzáles, 2020, pág. 12). Es por ello que se decidió utilizar la observación directa como técnica para recopilar información.

3.2.4. Análisis estadístico

En este caso, no se utilizó un método estadístico ya que se utilizaron como técnicas la entrevista realizada al dueño de la finca Contreras, además de utilizar la observación directa del lugar para obtener más información y así levantar los requisitos de los usuarios y para validar la entrega del sistema.

También se realizaron pruebas de funcionamiento y en base a estas se evaluó si el sistema ha sido útil o no, a través de un análisis descriptivo.

4. Resultados

4.1. Identificación del comportamiento de las aves y como estas afectan a las plantaciones de arroz a través de la observación directa del lugar y la entrevista realizada al dueño de la finca para la obtención de los requisitos del sistema.

Para el levantamiento de información se utilizaron como técnicas de investigación la entrevista y la ficha de observación, dichas técnicas permitieron recolectar información sobre los requerimientos y las necesidades del sistema.

4.1.1. Entrevista

La entrevista se aplicó al dueño de la finca, el señor Sergio Contreras, a partir de lo cual se realizó una visita al lugar, donde aplicó total de 8 preguntas que se encuentran en el Anexo 4.

Dentro del análisis de la entrevista se pudo identificar que el agricultor se encuentra registrando muchas perdidas en el cultivo y cosecha del arroz debido a que las aves han optado por considerar esta plantación como una fuente de alimento, es por este motivo que las está considerando como una plaga, también indica que esta plaga lleva muchos años afectándolos y que con el paso del tiempo va aumentando el número de aves que los afectan. El principal tipo de aves que los afectan son los tilingos además de otras aves como las garzas y las palomas.

Por otro lado, indico que utilizan muchos métodos para espantar aves como por ejemplo espantapájaros, cintas de casetes viejos, venenos y pirotecnia; esta última se considera la más funcional, sin embargo, no se considera del toda efectiva, ya que las aves vuelven después de un tiempo.

También hizo hincapié en que mantienen este problema tanto al inicio de la siembra del arroz como al final, pero cuando termina la siembra es cuando más

se presentan las aves a causar daño sobre el arrozal, dado que comen en abundancia; causando que al momento de cosecharlos disminuya la cantidad de sacos que se recolectan. Por esta razón se decidió desarrollar un sistema automatizado ahuyentador de aves para las plantaciones de arroz, que ayude a otorgar una mejora ante esta situación.

4.1.2. Observación

Se realizó una visita a la finca Contreras para observar de forma directa la plantación donde se realiza el cultivo del arroz. Para dicha observación se elaboró una ficha de observación que contaba con 9 criterios, obteniendo los siguientes resultados:

Se observó que en el inicio del sembrado del arroz llegan aves conocidas como las garzas en busca de alimentos como por ejemplo insectos, lo que causa que estas se paren sobre la planta y la dañen la planta haciendo que el agricultor tenga que volver a sembrar en el lugar afectado. Cuando el arroz este maduro atacan otras aves conocidas como tilingos, estos se comen el arroz provocando que disminuya la cantidad de sacos al momento de cosecharlo como se observa en el Anexo 2.

También se observó que, utilizan varios métodos para ahuyentar a estas aves entre los cuales destaca el uso de espantapájaros, la pirotecnia, disparos con escopetas, la presencia de personas ahuyentando las aves y el uso de venenos, pero ninguno de estos métodos resulta efectivo ya que las aves vuelven después de un tiempo lo cual provoca perdidas de dinero por el uso de estos métodos.

4.1.3. Requisitos del sistema

Los requisitos del sistema son:

- El sistema debe estar ubicado en un lugar estratégico para detectar a las aves
- El sistema debe tener una base sólida para resistir el estado del terreno
- El sistema debe tener solventarse con energía solar
- El sistema debe ser de fácil manejo para el usuario
- El sistema debe detectar aves con la cámara
- El sistema debe detectar movimiento con los sensores.
- El sistema debe emitir un sonido al detectar aves
- El sistema debe ahuyentar aves

También se recolecto información para obtener los requisitos funcionales y no funcionales del sistema los cuales se muestran en el Anexo 5 y Anexo 6.

4.2. Diseño de la arquitectura del sistema a través del uso de diagramas para el correcto armado del prototipo.

Para el diseño del sistema se utilizó metodología Rational Unified Process (RUP) ya que resultó ser la más útil para el desarrollo del proyecto. A continuación, se muestran los diagramas para el diseño del sistema.

4.2.1. Diagrama de Estado

El proceso que comprende el diagrama de estado, consiste en que el usuario toca el interruptor y el sistema enciende, posteriormente se activan la cámara y los sensores. El algoritmo alojado en el raspberry empieza a reconocer aves, en caso de encontrarlas manda una señal al sistema de control para que los altavoces emitan un sonido, causando molestia a las aves, de tal forma que sean

ahuyentadas, luego de ello, el proceso se repite hasta que el sistema sea apagado como se indica en el Anexo 7.

4.2.2. Diagrama de Secuencia

Como tal, el proceso que comprende al diagrama de secuencia se basa en que, al momento en que las aves se encuentran en el cielo, la cámara captura la imagen y el algoritmo realiza un proceso de segmentación, es decir, existirá un contraste en los colores de la imagen para separar al ave del cielo y así reconocerla, para luego activar los altavoces, de modo que el ave sea ahuyentada sin ningún problema como se puede observar en el Anexo 8.

4.2.3. Diagrama Electrónico

Para realizar el diagrama electrónico se utilizó Proteus 8 Profesional, que es un software de diseño electrónico y simulación de circuitos desarrollado por Labcenter Electronics. Resultó muy efectivo utilizarlo, ya que se trata de una herramienta comúnmente utilizada por ingenieros electrónicos y diseñadores, para el diseño de circuitos electrónicos, el diseño de PCB (Printed Circuit Board) y la simulación de circuitos.

Por consiguiente, a este diagrama se le incorporó una batería que abastecerá de energía a todos los demás componentes del sistema, además de tener un panel solar que se usará como una fuente para proveer de energía a la batería, y así el sistema sea autónomo. A su vez, se contará con sensores de movimiento y la cámara, los cuales serán controlados por el raspberry pi 4 (Ver Anexo 9).

4.2.4. Arquitectura del sistema

La arquitectura del sistema es la siguiente, consta de una raspberry pi 4 que es la encargada de alojar el algoritmo y controlar a los demás dispositivos, tiene una tarjeta micro SD que funciona como almacenamiento del sistema, la fuente

de alimentación del sistema será con energía solar, es decir, tiene un panel solar que será el encargado de cargar a la batería y está la suministre para energizar a la raspberry pi 4 y a los demás componentes, por el puerto ethernet se conectara y alimentara de energía a la cámara que será la encargada de detectar al ave y el sistema de audio estará conectado por el puerto hdmi este será el encardo de emitir los sonidos que ahuyentaran a las aves (Ver Anexo 10).

4.2.5. Funcionamiento del sistema

Al encender el sistema, la cámara se activa automáticamente. Las imágenes capturadas, automáticamente, pasarán por un proceso del algoritmo de la red neuronal entrenada alojada en el sistema de control y si detecta la presencia de aves activara el sistema de altavoces para proceder a espantar las aves como se visualiza en el Anexo 5.

4.3. Desarrollo del prototipo del sistema haciendo uso de las herramientas de hardware y software para la implementación del mismo.

4.3.1. Desarrollo del sistema (Hardware)

4.3.1.1. Raspberry Pi 4

Se decidió hacer uso de este ordenador debido a sus deferentes características entre las cuales destacó su pequeño tamaño y bajo consumo de energía lo cual es muy importante para el desarrollo del sistema debido a que se lo implementó en un lugar donde no hay suministro de energía, sus principales caracteristicas se muestran en Anexo 12 y Anexo 13.

4.3.1.2. Tarjeta micro SD

La tarjeta elegida fue la SanDisk microSDHC UHS-I de 32 GB Clase 10 es una opción recomendada para la Raspberry Pi 4, ya que cumple con los requisitos básicos de capacidad y velocidad. Estas características la convierten en una

opción adecuada para almacenar y transferir datos en la Raspberry Pi 4. La capacidad de 32 GB es suficiente para realizar el sistema de ahuyentador de aves, y la clase de velocidad 10 garantiza un rendimiento óptimo. Además, al ser compatible con el estándar UHS-I, ofrece una velocidad de transferencia de datos más rápida en dispositivos compatibles. SanDisk es una marca reconocida y confiable en el mercado de las tarjetas de memoria, lo que brinda confianza en cuanto a calidad y rendimiento.

4.3.1.3. Cámara Hikvision IP Tubo Exterior

Se decidió utilizar esta cámara debido a sus diferentes características entre las cuales se destacó que es una cámara exterior que cuenta con una clasificación de protección IP67, la cual brindó una protección contra condiciones climáticas adversas que la hace resistente al polvo, al agua incluyendo lluvia, nieve y altas temperaturas. Además, cuenta con una alta resolución de imagen de hasta 8 megapíxeles (3840 x 2160 píxeles). Esto permitió capturar las imágenes de las aves detalladas. La cámara está equipada con una lente motorizada con un rango de distancia focal variable. Esto nos proporcionó flexibilidad al momento ajustar el enfoque y el ángulo de visión a distancias más largas, cuenta con una distancia de alcance de 97 a 290 metros, también cuenta con conectividad ethernet lo cual lo hace de fácil instalación ya que da la información y se alimenta por el mismo cable y entre otras características lo cual la hicieron ser la más adecuada para el sistema, las principales características se las puede observar en Anexo 14, Anexo 15 y Anexo 16.

4.3.1.4. Switch Tp link de 5 puertos

El switch actúa como un intermediario en la red local, este facilita la conexión de la cámara IP y la Raspberry Pi 4 para que puedan intercambiar datos de

manera eficiente. La cámara IP se conecta físicamente al switch a través de un cable Ethernet. De manera similar, la Raspberry Pi 4 también se conecta al switch mediante otro cable Ethernet. Esto crea una red local en la que ambos dispositivos están conectados al mismo switch y pueden comunicarse entre sí. Cuando la cámara IP captura imágenes o video de las aves en movimiento, envía estos datos a través del cable Ethernet al switch. El switch, a su vez, reenvía los datos a la Raspberry Pi 4. Esto permite que la Raspberry Pi 4 reciba y procese la información de la cámara IP, como parte del proceso de detección de aves.

4.3.1.5. Suministro de energía para el sistema fotovoltaico

El sistema de detección de aves tiene previsto operar durante 12 horas al día, ya que según la entrevista realizada al dueño del lugar las aves atacan desde las 6:00 am hasta 18:00 pm, por esto se estima que el consumo diario sería el siguiente:

Para calcular el consumo estimado de energía, necesitamos conocer el consumo de energía individual de cada dispositivo.

Sumando los consumos de energía de cada dispositivo:

Consumo total de energía = Consumo de la bocina + Consumo de la cámara +

Consumo de la Raspberry Pi + Consumo del Switch

Consumo total de energía = 30 W + 15 W + 4 W + 2W

Consumo total de energía = 51 vatios

Ahora, para calcular el consumo de energía en vatios-hora (Wh), multiplicamos el consumo total de energía por el tiempo:

Consumo de energía = Consumo total de energía x Tiempo

Consumo de energía = 51 W x 12 horas

Consumo de energía = 612 vatios-hora (Wh)

Por lo tanto, el consumo estimado de energía sería de aproximadamente 612 vatios-hora al día (Ver Anexo 17).

4.3.1.6. Batería de plomo acido de 51 Ah

Para comprar la batería fue necesario calcular su capacidad, esto se lo hizo dividiendo el consumo diario de energía del sistema (612 Wh) por la tensión del sistema (12 V).

Capacidad de la batería (Ah) = Consumo de energía diario (Wh) / Tensión del sistema (V)

Capacidad de la batería (Ah) = 612 Wh / 12 V Capacidad de la batería (Ah) = 51 Ah

Esto dio como resultado una batería con capacidad de 51 Ah. Por ello se eligió la batería de plomo ácido Yuasa con capacidad de 51 Ah y tensión nominal de 12 V (Anexo 18).

4.3.1.7. Panel Solar TAI Energy 12V 80W

Para calcular la capacidad del panel solar, se utilizó una regla general de multiplicar la capacidad de la batería por un factor de seguridad para tener en cuenta la eficiencia y posibles días nublados. Un factor de seguridad común es 1.5.

Capacidad del panel solar (W) = Capacidad de la batería (Ah) x Factor de seguridad

Capacidad del panel solar (W) = $51 \text{ Ah} \times 1.5$ Capacidad del panel solar (W) = 76.5 W

Por ende, se compró un panel solar TAI Energy con una potencia de 80 W y un voltaje de 12V (Ver Anexo 19).

4.3.1.8. Altavoz bocina ip65

Se escogió esta bocina debido a sus principales características en las que destaca que ofrece altos niveles de sonido, su transformador multi-tap de 30 vatios y la más importante fue que tiene clasificación ip-65 lo cual la hace resistente al agua, polvo, etc. Además de tener características importantes las cuales se muestran en el Anexo 20.

4.3.1.9. Gabinete rittal ip66

Se decidió usar este gabinete debido a que cuenta con una clasificación IP-66 que lo hace resistente al polvo y al agua, esto resulta muy importante para el sistema ya que dentro del mismo estará alojado el sistema de control conformado por el raspberry pi 4, cables y conectores, etc. (Ver Anexo 21).

4.3.1.10. Estructura

Para la construcción de la estructura se decidió utilizar tubo galvanizado ya que este está recubierto con una capa de zinc lo cual lo hace resistente a la corrosión y le da una mayor durabilidad además de resistir altas temperaturas, estas cualidades lo hicieron ser el más adecuado. La estructura tiene una altura de 2,5 metros y una base metálica recubierta de cemento que va a estar instalada debajo del suelo a medio metro para que resista las diferentes condiciones climáticas que se pueden presentar como se observa en el Anexo 22.

4.3.1.11. Arquitectura de la estructura del sistema

La arquitectura del sistema consta de una estructura de tubo galvanizado con una altura de 2,5 metros y una base metálica que va a estar instalada debajo del suelo para que resista las diferentes condiciones climáticas. Tiene un gabinete con clasificación ip66 para que resiste las condiciones del lugar, en él está ubicado el sistema de control, este está ubicado a una altura que puede ser manipulado

por el usuario. Mas arriba está ubicada la cámara exterior con los altavoces que son los encargados de emitir el audio para espantar las aves, y en la parte de arriba está ubicado el panel solar que es el encargado de suministrar la energía a la batería para que se energicen todos los dispositivos y el sistema funcione como se visualiza en el Anexo 23.

4.3.2. Desarrollo del sistema (Software)

4.3.2.1. Instalación del sistema Operativo Rasberry Pi Os (Raspbian)

Se utilizó este sistema operativo debido a que ofrece una combinación de compatibilidad con otros sistemas operativos, facilidad de uso ya que tiene una interfaz de usuario amigable y familiar, amplia gama de aplicaciones, soporte de la comunidad activa de usuarios y desarrolladores que brindan soporte y comparten recursos en línea como por ejemplo una amplia variedad de tutoriales, documentación y proyectos relacionados con el Raspberry Pi OS, además de actualizaciones regulares, lo que lo convirtió en el más adecuado.

Se emplea el Raspberry Pi Os (Legacy) con Debian Buster de 32 bits y entorno de escritorio Kernel de Linux 5.10.x (Ver Anexo 24).

4.3.2.2. Conexión vía SSH

Para no tener la necesidad de siempre conectar un monitor a la Raspberry pi 4 se activa la conexión vía SSH para conectarse remotamente a través del programa real VNC Viewer. Entramos a la configuración del raspberry pi con el comando sudo raspi-config y se activa la opción A4 SSH como se observa en el Anexo 25.

4.3.2.3. Configuración de la red local para la rasberry pi y la cámara ip con dhcp server

La raspberry pi actúa como servidor DHCP por lo tanto cualquier PC conectado al switch se configura de forma automática. El rango de direcciones va desde la IP 192.168.1.10 hasta la 192.168.1.200 como se observa en la tabla 1 (Ver Anexo 26).

Tabla 1. Direcciones IP de la Raspberry Pi y la cámara

	Dirección estáticas	IP	Gateway	Máscara de red
RPi	192.168.1.2		192.168.1.1	255.255.255.0
Cámara IP	192.168.1.44		192.168.1.1	255.255.255.0

Direcciones IP para conectar la cámara y la Raspberry pi 4 Contreras y Ortiz, 2023

4.3.2.4. Instalación de la librería Open CV

OpenCV es una opción popular y confiable para el procesamiento de imágenes y la detección de objetos, incluyendo la detección de aves ya que ofrece una amplia gama de algoritmos y funciones, un rendimiento optimizado, compatibilidad multiplataforma, una comunidad activa y la capacidad de integrarse con otras herramientas. Estas características hicieron que OpenCV sea una elección sólida para desarrollar el sistema de detección de aves. Se observa la versión de OpenCV sin errores, eso significa que la instalación se ha realizado correctamente (Ver Anexo 27).

4.3.2.5. Creación de la red neuronal

4.3.2.5.1. Creación del Dataset

Para la creación del Dataset se utilizó el método de la gaussiana adaptativa este consiste en la sustracción de fondo y la clasificación de objetos. Los objetos en movimiento se detectan mediante la sustracción de fondo y solo el ave se extrae mediante la clasificación de objetos (Ver Anexo 28).

4.3.2.5.2. Obtención de las imágenes

Para la obtención de las imágenes se visitó el lugar en la etapa inicial de siembra del arroz, ya que es el momento cuando las aves empiezan a llegar al lugar. Se capturaron un total de 1000 imágenes con una cámara con resolución de 8 megapíxeles (Hikvision IP Tubo Exterior), lo cual, se realizó en varios días y teniendo en cuenta las diferentes etapas del día, es decir, en la mañana, en la tarde, con el cielo nublado y con el cielo despejado. Así mismo, fue necesario también tomar imágenes cuando no se encuentren las aves en el lugar, a fin de enseñarle al sistema a detectar las aves.

4.3.2.5.3. Sustracción del fondo

Una vez obtenidas las imágenes se realizó la sustracción del fondo.

La sustracción de fondo se realiza en tres pasos:

- La resta de fondo basada en la mezcla gaussiana captura todos los objetos en movimiento.
- Las técnicas de extracción de color se utilizan para eliminar los colores de los movimientos dinámicos que se encuentran dentro de los árboles y la hierba.
- Se aplican filtros medianos para minimizar el ruido. La clasificación de objetos se realiza en las regiones de primer plano extraídas para seleccionar solo las aves entre los objetos detectados

Para realizar este proceso de sustracción del fondo se utilizó Google Colab que es una plataforma en línea gratuita proporcionada por Google que permite escribir y ejecutar código Python en la nube, sin necesidad de configurar un entorno de desarrollo en local. Se tomo una imagen de prueba para realizar la sustracción de fondo de una imagen. Esta es una imagen original tomada en la plantación de

arroz se eligió a esta porque como tiene un ave en el cielo, entonces, resulta la más interesante (Ver Anexo 29).

4.3.2.5.4. Resta del fondo - Convertir la imagen a escala de grises

En la segunda imagen es el primer resultado, el primer paso que viene a ser la escala de grises. Una imagen desde el punto de vista computacional no es nada más que una matriz de números. El tratamiento de las imágenes no es más que operaciones matemáticas qué se le hace a esta matriz de números. Lo primero que se hizo es pasarla a una escala de grises para disminuir de alguna manera la dimensionalidad de nuestra matriz, en el momento que se tiene una matriz a escala de grises, estamos reduciendo la dimensión de la matriz y por ende el procesamiento de hacer este mucho más, más sencillo, más liviano (Ver Anexo 30).

4.3.2.5.5. Extraccion del color - Descomposicion de la imagen

En la tercera imagen se realizo la descomposición de la imagen, es decir, de la matriz esto podemos hacer siempre y cuando ya la hayamos pasado a escala de grises. La imagen, que originalmente es a color, le hemos extraído la parte verde, la parte azul y la parte roja (GBR). Esto se hizo para poder analizar si es que nos conviene de alguna manera reducir la dimensión y la la dimensionalidad utilizando la descomposición de colores. Es mas conocido como filtrado de Gauss que es una operación matemática en la imagen para eliminar este ruidos que se hayan generado en la imagen, basicamente para suavizar la imagen como se visualiza en el Anexo 31.

4.3.2.5.6. Aplicación de filtros para reducir el ruido - Umbralizacion de la imagen

En la siguiente imagen se realizó la umbralizacion de la imagen, esto se hace para recortar ya solo la parte donde este el ave. El objetivo fue separar a la imgen del cielo. Como se puede observar en el Anexo 32 ya nose se ven las nubes, solo se oberva un fondo oscuro y al ave de color blanco lo que hace mas fácil su reconocimiento.

4.3.2.5.7. Clasificación de los objetos

En la última imagen lo que se hizo fue agrupar por grupo los objetos que se pueden identificar en la imagen que ya fue umbralizada. Como se visualiza en el Anexo 33 el fondo negro es el primer grupo de objeto que se a detectado, la parte azul es el segundo grupo mas grande que se puede a visualizar que vendria a ser la malesa del lugar. El grupo pequeño de color naranja que se puede visualizar es el ave y es la parte en la que nos vamos a enfocar para detectarla. El obetivo fue hacer que el algoritmo solo recorte la parte de color naranja donde se encuentre el ave y solo esta imagen pase a la red neuronal. Y este proceso se realiza a todas las imagnes.

Una vez que se clasifican los objetos estos se recortan y etiquetan, se eliminan los objetos que no nos van a servir y solo se quedó con el objeto que representa al ave y esta imagen es la que pasa a la red neuronal (Ver Anexo 34).

El etiquetado de las imágenes se lo realizo manualmente, se crearon dos carpetas una en las que haya presencia de aves y otra en la que no haya presencia de aves y así se creó el Dataset (Ver Anexo 35 y Ver Anexo 36).

4.4. Realización de las pruebas de funcionamiento del sistema autónomo revisando la capacidad de detección y ahuyentamiento de las aves verificando su correcta operatividad en los cultivos de arroz de la finca para ahuyentar a las aves.

4.4.1. Pruebas de funcionamiento: Finca Contreras

Para realizar las pruebas se ubicó el sistema en un lugar estratégico para que no afecte a la visión de la cámara y también se evaluaron criterios como la distancia de las aves y la condición climática del día (Ver Anexo 37).

4.4.1.1. Prueba número 1 - en las primeras horas de la mañana con el cielo nublado

La primera prueba se la realizo en las primeras horas del día con el cielo nublado, ya que es a esta hora que se encuentra mayor número de aves en el cultivo de arroz. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 2. Prueba numero 1

I UDIU Z	Tabla 2.1 Tacba Hamero 1						
Dista ncia	Número de aves en el lugar	Número de aves detectada s	_	Número de aves no ahuyentad as	ad de detecció	Efectivid ad de ahuyenta miento	
30 mts	2	2	2	0	100 %	100 %	

Prueba número uno realizada en la finca Contreras Contreras y Ortiz, 2023

Como resultado de esta prueba se obtuvo un 100 % de efectividad de detección y ahuyentamiento ya que fueron ahuyentadas las dos aves que fueron detectadas. Cabe recalcar que al momento de realizar esta prueba no se observó gran presencia de aves debido a que había presencia de personas en el lugar.

4.4.1.2. Prueba número 2 - En la tarde con el cielo nublado

La segunda prueba se la realizo en la tarde con el cielo nublado ya que a esta hora también se detecta presencia de aves. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 3. Prueba numero 2

Dista ncia	de aves		Número de aves ahuyenta das	de aves	ad de detecció	Efectivid ad de ahuyenta miento
50 mts	6	6	6	0	100 %	100 %

Prueba número dos realizada en la finca Contreras Contreras y Ortiz, 2023

Como resultado de la segunda prueba se obtuvo un 100 % de efectividad de ahuyentamiento y detección ya que fueron ahuyentadas las 6 aves que fueron detectadas.

4.4.1.3. Prueba número 3 - en la mañana con el cielo despejado

La tercera prueba se la realizo en la mañana con el cielo despejado. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 4. Prueba numero 3

Dista ncia		Número de aves detectada s	Número de aves ahuyenta das	Número de aves no ahuyentad as	ad de detecció	Efectivid ad de ahuyenta miento
100 mts	8	8	8	0	100 %	100 %

Prueba número tres realizada en la finca Contreras Contreras y Ortiz, 2023

Como resultado de la tercera prueba se obtuvo un 100 % de efectividad de detección y ahuyentamiento debido a que fueron ahuyentadas 8 aves de las 8 que fueron detectadas.

4.4.1.4. Prueba número 4 - en la tarde con el cielo despejado

La cuarta prueba se la realizó en la tarde con el cielo despejado. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 5. Prueba numero 4

I abia o							
Dista	_	Número	Número	Número		Efectivid	
ncia	de aves	de aves	de aves	de aves	ad de	ad de	
	en el	detectada	ahuyenta		detecció	ahuyenta	
	lugar	S	das	ahuyentad	n	miento	
				as			
100	10	8	8	2	80 %	80 %	
mts							

Prueba número cuatro realizada en la finca Contreras Contreras y Ortiz, 2023

Como resultado de la tercera prueba se obtuvo un 80 % de efectividad debido a que fueron ahuyentadas 8 aves de las 10 que fueron detectadas ya que debido al a la puesta del sol y la distancia que estaban las aves el sistema no logró detectarlas a todas.

4.4.2. Resultados finales

Estos resultados se obtuvieron a lo largo de una semana de pruebas. En la primera prueba se obtuvo un 100 % de efectividad de detección y ahuyentamiento, en ese día no se observó mayor presencia de aves debido a que había personas trabajando en el cultivo por lo que se consideró esperar a que no hubiera personas en el cultivo para realizar la segunda prueba. En la segunda prueba si se logró observar mayor presencia de aves en el cultivo dando como resultado un 100 % de efectividad. La tercera prueba tubo una efectividad de 100 %. Como resultado de la cuarta prueba se obtuvo un 80 % de efectividad debido a que las aves se encontraban a una larga distancia por lo que el ruido emitido por las sirenas no fue suficiente para ahuyentarlas a todas.

Tabla 6. Efectividad de detección y ahuyentamiento

N° de prueba	Efectividad de detección	Efectividad de ahuyentamiento	
1	100 %	100 %	
2	100 %	100 %	
3	100 %	100 %	
4	80 %	80 %	
Total	95 %	95 %	

Efectividad de detección y ahuyentamiento según las pruebas realizadas en la finca Contreras

Contreras y Ortiz, 2023

Todas estas pruebas nos dieron como resultado un total de 95 % de efectividad de detección y un 95 % de efectividad de ahuyentamiento por lo que se llegó a la conclusión de que el sistema cuando detecta un ave la ahuyenta por lo que el sistema resulta efectivo para detectar y ahuyentar aves a distancias menores a los 100 metros.

Cabe recalcar que el sistema de visión por computadora solo detecta a las aves más cercanas a la plantación de arroz ya que son estas las que están más cerca de causar problemas. Por lo que el porcentaje de detección y ahuyentamiento de las aves varía dependiendo a factores como la distancia a que se encuentren las aves y a la condición climática del día.

5. Discusión

Como un primer resultado obtenido dentro de la presente investigación, se tuvo los puntos identificados mediante la aplicación de la entrevista al dueño de la finca Contreras, en este caso, se tocaron puntos importantes asociados con la problemática y los requisitos que debían obtenerse para llevar a cabo la implementación del sistema electrónico ahuyentador de aves. En primera instancia, se identificó que el agricultor se encuentra registrando muchas pérdidas en el cultivo y cosecha del arroz, esto debido a que las aves han optado por considerar su plantación como una fuente de alimento diario, lo cual, a la larga, llegará a perjudicar los ingresos y cosecha del agricultor.

En ese sentido, lo expresado en este primer punto, se contrasta con lo evidenciado en el trabajo desarrollado por (Baral, Swarnkar, Kothiya, Monpara, & Chavda, 2019), en el cual se hace hincapié a la evolución que han tenido las aves y sus especies durante el último siglo, optando por visitar nuevos lugares donde buscar alimento, lo cual, por ende, ha llegado a ocasionar daños en los cultivos de todos los agricultores. No obstante, también se hace mención que a pesar de los avances tecnológicos con los que se cuentan actualmente, lo cierto es que los dueños de las plantaciones optan por no hacer uso de la tecnología como parte de sus métodos de control y ahuyentamiento de aves, lo cual, en parte, ha llegado a ocasionar muchas más pérdidas en ingresos y en la siembra que se echa a perder debido al daño ocasionado por estas aves.

A partir de lo mencionado por los autores, dentro de los resultados de la entrevista también se pudo evidenciar el hecho de que se hacen uso de muchos métodos para espantar aves, tales como los espantapájaros, cintas de casetes viejos, venenos y pirotecnia; los cuales no se consideran tan efectivos, puesto que

las aves retornan después de un tiempo. Con base a ello, se contrasta este punto con lo expresado en el trabajo publicado por la Revista Ecoguia (2018) donde se indica que ha surgido una nueva tecnología para ahuyentar aves a la que se la cataloga como "repelente automatizado". En ese sentido, este tipo de tecnología básicamente es de lo que se trata el presente proyecto, donde se aplicó un sistema que automáticamente permita emitir sonidos que ayuden a repeler a las aves que tengan como objetivo comerse las plantaciones de arroz.

Así mismo, como otro punto se expresa lo constatado con la aplicación del instrumento de observación, donde básicamente se pudo comprobar de forma asertiva que en el inicio del sembrado del arroz llegan aves conocidas como las garzas en busca de alimentos, tales como los insectos, causando que estas comiencen a pisotear la planta que apenas está brotando, lo cual retrasa el proceso de crecimiento, y le da más trabajo al agricultor debido a su desconocimiento sobre los métodos efectivos para repelerlos. Este aspecto, se refleja en el proyecto desarrollado por González y Pinoargote (2019), donde se establece que en el Ecuador existe una carencia de parte del sector agrícola respecto a las aves que se acercan a las plantaciones, así como también, de los métodos efectivos y tendencias que se emplean para contrarrestar dicho problema.

Respecto a lo mencionado con anterioridad, resulta importante que el sector agrícola se actualice en cuanto a sus métodos de control y seguimiento del ciclo de producción y cosecha de sus cultivos, de modo que se puedan evitar muchas más perdidas a causa de los daños ocasionados por las aves.

Por consiguiente, en lo que respecta al segundo objetivo del presente trabajo, se logró realizar el diseño de la arquitectura del sistema a través del uso de

diagramas electrónicos y de componentes para el correcto armado del prototipo, en este caso gracias a las herramientas de modelado y diagramación utilizadas, se consiguió establecer un esquema estructural que fuera acorde con el objetivo principal del proceso de investigación, donde la idea principal es poder esquematizar a través de un diseño; cada una de las partes y la forma en cómo estas se conectan por cada uno de los nodos del sistema, logrando así concebir el proceso funcional del control y seguimiento en el ahuyentamiento de aves de campo.

En ese sentido, la eficiencia de estos diagramas y los beneficios que estos tienen, se contrasta con lo expresado por Santana (2020), donde se menciona que los diagramas electrónicos resultan de gran utilidad debido a sus distintos elementos del circuito, consiguiendo además respetar cada una de las normas establecidas para la alimentación de las señales entre dispositivos electrónicos.

Así mismo, dentro del proyecto se trabajó con lo que se conoce como diagrama de estado, mediante el cual trabaja de forma conjunta con el algoritmo alojado en el Raspberri pi; mismo que contribuye al proceso de reconocimiento de aves, en este caso, a través de este diagrama se pudo visualizar la forma en cómo el usuario deberá tocar el interruptor para encender el sistema, permitiendo que se puedan activar los sensores y cámaras alojados.

Con base a lo discutido con anterioridad, se determina la importancia de los diagramas empleados dentro del presente trabajo, los cuales no solamente han permitido brindar un óptimo funcionamiento a cada una de las partes del sistema ahuyentador de aves, sino que han contribuido a que los procesos inmersos en su desarrollo fueran mucho más sencillos y fáciles de comprender, consiguiendo así, ahorrar tiempo para la construcción del prototipo.

Por su parte, en lo que concierne al tercer objetivo específico, en el cual se llevó a cabo el desarrollo del prototipo del sistema mediante el uso de herramientas de hardware y software. En ese sentido, en lo que respecta a la parte del hardware, se emplearon distintos tipos de componentes físicos, entre los cuales se resaltan los de mayor importancia, tales como el ordenador Raspberry Pi 4, el cual fue esencial debido a su bajo consumo de energía, la Cámara Hikvision, y el panel solar TAI, importante por el tema de la luz solar a la cual se expone el sistema. Así mismo, en cuanto al software, se realizaron las instalaciones del sistema operativo Rasberry Pi Os (Raspbian), la conexión vía SSH, configuraciones de red, creación de la red neuronal, y las pruebas de conexión. Gracias a estos recursos, el prototipo del sistema generó excelentes resultados durante sus respectivas pruebas de funcionamiento.

En ese sentido, lo mencionado anteriormente se contrasta con el trabajo abordado Jiménez (2022) quien menciona que el sistema electromecánico que genera señales electromagnéticas puede ahuyentar aves de las plantaciones de arroz sin afectarlas físicamente, además de utilizar herramientas de hardware y software libres y de bajo costo lo cual les permitió competir con otros sistemas similar y así lograr favorecer económicamente a los cultivadores de arroz. De la misma forma se perciben los resultados en el proyecto desarrollado por Pachacama (2020), en el cual utilizaron dispositivos como Arduino, servomotor y ultrasonido para espantar palomas que se aglomeraban en un sector específico de Quito logrando una efectividad de 87.62%.

Continuando con la discusión, como punto culmine se tiene al último objetivo específico del trabajo, donde se efectuaron las pruebas de funcionamiento del sistema autónomo mediante la revisión de la capacidad de detección y

ahuyentamiento de las aves verificando su correcta operatividad en los cultivos de arroz. En este caso, se llevaron a cabo un total de 4 pruebas, la primera se puso a prueba el sistema durante las primera horas de la mañana con el cielo nublado, seguida de la segunda prueba, la cual se realizó por la tarde con el cielo nublado, la tercera se realizó por la mañana con el cielo despejado, y la cuarta y última se efectuó en la tarde con el cielo despejado; donde se pudo obtener un 100% de efectividad en las tres primeras pruebas, dejando a la última con un 80% de efectividad debido al poco acercamiento de las aves en el rango de captación de la cámara. Llegando así al resultado total de la prueba con un 95% de efectividad del sistema electrónico.

Con base a este último apartado, se contrastan los resultados de las pruebas con los obtenidos en el trabajo de Gómez y Murcia (2019), en el cual se concluye que acorde a las pruebas realizadas, se confirma que el sistema cuenta con la capacidad de ejecutar todo el proceso sin ayuda de la intervención humana en aproximadamente 2 horas. A diferencia del presente sistema realizado a través de Raspberry Pi y algoritmos de inteligencia artificial, cuya capacidad permite que este pueda funcionar mediante el sensor de detección durante las 24 horas del día, sin necesidad de la intervención humana; permitiendo inclusive tener los resultados del monitoreo realizado en cada hora del día de forma automatizada.

Por otro lado, los resultados obtenidos en el presente trabajo coinciden con los del trabajo de Rodríguez (2019) en el cual se llevó a cabo la construcción de un sistema electrónico para el ahuyentamiento de aves a través de recursos sonoros y visuales. Donde se logró evidenciar una efectividad en el sistema a nivel general, con resultados clasificados como positivos en cuanto al proceso de control y seguimiento hasta la época de cosecha; donde se menciona que su eficiencia se

centra en el control sin necesidad de realizar visitas presenciales a las plantaciones, es decir, su programación e instalación fueron finiquitadas de forma exitosa.

Por lo tanto, se determina que el presente sistema electrónico de ahuyentamiento de aves funciona de forma efectiva y eficiente, por lo cual, tiene la capacidad para seguir siendo utilizado y mejorado con el pasar del tiempo, a fin de poder contribuir de forma significativa a la detección de aves en el campo de arroz de la Finca Contreras; y por ende, teniendo una mayor productividad en cuanto a la cosecha del producto y el cuidado de las plantaciones a nivel general.

6. Conclusiones

El presente proyecto basado en el desarrollo de un sistema autónomo para ahuyentar aves de los cultivos de arroz, haciendo uso de Raspberry Pi y lenguajes de programación libres para reducir las pérdidas de producción de arroz producidas por la intromisión de aves, se pudo llevar a cabo gracias a la ardua investigación e identificación de las causas principales del problema, en este punto, se determina la importancia de que los procesos de control y seguimiento de la producción agrícola, puedan ser actualizados acorde a las nuevas tecnologías existentes, puesto que estas ayudan a garantizar resultados óptimos, y a su vez, permiten la reducción de gastos ocasionados por los daños producidos por las aves. A partir de ello, se pudo cumplir el objetivo general de este trabajo, lo cual se logró gracias al cumplimiento de los objetivos específicos de forma conjunta.

Se logró identificar el comportamiento de las aves y la forma en cómo estas ocasionan daños en las plantaciones de arroz. Esto fue posible gracias a la aplicación de los instrumentos de la entrevista y observación, lo cual no solo permitió que se pudieran identificar las causas concretas del problema, sino también, obtener los requisitos principales y específicos con los cuales se desarrolló el sistema electrónico ahuyentador de aves. Con base a ello, se concluye que el primer objetivo fue cumplido a cabalidad y sin complicaciones, contribuyendo de forma eficaz a la presente investigación.

Seguido de ello, se consiguió realizar el diseño de la arquitectura del sistema con base a los resultados obtenidos con la aplicación de los instrumentos de recolección de datos, lo cual permitió emplear los diagramas de estado, secuencia y electrónico; mismos que fueron claves para establecer la estructura técnica y

lógica del funcionamiento de la aplicación. En lo que respecta al diagrama de estado, se ayudó a componer el accionar del sistema a través del interruptor, lo cual se complementó con el algoritmo alojado en el Rasberry pi para el reconocimiento de las aves; así mismo, en cuanto al diagrama de secuencia, se ayudó a establecer la forma de captura de las imágenes, especificándose los contrastes de colores y sonidos a emitirse. Y, finalmente en lo que concierne al diagrama electrónico, este permitió evidenciar la forma en cómo la batería a utilizar lograría abastecer a los demás componentes del sistema, donde además se especificaron aquellos sensores de movimiento que serían controlados con el Raspberry pi. A partir de ello, se concluye que este segundo objetivo también pudo ser cumplido de forma óptima.

Por consiguiente, se desarrolló el prototipo del sistema dirigido al proceso de ahuyentamiento de aves en las plantaciones de arroz de la Finca Contreras. Donde gracias al complemento de los componentes de hardware y las respectivas configuraciones, instalaciones y programación del software, se logró concebir un sistema electrónico completo y eficiente, el cual cuenta con la capacidad de operar a cualquier hora del día, y bajo las distintas condiciones climáticas existentes. Sin embargo, se considerará realizar una revisión periódica cada semana, esto a fin de poder complementar cualquier mejora que permita aportar significativamente al funcionamiento del sistema.

Y, finalmente se efectuaron las respectivas pruebas de funcionamiento del sistema electrónico, las cuales se dividieron en un total de 4 pruebas, realizadas en las distintas horas del día, separándose en jornadas matutina y vespertina con el cielo nublado, y matutina y vespertina con el cielo despejado; donde se logró obtener un 95% de efectividad del sistema a nivel general, lo cual permite

evidenciar que los resultados han sido bastante significativos y prometedores durante sus primeras fases de prueba. A partir de ello, se concluye que el sistema se encuentra listo para seguir en funcionamiento en la Finca Contreras, aportando significativamente con los procesos de detección, ahuyentamiento y monitoreo de resultados en las plantaciones de arroz.

7. Recomendaciones

A la hora de levantar los requisitos del sistema se recomienda llevar a cabo más entrevistas al dueño del lugar y a los trabajadores para tener más información sobre los principales problemas que causan las aves a las plantaciones arroz.

Tener una estructura más grande y mejor elaborada para evitar que pueda ser objeto de algún tipo de robo o vandalismo y para que pueda alojar más gabinetes donde se puedan colocar más dispositivos. También realizar más diagramas electrónicos y simulaciones para detectar posibles errores en el sistema antes de ponerlo en funcionamiento.

Así mismo, es importante el uso de un mejor mecanismo de audio donde se puedan grabar sonidos en específico para espantar a diferentes tipos de aves y estas no se acostumbren a un solo sonido. De la misma manera, sería factible el aprendizaje automático de la red neuronal para que así pueda tener una mayor efectividad al momento de la detección de aves.

Establecer un periodo de prueba de 3 meses para el prototipo, de tal forma que se logre comprobar si existe algún tipo de mejora o error que cubrir durante los días que se encuentre en funcionamiento en la finca. En este caso, luego de dicho periodo de prueba, se realizarán las correcciones o mejoras del caso, de tal forma que se pueda entregar al agricultor un prototipo funcional y libre de errores.

Es factible la creación de una aplicación web donde se pueda visualizar en tiempo real la detección de las aves y también la creación de una base de datos donde se guarde y registre todos los datos obtenidos de las detecciones y así poder mejorar la precisión y efectividad del sistema. También se sugiere implementar un sistema de notificaciones y alertas para recibir alertas en tiempo real cuando se detecte una actividad de aves o eventos importantes

8. Bibliografía

- Aguilar, F. (2019). Uso de lenguajes de programación para desarrollar el razonamiento lógico matemático en los niños. *Uisrael*. Obtenido de https://revista.uisrael.edu.ec/index.php/rcui/article/view/114/108
- Andrade, J., Alvarez, L., Romero, J., & Bonifaz, F. (06 de 2022). Los paneles solares como elementos sostenibles del turismo en zonas costeras. (Pol.Con, Ed.) *Polo del Conocimiento*, 7(6), 957-969. doi:10.23857/pc.v7i6
- Arias Gonzáles, J. (2020). Técnicas e instrumentos de investigación científica. (E.
 C. Eirl, Ed.) Arequipa, Perú: Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca
 Nacional del . doi:ISBN: 978-612-48444-0-9
- Baral, Swarnkar, Kothiya, Monpara, & Chavda. (2019). Bird Repeller A Review.

 International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 8(2), 5.

 doi:https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.802.121
- Bejarano, Z., Limones, V., & Mosquera, F. (27 de 11 de 2019). Redes Sociales y periodismo ciudadano: Investigación Documental. *Journal of Science and Research*, 16. doi:https://doi.org/10.5281/zenodo.3599276
- Benjamín , V., Pedro , G., Leobardo , H., María , Z., & José , M. (19 de Febrero de 2023). Comparativa y análisis de tiempos de respuesta y latencia, linux CNC vs. Rasberry Pi OS RT. Revista Científica Multidisciplinar, 7(1), 2. doi:https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4998
- Bolaños, A., Chiriboga, J., Almeida, A., Yandún, M., & Lascano, S. (2019).
 archiv209Sistema de clasificación de rosas de la variedad explorer usando
 visión por computadora. Machala. Obtenido de
 https://investigacion.utmachala.edu.ec/proceedings/index.php/utmach/artic
 le/view/442/382

- Caballero, F., Morales, M., Silva, E., & Caballero, D. (30 de Junio de 2020).

 Raspberry Pi, conectividad y programación mediante puertos GPIO.

 Revista de Ingeniería Innovativa, 4(14), 2.

 doi:10.35429/JOIE.2020.14.4.1.13
- Cabezas, M., Franco, J., & Fasoli, H. (2018). Diseño y evaluación de un panel solar fotovoltaico y térmico para poblaciones dispersas en regiones de gran amplitud térmica. *Ingeniería, investigación y tecnología, 19*(2). Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432018000200209
- Chuquimarca, L., Pinzón, S., & Rosales, A. (25 de Junio de 2021). Detección de Mascarilla para COVID-19 a través de. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 8(1), 68-73. doi:10.26423/rctu.v8i1.572
- Claudia , C., Gloria , G., Felipe , B., Sandra , C., & Neil , G. (2020). Análisis experimental del desempeño de un sistema solar fotovoltaico con inversor centralizado y con microinversores: caso de estudio Manizales. *Instituto Tecnológico Metropolitano, 23*(47). doi:https://doi.org/10.22430/22565337.1403
- Código Orgánico de Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación. (2022). *Gobierno Electronico*. Obtenido de https://www.gobiernoelectronico.gob.ec/software-libre-y-software-publico-2/
- Fernández Juárez, P. (2 de Julio de 2018). La importancia de la técnica de la entrevista en la investigación en comunicación y las ciencias sociales.

 Revista científica del Centro de Investigación para la Comunicación

- Aplicada(Núm. 1 (2018): Estudios institucionales, organizacionales y comunicación), 6. doi:10.36105/stx.2018n1.07
- Ferran, F. (2020). Aprender Raspberry Pi 4 con 100 ejercicios prácticos (3era ed.).

 booqlab.com. Obtenido de

 https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=7EtOEAAAQBAJ&oi=fnd&pg

 =PA1&dq=raspberry+pi+4+caracteristicas&ots=ravzDfJoxB&sig=P1xjHqW

 Qx-6-XvJGh9zV0H4VcgM#v=onepage&q&f=false
- García , L. (3 de Enero de 2022). Radio, televisión, audio y vídeo en educación.

 Funciones y posibilidades, potenciadas por el COVID-19. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia, 25*(1), 6. doi:https://doi.org/10.5944/ried.25.1.31468
- Gobierno Electronico . (2022). Código Orgánico de Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación. Obtenido de https://www.gobiernoelectronico.gob.ec/software-libre-y-software-publico-2/
- Gómez, F., & Murcia, H. (2019). Desarrollo e implementación de un sistema autónomo de detección y repulsión de aves en un cultivo de fresas mediante el uso de un dron comercial [Tesis de pregrado, Universidad Piloto de Colombia]. Obtenido de http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/6836/PG-19-1
 11%20DOCUMENTO%20FINAL%20V2%20OK.pdf?sequence=1&isAllow
- González, R., & Pinoargote, J. (2019). Bioacústica aplicada para el control de

bandadas de aves en ambientes antropogénicos [Tesis de pregrado,

ed=v

- Escuela Superior Politécnica del Litoral]. Obtenido de https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/51425/1/T-109839%20Gonzalez%20Pinoargote.pdf
- Guerrero Rodríguez, O. (24 de Junio de 2019). *Mongabay*. Recuperado el 8 de Diciembre de 2022, de https://es.mongabay.com/2019/06/cauca-aves-arroz-colombia/
- Guevara, G., Verdesoto, A., & Castro, N. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento, 163-173. doi:10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173
- Herrera, J., & Roncancio, C. (2022). Implementación de un prototipo para la detección de rostros utilizando el lenguaje de programación Python. Tecnología Investigación y Academia, 10(1), 200–210. doi: https://orcid.org/0000-0003-4804-3387
- Howser, G., & Howser, G. (2019). Raspberry pi operating system. *Computer Networks and the Internet: A Hands-On Approach*, 119-149. Obtenido de https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-34496-2_8
- IBM. (2023). ¿Qué es Deep Learning? . Obtenido de https://www.ibm.com/es-es/topics/deep-learning
- Iglesias, G. (2020). Procesamiento automático de ilustraciones: Clasificación multi-etiqueta de cómics con Deep Learning. Obtenido de https://oa.upm.es/64638/
- Jahir, W., & Otero, J. (2023). Equipo Electromecánico para el control de aves en los cultivos de arroz [Tesis de pregrado, Universidad Antonio Nariño].

 Obtenido de http://repository.uan.edu.co:8080/handle/123456789/7952

- Jimenez Otero, W. (2022). Repositorio UAN. Obtenido de http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/7952/2/2023_TIG_Jime nezOWJ_2022-2.pdf
- Layedra , N., Ramos , M., Hidalgo , B., & Samaniego , A. (10 de Septiembre de 2019). Análisis de la aplicación de pruebas funcionales y pruebas de usabilidad de software en el desarrollo de sistemas web. *Revista Ciencia Digital*, 3(3.4), 180-190. doi:https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i3.4..845
- Ley de Propiedad Intelectual. (10 de 2018).

 *https://www.gobiernoelectronico.gob.ec.** Obtenido de https://www.gobiernoelectronico.gob.ec/wp-content/uploads/2018/10/Ley-de-Propiedad-Intelectual.pdf
- Manrique, E. (06 de 02 de 2020). https://www.proquest.com. Obtenido de https://www.proquest.com/openview/c7e24c997199215aa26a39107dd2fe 98/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1006393
- Marcillo, G. (2022). Implementación de circuitos electrónicos programables en prácticas laboratorio para la asignatura de microcontroladores de la carrera de Tecnologías de la Información [Tesis de pregrado, Universidad Estatal del Sur de Manabí]. Obtenido de http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/4595
- Mateu, E., Marín, R., & Marín, J. (2022). Más allá de Jupyter: usando Google Colab para la programación de robots. *In XLIII Jornadas de Automática: libro de actas*, 662-669. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8728702

- Méndez, S. (2022). El sector agrícola como motor de desarrollo sostenible del cantón Pastaza: Un análisis desde la perspectiva de la bioeconomía [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Obtenido de https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/35938/1/T5528e.pdf
- Montiel, R., Bolaños, M., Macedo, A., Rodríguez, A., & López, A. (2022).

 Clasificación de uso del suelo y vegetación con redes neuronales convolucionales. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 13(74), 97-119.

 Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322022000600097
- Olivia , V. (2022). Raspberry Pi. *Con-Ciencia Boletín Científico de la Escuela Preparatoria , 9*(18), 36-40. doi:https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/prepa3/article/view/9 464/9180
- Pachacama, W. (2020). Sistema Electronico Automatico Ahuyentador de Palomas
 . Trabajo de titulación, Quito . Recuperado el 17 de Octubre de 2022, de https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19098/1/UPS%20-%20TTS087.pdf
- Pastor, F. (2022). Análisis de audio mediante técnicas de aprendizaje profundo (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València). Obtenido de https://riunet.upv.es/handle/10251/187795
- Pérez Cordero, C. R., & López Mendoza, J. A. (2022). Metodos tradicionales para aves que causan daño al cultivo de arroz. *Revista Arroz*, 20. Obtenido de https://fedearroz.s3.amazonaws.com/media/documents/Revista_Arroz_56 0.pdf

- Ponce , L. (2022). Efectividad de métodos de disuasión para disminuir el número de aves marinas en el muelle de la planta Perú LNG, Pampa Melchorita.

 Obtenido de https://repositorio.cientifica.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12805/2570/T L-Ponce%20L.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Quiroga, F. (2020). *Medidas de invarianza y equivarianza a transformaciones en redes neuronales convolucionales.* Tesis de doctorado, Universidad Nacional de La Plata, La Plata. doi:https://doi.org/10.35537/10915/90903
- Revista Ecoguia. (14 de Diciembre de 2018). Espantan pájaros con rayos láser. *Ecoguia Periodismo al natural*. Recuperado el 22 de Noviembre de 2022, de https://www.revistaecoguia.com/mundo/2962-espantan-pajaros-con-rayos-laser
- Rodríguez, I., Pérez, H., & Socorro, A. (Abril de 2018). Principales insectos plaga, invertebrados y vertebrados que atacan el cultivo del arroz en Ecuador. Revista Científica Agroecosistemas, 6(1), 3. doi:ISSN: 2415-2862
- Rodríguez, J. (2019). Diseño y construcción de un sistema electrónico de ahuyentamiento de aves por medoo de recursos sonoros y visuales para la protección de camppos de cultivo [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Obtenido de https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/274/R ODRIGUEZ_AYALA_JUAN_DISE%C3%91O_CONSTRUCCION_SISTE MA_ELECTR%C3%93NICO_AHUYENTAMIENTO.pdf?sequence=1&isAll owed=y

- Salamah, U., & ST, S. (2021). *Tutorial Visual Studio Code*. Media Sains Indonesia.

 Obtenido

 de

 https://jurnal.insanciptamedan.or.id/index.php/sitek/article/download/75/49
- Sánchez Núñez, C., & Monge Meza, J. (Agosto de 2022). Comunidad de aves y daños que generan en la producción agrícola en Alajuela, Costa Rica.

 **Agronomía Costarricense, 46(2), 138. doi:https://doi.org/10.15517/rac.v46i2.52053
- Santana, M. (Marzo de 2020). *Academia*. Obtenido de https://www.academia.edu/43982908/CREACION_MAQUINA_SOLDADO RA_DE_PUNTO
- Sierra, F. J. (2019). *C/C++ Curso de Programación* (4ta ed.). Madrid: RA-MA.

 Obtenido de https://es.scribd.com/book/409471803/C-C-Curso-de-programacion-4%C2%AA-edicion-PROGRAMACION-INFORMATICA-DESARROLLO-DE-SOFTWARE
- Soto , E. (2021). Python en Ingeniería en Ciencias Informáticas: proyecciones .

 Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas. Obtenido de
 https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ca
 d=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiSp4zOoMyAAxU6g4QIHd1pAfoQFnoECBo
 QAQ&url=https%3A%2F%2Fdialnet.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo
 %2F8590581.pdf&usg=AOvVaw18Gofnf3QnZw4_ni3JeuJh&opi=8997844
- Thin, S. (Junio de 2020). Detection of Faces from Images Using Haar Cascade.

 IRE Journals, 3(12), 5. doi:1SSN: 2456-8880
- Vera, D., Córdova, L., López, R., & Pacheco, S. (2019). Análisis de la metodología RUP en el desarrollo de software académico mediante la herramienta

- DJANGO. Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento, 964-979. doi:http://recimundo.com/index.php/es/article/view/486
- Zhang, Z. (2020). Técnicas de investigación cualitativa como instrumentos de enseñanza-aprendizaje de la competencia comunicativa e intercultural de estudiantes sinohablantes de ELE. *marcoELE. Revista de Didáctica Español Lengua Extranjera*, 30. Obtenido de https://www.redalyc.org/journal/921/92161847008/92161847008.pdf

9. Anexos

9.1. Anexo 1. Presupuesto del Proyecto

Tabla 7. Presupuesto del Proyecto

Items	Cant.	Pr	ecio	
Raspberry Pi 4	1	\$	270,00	
Panel solar	1	\$	150,00	
Altavoces	1	\$	40,00	
Switch	1	\$	10,00	
Pulsador y led	1	\$	3,00	
Batería	1	\$	50,00	
Estructura	1	\$	50,00	
Cámara Hikvison tubo exterior	1	\$	260,00	
Cables y conectores	1	\$	10,00	
Lenguaje de programación libres (Raspberry Pi Os,		\$	-	
C++) Total		\$	843,00	

Valores requeridos para la ejecución del proyecto Contreras y Ortiz, 2023

9.2. Anexo 2. Ficha de Observación



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS CARRERA DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

Lugar: San Jacinto de Yaguachi

Dirección: Recinto María Clotilde

Objetivo: Identificar el proceso del cultivo de arroz y los distintos métodos de dispersión de aves que habitualmente usan los agricultores, mediante la observación directa en las plantaciones de arroz para el desarrollo del sistema ahuyentador de aves.

Tabla 8. Ficha de Observación del proceso de cultivo de arroz y los métodos utilizados para ahuyentar aves que habitualmente usan los agricultores

FICHA N° 1	
Proceso para observar	Cultivo del arroz
Objetivo	Identificar el proceso del cultivo de arroz y los distintos métodos de dispersión de aves que habitualmente usan los agricultores, para el desarrollo del prototipo ahuyentador de aves.
Aspectos para observar	Hallazgos

Siembra del arroz	Cuando se siembra el arroz las aves que andan sobre el lugar las aplastan y dañan la planta
Cultivo del arroz	Las aves que pasan por el lugar molestan el proceso de crecimiento del arroz dañando la planta
Cosecha del arroz	Cuando el arroz está maduro, es decir cerca de cosechar las aves conocidas como tilingos se comen el grano disminuyendo así la producción de este
Dispersión por pirotecnia	Algunas aves están acostumbradas a algunos sonidos
Características de las aves que afectan a los arrozales	Los pájaros que atacan el arroz son los tilingos
Dispersión por espantapájaros	Los tilingos se han acostumbrado a la presencia de los espantapájaros y ruidos.
Dispersión por disparo de escopetas	Los tilingos se desplazan a otro lugar hasta que la persona se vaya
Dispersión por ruido o presencia de personas	Los tilingos se desplazan a otro lugar hasta que la persona se vaya
Dispersión por veneno	Causa daño a las plantas y a los humanos

Aspectos y hallazgos encontrados al observar el proceso de cultivo y ahuyentamiento de aves.
Contreras y Ortiz, 2022

9.3. Anexo 3. Resultados de la técnica de observación

El proceso para el cultivo de arroz comienza con el preparado del terreno donde se va a sembrar el arroz luego se siembra de a mata el arroz o al arboleo, pero al segundo o tercer día de sembrado las aves empiezan a llegar en busca de alimentos como insectos y caracoles; al hacer esto aplastan las matitas de arroz dañándolas y causando que el agricultor tenga que resembrar en el área donde han dañado las plantas. Luego en el proceso de cosecha el principal alimento de aves conocidas como los tilingos es el arroz, lo cual hace que el agricultor tenga que usar diversos métodos para ahuyentarlas.

Por este motivo surgió la necesidad de automatizar este proceso de ahuyentar aves para que el agricultor no gaste dinero ni tiempo utilizando estos métodos que ya no funcionan. El sistema ahuyentador detectara las aves a través de una cámara y emitirá sonidos con el fin de espantar las aves y así estas no afecten al cultivo de arroz.

9.4. Anexo 4. Resultados de la entrevista realizada al dueño de la finca



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

Entrevistado: Aurelio Sergio Contreras Espinoza

Entrevistadores: Sergio Isaac Contreras Moran, Alexander Francisco Ortiz

Robles

Objetivo: Identificar los problemas que causan las aves sobre el cultivo de arroz mediante preguntas abiertas dirigidas al dueño del lugar para la búsqueda de una solución óptima para dispersas a las aves.

¿Por qué considera que las aves representan una plaga para el cultivo de arroz?

Porque causan muchos daños al cultivo del arroz, produciendo una baja producción del mismo ya que se lo comen y solo dejan la cascara.

2. ¿Desde cuándo las aves empezaron a ser una plaga para el cultivo de arroz?

Desde hace muchos años las aves vienen afectando, pero con el paso del tiempo afectan más.

3. ¿Qué métodos utiliza para espantar a las aves (tilingos)?

Siempre se ha usado espantapájaros, cintas de casetes viejos para que con el viento hagan ruido, venenos y pirotecnia, pero las aves se están acostumbrando a ellos.

4. ¿Cuál método resulta más efectivo para espantar a las aves (tilingos)? El método que resulta más efectivo es el uso de pirotecnia, pero no por mucho tiempo ya que después de un tiempo las aves vuelven.

5. ¿En qué etapa del proceso del cultivo del arroz atacan más las aves? Las aves atacan más al final del proceso de cultivo del arroz, es decir, en la cosecha, comiéndose el grano.

6. ¿Qué daño causan las aves al cultivo de arroz?

En la etapa de siembra cuando la matita tiene entre unos 20 a 30 cm, las aves en busca de alimentos como insectos se paran sobre la matita y la

quiebran lo cual hace que tenga que volver a resembrar sobre los lugares afectados.

7. ¿Cuánta cantidad de arroz se estima que se pierde?

Las aves hacen que en el momento de la cosecha del arroz este disminuya en los sacos que da, esto varía entre unos 2 a 3 sacos. Teniendo en cuenta que la media cuadra da un total de 10 sacos.

8. ¿Cree usted que con el uso de la tecnología se podría resolver esta problemática?

Si, la tecnología ha aumentado mucho y ha ayudado y fortalecido muchas áreas relacionadas a la agricultura, así como también ha logrado potenciarla, desde mi perspectiva creo que sí es una opción viable como solución al inconveniente con la presencia de las aves en los cultivos.

Análisis de la entrevista. – La aparición de las aves en los cultivos de arroz han venido afectado a este en los diferentes ciclos de siembra, lo que ocasiona una reducción importante en la producción de arroz, además el agricultor ha tendido que gastar en pirotecnia o personas que ahuyenten las aves para sobrellevar esta problemática. Según la información obtenida resultaría más factible el uso de diferentes tipos de ruidos para que el ave no se acostumbre a uno solo y así tener más efectividad al momento de ahuyentarlas.

9.5. Anexo 5. Requerimientos Funcionales

Tabla 9. Listado de los requerimientos funcionales

N° Requisito	Descripción	Prioridad
RF01	El sistema deberá encender una vez que se halla activado el interruptor	Media
RF02	El sistema detectara aves mediante la cámara	Media
RF03	El sistema deberá detectar movimiento a través de los sensores	Media

RF04	El sistema deberá activar los altavoces una vez que haya detectado las aves	Alta
RF05	El sistema deberá activar el láser una vez que detecte presencia de aves	Alta
RF06	El sistema deberá tener una estructura que resista el tipo de suelo del lugar	Media
RF07	El sistema reconocerá aves	Alta
RF08	El sistema ahuyentara aves	Alta

Lista de los requerimientos funcionales del sistema Contreras y Ortiz, 2023

9.6. Anexo 6. Requerimientos no Funcionales

Tabla 10. Listado de los requerimientos no funcionales

N° Requisito	Descripción
RNF01	El sistema trabajara con infrarrojo
RNF02	El sistema identificara al ave en un tiempo de 30 s
RNF03	El sistema trabajara las 24 horas
RNF04	El sistema deberá apagarse por la noche
RNF05	El sistema contara con una cámara HD
RNF06	El sistema reconocerá personas
RNF07	El sistema se encenderá solo por las mañanas
RNF08	El sistema apagarse en la tarde

Lista de los requerimientos no funcionales del sistema Contreras y Ortiz, 2023

9.7. Anexo 7. Diagrama de estado

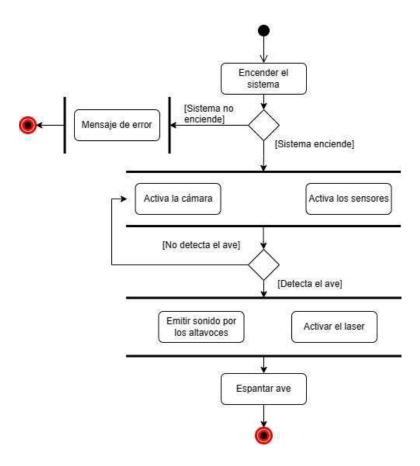


Figura 1. Diagrama de estado Contreras y Ortiz, 2023

9.8. Anexo 8. Diagrama de Secuencia

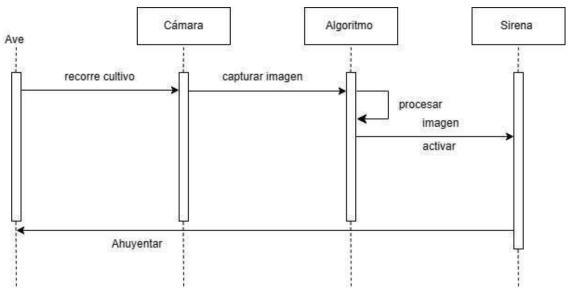


Figura 2. Diagrama de secuencia Contreras y Ortiz, 2023

9.9. Anexo 9. Diagrama electrónico

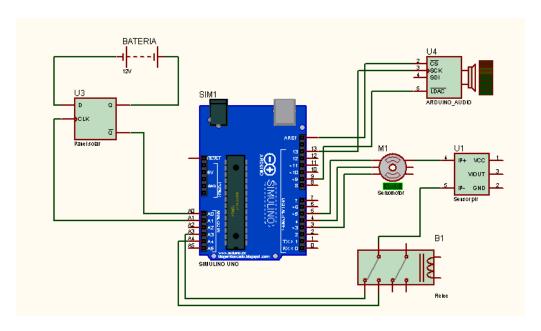


Figura 3. Diagrama eléctrico Contreras y Ortiz, 2023

9.10. Anexo 10. Arquitectura del sistema

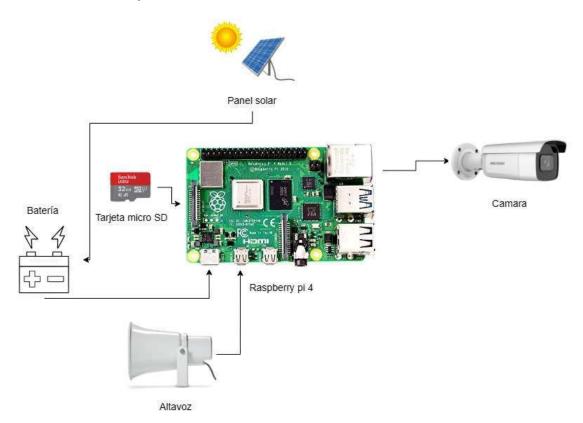


Figura 4 Arquitectura del sistema Contreras y Ortiz, 2023

9.11. Anexo 11. Funcionamiento del sistema



Figura 5 Funcionamiento del sistema Contreras y Ortiz, 2023

9.12. Anexo 12. Características del Raspberry Pi 4 Model B

Tabla 11. Características del Raspberry Pi 4

Característica	Descripción
Procesador	Broadcom BCM2711, CPU ARM Cortex-A72 de 64 bits con 4 núcleos a 1.5 GHz (puede llegar a 1.8 GHz en modo Turbo)
GPU	VideoCore VI compatible con OpenGL ES 3.x
Memoria	4 GB de SDRAM LPDDR4-3200
Almacenamiento	Ranura para tarjeta microSD para almacenamiento del sistema operativo y datos
Conectividad	Gigabit Ethernet, Wi-Fi 802.11ac, Bluetooth 5.0 BLE
Puertos USB	2 puertos USB 2.0, 2 puertos USB 3.0
Salida de video	2 puertos micro HDMI (compatible con resolución de hasta 4K
Audio	a 60 fps) Salida de audio de 3.5 mm, salida de video HDMI
Alimentación	Puerto USB-C para alimentación, compatible con fuentes de alimentación USB-PD (Power Delivery)
Sistema operativo	Compatible con una variedad de sistemas operativos, incluyendo Raspberry Pi OS (anteriormente conocido como Raspbian), Ubuntu, y otros
Dimensiones	88 mm × 58 mm × 19.5 mm

Características de la Raspberry Pi 4 model b Contreras y Ortiz, 2023

9.13. Anexo 13. Raspberry Pi 4



Figura 6 Raspberry Pi 4 Model B Contreras y Ortiz, 2023

9.14. Anexo 14. Características de la cámara

Tabla 12. Características de la cámara

Característica	Descripción
Resolución de imagen	Hasta 8 megapíxeles (3840 x 2160)
Sensor de imagen	CMOS de escaneo progresivo
Lente	Varifocal motorizado de 2.8 mm a 12 mm
Ángulo de visión	109.4° a 28.2°
Compresión de video	H.265+, H.265, H.264+, H.264
Rango dinámico amplio (WDR)	WDR digital de 120 dB
Visión nocturna	Iluminación IR de hasta 30 metros
Protección contra el clima	IP67 (resistente al agua y al polvo)
Condiciones de funcionamiento	-30 °C a 60 °C (-22 °F a 140 °F)
Alimentación	12 VDC ± 25%, PoE (802.3at, clase 4)

Almacenamiento en tarjeta microSD	Admite tarjetas microSD de hasta 256 GB (no incluida)
Protocolos de red	TCP/IP, ICMP, HTTP, HTTPS, FTP, DHCP, DNS, DDNS, RTP, RTSP, RTCP, NTP, SMTP, SNMP, QoS, ONVIF, etc.
Dimensiones	Φ 144.17 mm × 332.73 mm (Φ 5.68" × 13.10")

Peso Aproximadamente 1800 g (3.97 lb)

Características de la Chamara hikvison tubo exterior modelo ds-2cd2683g2-izs Contreras y Ortiz, 2023

9.15. Anexo 15. Cámara Hikvision IP tubo exterior Modelo ds-2cd2683g2-izs



Figura 7 Cámara Hikvision Contreras y Ortiz, 2023



Figura 8 Cámara Hikvison tubo exterior Contreras y Ortiz, 2023

9.16. Anexo 16. Activación y configuración de la cámara

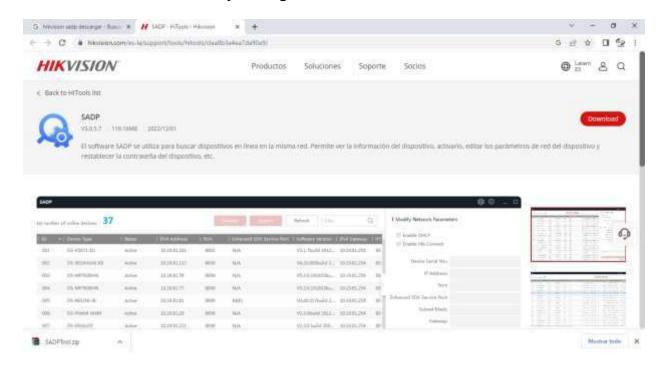


Figura 9 Configuración de la cámara Contreras y Ortiz, 2023

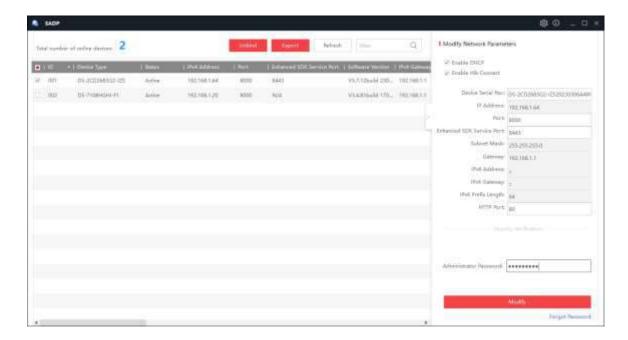


Figura 10 Configuración de la dirección ip Contreras y Ortiz, 2023

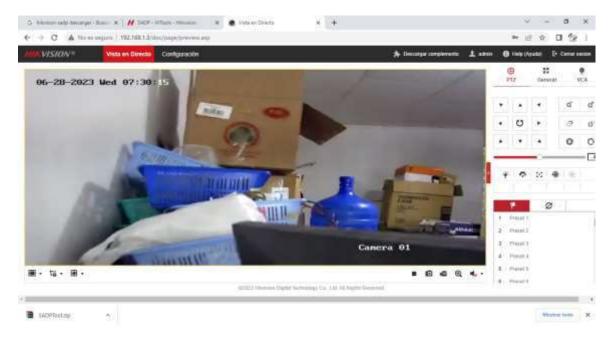


Figura 11 Activación de la cámara Contreras y Ortiz, 2023

9.17. Anexo 17. Cálculo del sistema Fotovoltaico

Tabla 13. Cálculo del sistema fotovoltaico

Componente	Consumo de energía	C/E durante 12 h
Raspberry Pi 4	4 W	48 W
Altavoz bocina ip65	30 W	360 W
Cámara hikvison	15 W	180 W
Switch	2 W	24 W

Total, consumo	51 W	612 W	

Cálculo del consumo de energía para el sistema fotovoltaico Contreras y Ortiz, 2023

9.18. Anexo 18. Características de la batería

Tabla 14. Características de la batería

Atributo	Valor
Capacidad	51 Ah
Tensión Nominal	12V
Construcción	AGM
Tipo de Terminal	M5
Dimensiones	197 x 165 x 175mm
Peso	15.3kg
Diseñado para aplicaciones periódicas	Sí
Diseñado para aplicaciones intensivas	No
Clasificación Eurobat	6 a 9 años
Rango de Temperatura de Funcionamiento	-15 → +50°C

Características de la Batería Contreras y Ortiz, 2023

9.19. Anexo 19. Características del Panel solar

Tabla 15. Características del Panel solar

Descripción
80W
Policristalino
Rígido
Largo x Ancho x Grueso (mm) 1030 x 670 x 35 mm
0,16
6.8 Kg
5 años

Características del panel solar Contreras y Ortiz, 2023

9.20. Anexo 20. Características de los altavoces

Tabla 16. Características de la bocina

Especificaciones	Descripción
Tipo De Sistema	Bocina exponencial
Potencia nominal	30 W
Alimentación	12 V
Protección	IP-65

Características del sistema de altavoces para ahuyentar a las aves Contreras y Ortiz, 2023

9.21. Anexo 21. Características del gabinete

Tabla 17. Características del gabinete

Característica	Descripción
Marca	Rittal
Clasificación de protección IP	IP66
Protección contra polvo	Total
Protección contra líquidos	Resistente a chorros potentes de agua desde cualquier dirección
Material	Acero inoxidable
Diseño de la puerta	Puerta sólida
Sistema de cierre	Cierre de cuarto de vuelta con opción de cerradura
Entradas de cable	Conductos de cable
Montaje	Montaje en poste
Dimensiones	30x30
Recubrimiento	Acabado de acero inoxidable

Características del gabinete donde van los componentes Contreras y Ortiz, 2023

9.22. Anexo 22. Estructura



Figura 12. Estructura Contreras y Ortiz, 2023

9.23. Anexo 23. Arquitectura de la estructura

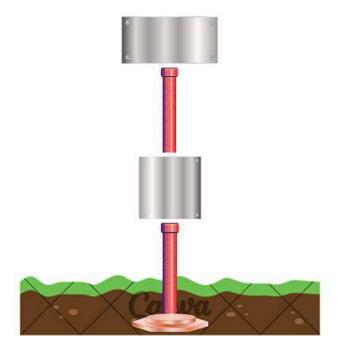


Figura 13. Arquitectura de la estructura Contreras y Ortiz, 2023

9.24. Anexo 24. Instalación del sistema Operativo Rasberry Pi Os (Raspbian)

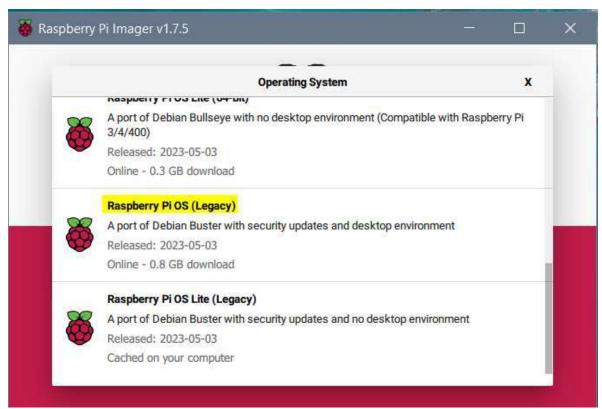


Figura 14. Instalación del sistema operativo Contreras y Ortiz, 2023

9.25. Anexo 25. Configuración vía SSH

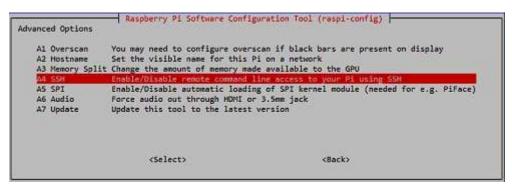


Figura 15. Activación de la conexión SSH Contreras y Ortiz, 2023

9.26. Anexo 26. Configuración de la red local

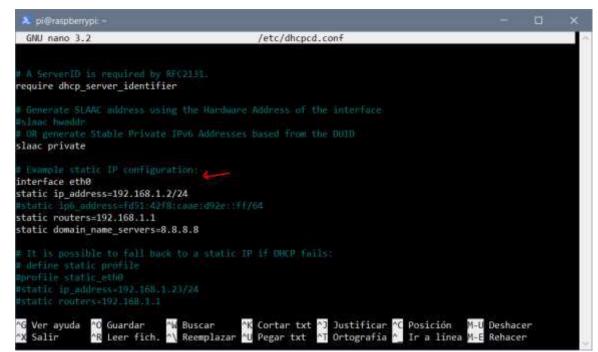


Figura 16. Configuración de la red local Contreras y Ortiz, 2023

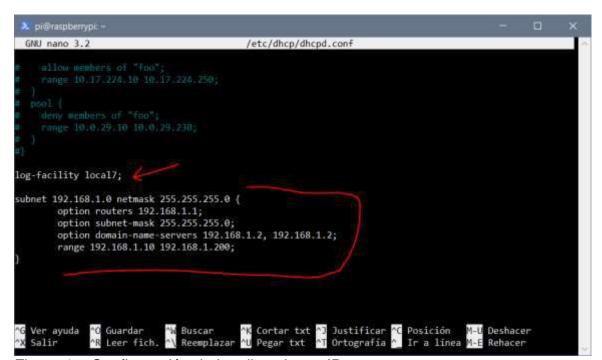


Figura 17. Configuración de las direcciones IP Contreras y Ortiz, 2023

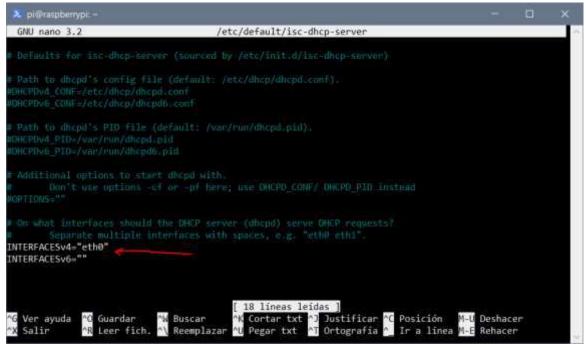


Figura 18. Configuración de las interfaces Contreras y Ortiz, 2023

9.27. Anexo 27. Instalación de la librería Open CV

```
pi@raspberrypi:~ $
pi@raspberrypi:~ $
pi@raspberrypi:~ $
pi@raspberrypi:~ $ python3
Python 3.7.3 (default, Jun 29 2023, 18:03:57)
[GCC 8.3.0] on linux
Type "help", "copyright", "credits" or "license" for more information.
>>>
>>> import cv2
>>>
>>> cv2.__version__
'3.2.0'
>>> ■
```

Figura 19. Comprobación de la instalación de la librería Open CV Contreras y Ortiz, 2023

9.28. Anexo 28. Método Utilizado

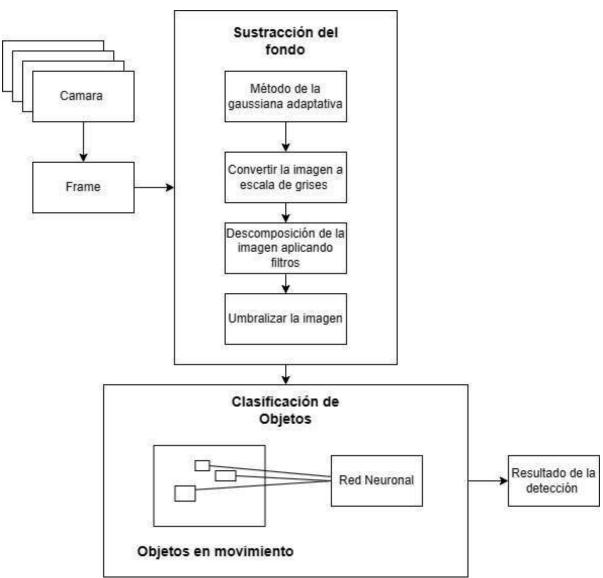


Figura 20. Método utilizado Contreras y Ortiz, 2023

9.29. Anexo 29. Sustracción del fondo



Figura 21. Obtención de las imágenes Contreras y Ortiz, 2023

9.30. Anexo 30. Imagen a escala de grises



Figura 22. Imagen a escala de grises Contreras y Ortiz, 2023

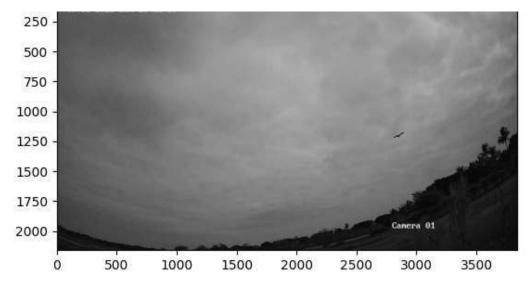
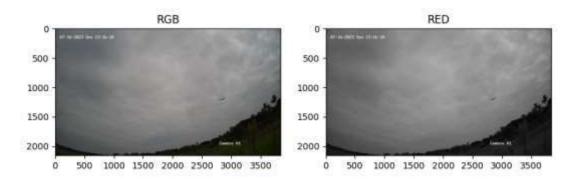


Figura 23. Imagen en la matriz a escala de grises Contreras y Ortiz, 2023

9.31. Anexo 31. Extracción del color



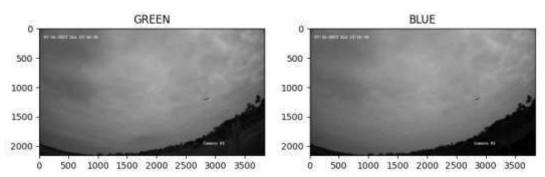


Figura 24. Extracción del color de las imágenes Contreras y Ortiz, 2023

9.32. Anexo 32. Aplicación de filtros



Figura 25. Umbralizacion de la imagen Contreras y Ortiz, 2023

9.33. Anexo 33. Clasificación de los Objetos

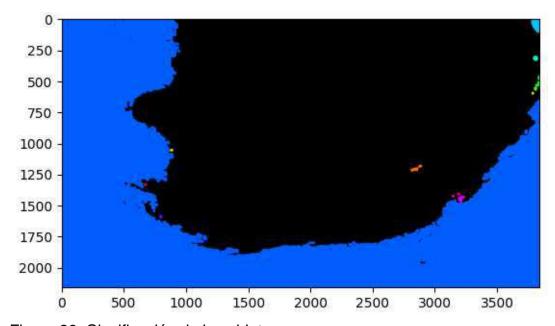


Figura 26. Clasificación de los objetos Contreras y Ortiz, 2023

9.34. Anexo 34. Imagen recortada



Figura 27. Imagen recortada con el ave Contreras y Ortiz, 2023

9.35. Anexo 35. Imágenes con aves

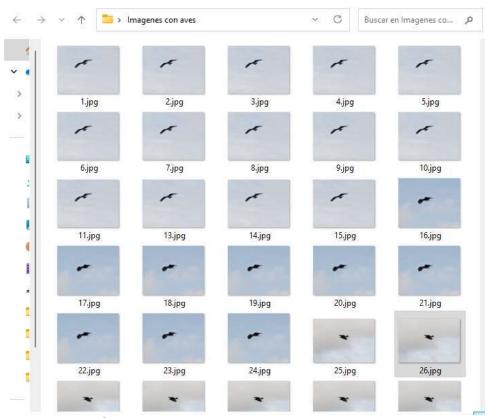


Figura 28. Imágenes con aves Contreras y Ortiz, 2023

9.36. Anexo 36. imágenes sin aves

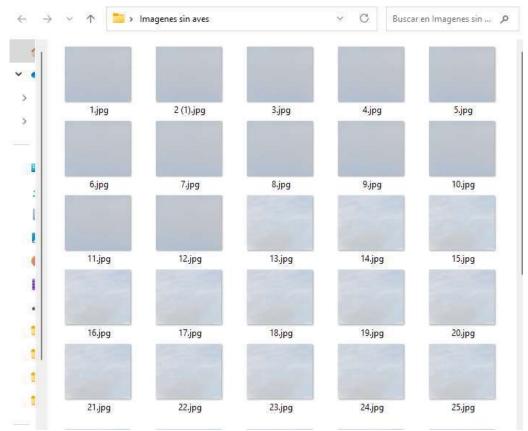


Figura 29. Imágenes sin aves Contreras y Ortiz, 2023

9.37. Anexo 37. Pruebas de funcionamiento del sistema



Figura 30. Prueba de funcionamiento Contreras y Ortiz, 2023



Figura 31. Ajuste del visón de la cámara Contreras y Ortiz, 2023

9.38. Anexo 38. Instalacion de la camara en la estructura



Figura 32. Instalación de la cámara en la estructura Contreras y Ortiz, 2023



Figura 33. instalación de la cámara en la estructura de acero Contreras y Ortiz, 2023

9.39. Anexo 39. Instalacion de los altavoces



Figura 34. Instalación de los altavoces Contreras y Ortiz, 2023

9.40. Anexo 40. Ensamblaje de los dispositivos en el gabinete



Figura 35. Puesta de los componentes en el gabinete Contreras y Ortiz, 2023



Figura 36. Armado de los dispositivos Contreras y Ortiz, 2023

9.41. Anexo 41. Armado y emsamblaje de las sirenas



Figura 37. Armado de las sirenas Contreras y Ortiz, 2023



Figura 38. Ensamblaje de las sirenas Contreras y Ortiz, 2023

9.42. Anexo 42. Manual de usuario



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS CARRERA DE COMPUTACIÓN

MANUAL DE USUARIO - SISTEMA AUTOMATIZADO AHUYENTADOR DE AVES PARA LAS PLANTACIONES DE ARROZ

Elaborado por:

Contreras Moran Sergio Isaac

Ortiz Robles Alexander Francisco

Agosto de 2023

1. Introducción

1.1 Presentación del sistema y su propósito

El sistema automatizado ahuyentador de aves para las plantaciones de arroz tiene como objetivo principal detectar y ahuyentar aves que se encuentren cercanas al cultivo de arroz, para hacer que estas no causen daño al cultivo y así el agricultor no tenga disminución de la producción de arroz al momento de la cosecha del mismo.



1.2 Descripción general de las funciones y características del sistema

Este sistema es una solución inteligente que utiliza la tecnología de procesamiento de imágenes y algoritmos de Mezcla Gaussiana Adaptativa para detectar aves en tiempo real en un área específica. El sistema se implementa utilizando una Raspberry Pi 4, una cámara IP, un switch, altavoces, un panel solar y una batería para alimentación.

1.2.1 Funciones y Características del Sistema:

 Detección de Aves en Movimiento: La función principal del sistema es detectar aves que se mueven dentro del área de cobertura de la cámara
 IP. El algoritmo de Mezcla Gaussiana Adaptativa se utiliza para identificar las áreas con cambios significativos en las imágenes, lo que indica la presencia de aves.

- Procesamiento de Imágenes en Tiempo Real: El sistema es capaz de procesar las imágenes capturadas por la cámara IP en tiempo real para detectar aves de manera eficiente y rápida.
- Alertas y Notificaciones: Cuando el sistema detecta la presencia de aves en movimiento, activa el sistema de altavoces para espantar a las aves y evitar daños. Además, muestra un mensaje de "Ave detectada" en la interfaz de usuario.
- Conectividad de Red: El sistema está diseñado para operar en una red local y utiliza un switch para proporcionar conectividad entre la Raspberry Pi 4, la cámara IP y otros dispositivos
- Alimentación Solar y Autónoma: El sistema es autónomo y se alimenta mediante un panel solar y una batería, lo que lo hace ideal para ubicaciones remotas o donde no hay suministro de energía eléctrica.
- Interfaz de Usuario Amigable: El sistema cuenta con una interfaz de usuario amigable, que permite al usuario interactuar con el sistema de una manera sencilla.
- Mantenimiento y Actualizaciones: El sistema incluye instrucciones técnicas para el mantenimiento y limpieza de los componentes.
- Monitoreo Remoto: En algunos casos, se pueden incorporar dispositivos de gestión remota que permiten monitorear y administrar el sistema de forma remota.

El sistema de detección de aves es una herramienta eficaz para proteger áreas vulnerables de las aves y prevenir daños. Su implementación en ubicaciones

remotas y sin suministro de energía lo hace ideal para diversas aplicaciones, como campos agrícolas, parques solares y áreas naturales.

1.3 Requisitos mínimos del sistema para su funcionamiento

- Raspberry Pi 4: Se requiere una Raspberry Pi 4 como unidad central de procesamiento. Se recomienda una Raspberry Pi 4 con al menos 2 GB de RAM para un rendimiento óptimo.
- Cámara IP: Se necesita una cámara IP para capturar imágenes en tiempo real de la zona de detección de aves. La cámara IP debe ser compatible con la Raspberry Pi 4 y proporcionar una calidad de imagen adecuada.
- Panel Solar: Se requiere un panel solar para capturar energía solar y alimentar el sistema. El panel solar debe tener suficiente capacidad para cargar la batería y suministrar energía al sistema durante el funcionamiento.
- Batería: Una batería de almacenamiento de energía es esencial para mantener el sistema funcionando durante las horas en las que no hay suficiente luz solar. La capacidad de la batería debe ser suficiente para alimentar el sistema durante el tiempo de funcionamiento deseado.
- Switch o Router: Se necesita un switch o un router para proporcionar conectividad de red entre la Raspberry Pi 4, la cámara IP y otros dispositivos en la red local.
- Altavoces con Amplificador de Audio: Se requiere un sistema de altavoces con amplificador de audio para emitir sonidos de depredadores y espantar a las aves detectadas.

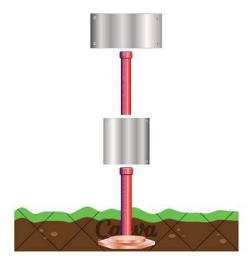
- Tarjeta microSD: La Raspberry Pi 4 necesita una tarjeta microSD con capacidad suficiente para almacenar el sistema operativo y el software necesario.
- Sistema Operativo Raspberry Pi OS: El sistema operativo Raspberry Pi OS

 (anteriormente Raspbian) es necesario para el funcionamiento de la
 Raspberry Pi 4 y el software del sistema.
- Software de Procesamiento de Imágenes: Se necesita el software de procesamiento de imágenes que implemente el algoritmo de Mezcla
 Gaussiana Adaptativa para la detección de aves en movimiento.
- Interfaz de Usuario: Se recomienda tener una interfaz de usuario amigable,
 para permitir la interacción con el sistema.

2. Implementación del sistema

2.1 Instrucciones para montar y configurar el hardware

El sistema debe constar con una estructura de tubo galvanizado con una altura que este entre 2,5 y 3 metros y una base metálica que va a estar instalada debajo del suelo para que resista las diferentes condiciones climáticas. Tendrá un gabinete con clasificación ip66 para que resista las condiciones del lugar, en el estará ubicado el sistema de control, este estará ubicado a una altura que pueda ser manipulado por el usuario. Mas arriba estará ubicada una cámara exterior con los altavoces que son los encargados de emitir el audio para espantar las aves, y en la parte de arriba estará ubicado el panel solar que será el encargado de suministrar la energía a la batería para que se energicen todos los dispositivos y el sistema funcione.



2.2 Configuración inicial del sistema

Para la configuración inicial del sistema se necesitó de una laptop con puerto ethernet, para conectarla al switch con cable ethernet y así poder conectarse a la red local del sistema y así acceder al escritorio de la raspberry pi y poner a funcionar el código, además también para visualizar y realizar las configuraciones de la cámara.



3. Uso del Sistema

3.1 Encendido y apagado del sistema

El sistema se caracteriza por ser de fácil uso por ende contara con un interruptor para encender y apagar el sistema.

3.2 Interfaz de usuario y navegación

La interfaz de usuario del sistema es muy amigable y de fácil uso, estará ubicada en la parte principal del gabinete y consta de un interruptor y un led que enciende cuando el sistema está funcionando y se apaga cuando el sistema ni está funcionando.



4. Método utilizado para la detección de aves

La Mezcla Gaussiana Adaptativa es un algoritmo de procesamiento de imágenes ampliamente utilizado para la detección de objetos en movimiento en secuencias de video o imágenes en tiempo real. Este algoritmo es particularmente útil en escenarios donde el fondo es estático o cambia lentamente, mientras que los objetos de interés, como las aves en este caso, se mueven dentro del campo de visión de la cámara.

4.1 Funcionamiento del Algoritmo:

 Modelo de Fondo: El algoritmo construye un "modelo de fondo" que representa las características del fondo estático en la secuencia de video.
 Este modelo incluye la distribución de colores y texturas que se encuentran en el fondo.

- Actualización del Modelo: A medida que la secuencia de video avanza, el algoritmo adapta continuamente el modelo de fondo a las condiciones cambiantes del entorno. Para lograr esto, el algoritmo utiliza una técnica de "actualización" para ajustar gradualmente el modelo y eliminar los cambios lentos en el fondo.
- Segmentación del Movimiento: Con el modelo de fondo actualizado, el algoritmo compara cada nuevo cuadro de video con el modelo para determinar si un píxel específico ha cambiado lo suficiente como para ser considerado como un objeto en movimiento.
- Modelo de Mezcla Gaussiana: El algoritmo utiliza un modelo de "mezcla
 Gaussiana" para representar las características de los píxeles que han
 cambiado en el cuadro actual. Este modelo estima las distribuciones de
 colores y texturas asociadas con los objetos en movimiento.
- Umbrales de Detección: Para identificar los píxeles que pertenecen a un objeto en movimiento, se utilizan umbrales adaptativos que determinan cuándo un píxel se considera una parte significativa de un objeto. Los píxeles que superan estos umbrales se etiquetan como "píxeles en movimiento".
- Actualización de Píxeles: Los píxeles que se detectan como parte del fondo estático se actualizan en el modelo de fondo para reflejar los cambios en el entorno.

4.2 Posibles desafíos y consideraciones para una detección precisa

Algunos de los desafíos más comunes son:

• Iluminación cambiante: Variaciones en la iluminación natural, como cambios en la intensidad de la luz solar o sombras en el área de detección,

pueden afectar la precisión de la detección. Es importante tener en cuenta estos cambios y utilizar técnicas de preprocesamiento de imágenes para normalizar la iluminación.

- Fondos complejos: Fondos con patrones complejos o en movimiento, como árboles moviéndose por el viento, pueden generar falsas alarmas en el sistema de detección. La adaptación del modelo de fondo y la configuración adecuada de los umbrales de detección pueden ayudar a reducir este problema.
- Superposición de objetos: Si hay objetos superpuestos en la imagen, como aves volando cerca de árboles u otros objetos, puede ser difícil separar y detectar adecuadamente cada objeto individual. Estrategias avanzadas de segmentación de objetos y el uso de algoritmos de seguimiento pueden abordar este desafío.
- Ruido y perturbaciones: El ruido en las imágenes o perturbaciones causadas por elementos no deseados, como insectos volando, pueden generar falsas detecciones. Utilizar técnicas de filtrado y eliminación de ruido, junto con el ajuste adecuado de los parámetros del algoritmo, puede ayudar a mitigar este problema.
- Tamaño y velocidad de las aves: Las aves pueden variar en tamaño y velocidad de vuelo, lo que puede afectar la apariencia y características de los objetos en movimiento. Ajustar los umbrales de detección y considerar diferentes escalas de detección puede ser necesario para capturar aves de diferentes tamaños.
- Apariciones y desapariciones rápidas: Las aves pueden aparecer o desaparecer rápidamente del campo de visión de la cámara, lo que puede

causar dificultades en la detección. Técnicas de detección y seguimiento robustas pueden ayudar a mantener el seguimiento de las aves incluso en condiciones cambiantes.

- Detección de especies específicas: Si el sistema se utiliza para detectar especies de aves específicas, es importante considerar las características distintivas de esas especies para mejorar la precisión de la detección.
- Consumo de recursos: Algoritmos complejos de procesamiento de imágenes pueden requerir recursos computacionales significativos. Es importante optimizar el algoritmo y el código para garantizar un rendimiento eficiente en la Raspberry Pi u otro hardware utilizado.
- Variaciones climáticas: Condiciones climáticas adversas, como Iluvia intensa, pueden afectar la calidad de las imágenes y la detección de aves.
 Planificar medidas adicionales para proteger la cámara y mantener la visibilidad puede ser útil en estos casos.

Para abordar estos desafíos, es fundamental realizar pruebas exhaustivas y ajustar adecuadamente los parámetros del algoritmo para adaptarse al entorno específico donde se implementará el sistema. Además, se puede utilizar aprendizaje automático y técnicas avanzadas de procesamiento de imágenes para mejorar la precisión y robustez del sistema de detección de aves en movimiento.

5. Ahuyentamiento de las Aves

5.1 Uso del sistema de altavoces para espantar a las aves detectadas

Para espantar a las aves se utilizarán dos bocinas con clasificación ip65, las cuales emitirán un ruido molesto para las aves y estás puedan ser ahuyentadas correctamente.



6. Mantenimiento

6.1 Instrucciones para el mantenimiento y limpieza de los componentes del sistema.

6.1.1 Mantenimiento y Limpieza de los Componentes del Sistema:

Raspberry Pi 4:

- Mantén la Raspberry Pi 4 en un lugar seco y bien ventilado para evitar el sobrecalentamiento.
- Verifica periódicamente que no haya acumulación de polvo o suciedad en los puertos y conectores de la Raspberry Pi. Si es necesario, utiliza aire comprimido o un cepillo suave para limpiarlos.
- Realiza actualizaciones regulares del sistema operativo y el software para mantener el sistema actualizado y seguro.

Cámara IP:

- Limpia la lente de la cámara IP regularmente con un paño suave y limpio para evitar que el polvo o la suciedad afecten la calidad de las imágenes.
- Asegúrate de que la cámara esté correctamente orientada y ajustada para capturar las imágenes adecuadamente.

Switch o Router:

- Verifica periódicamente que los cables Ethernet estén conectados de manera segura y que no haya cortes o daños en los cables.
- Realiza pruebas de conectividad para asegurarte de que el switch o router funcione correctamente y que todos los dispositivos estén conectados a la red.

Altavoces con Amplificador de Audio:

- Limpia los altavoces y el amplificador de audio con un paño suave para eliminar el polvo y la suciedad que puedan afectar la calidad del sonido.
- Verifica que los cables de audio estén conectados de manera segura y que no haya daños en los cables.

Panel Solar y Batería:

- Limpia el panel solar regularmente para asegurarte de que esté libre de polvo y suciedad que puedan reducir su eficiencia.
- Verifica periódicamente el estado de la batería y su nivel de carga. Si es necesario, realiza una carga completa de la batería para mantener su capacidad de suministro de energía.

Suministro de Energía:

- Verifica que todos los cables de alimentación estén conectados de manera segura y que no haya cortes o daños en los cables.
- Asegúrate de que la batería esté correctamente conectada a la Raspberry
 Pi 4 y a otros componentes para proporcionar energía de manera adecuada.

Limpieza General:

- Realiza una limpieza general del sistema periódicamente para eliminar el polvo y la suciedad que puedan afectar el rendimiento y la calidad de las imágenes.
- Verifica que todos los componentes estén asegurados correctamente y que no haya cables sueltos o conexiones dañadas.

Seguridad y Protección:

- Implementa medidas de seguridad física para proteger el sistema contra robos o daños.
- Asegúrate de que los componentes estén protegidos contra condiciones climáticas adversas, como lluvia o nieve.

El mantenimiento y la limpieza regular de los componentes del sistema son fundamentales para garantizar un funcionamiento óptimo y prolongar la vida útil del sistema. Realizar un mantenimiento adecuado ayudará a prevenir problemas y a mantener la precisión y confiabilidad de la detección de aves en movimiento.

9.43. Anexo 43. Manual Técnico



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS CARRERA COMPUTACIÓN

MANUAL TÉCNICO - SISTEMA AUTOMATIZADO AHUYENTADOR DE AVES PARA LAS PLANTACIONES DE ARROZ

Elaborado por:

Contreras Moran Sergio Isaac

Ortiz Robles Alexander Francisco

Agosto de 2023

1. Introducción

1.1. Descripción del sistema

El sistema ahuyentador de aves es un conjunto de hardware y software que utiliza tecnologías de visión por computadora y detección de movimiento para identificar y rastrear aves en un área específica. El sistema está diseñado para operar de manera autónoma y se alimenta de energía solar para su funcionamiento continuo en lugares remotos donde no hay suministro eléctrico disponible.

El núcleo del sistema está compuesto por una Raspberry Pi 4, que actúa como el cerebro del sistema y procesa las imágenes capturadas por una cámara IP conectada. La cámara IP se coloca estratégicamente para cubrir el área donde se espera la presencia de aves. A través de algoritmos de visión por computadora, la Raspberry Pi 4 analiza las imágenes y detecta la presencia de aves en movimiento en tiempo real.

Además de la detección de aves, el sistema está equipado con un sistema de altavoces que puede reproducir sonidos o alertas para espantar a las aves detectadas, ayudando así a proteger áreas agrícolas, jardines o instalaciones de daños causados por las aves.

1.2. Propósito Técnico

El propósito técnico del sistema es proporcionar una solución automatizada y autónoma para la identificación y rastreo de aves en tiempo real. Al utilizar tecnologías avanzadas de visión por computadora, el sistema puede monitorear áreas extensas de manera continua y eficiente, lo que sería difícil o costoso de realizar mediante métodos tradicionales de observación humana.

1.2.1. Objetivos técnicos

- Detección precisa de aves: El algoritmo de detección de aves, basado en métodos como la mezcla gaussiana adaptativa, está diseñado para detectar con precisión la presencia de aves en movimiento y evitar falsos positivos.
- Monitoreo continuo: El sistema opera de manera autónoma y continua, lo que permite un monitoreo constante y sin interrupciones de la presencia de aves en el área vigilada.
- Eficiencia energética: Al ser alimentado por un panel solar y una batería, el sistema está diseñado para ser energéticamente eficiente y sostenible, lo que lo hace adecuado para su despliegue en áreas remotas sin acceso a energía eléctrica.
- Repulsión de aves: El sistema de altavoces proporciona una función adicional para disuadir a las aves detectadas, lo que ayuda a proteger cultivos y áreas vulnerables.

En resumen, el sistema tiene como propósito técnico proporcionar una solución eficiente y sostenible para la identificación, rastreo y repulsión de aves en áreas específicas, lo que contribuye a la protección de cultivos y áreas vulnerables a los daños causados por las aves.

1.3. Requisitos técnicos

Hardware:

 Raspberry Pi 4: Se recomienda el modelo Raspberry Pi 4 con suficiente capacidad de RAM y almacenamiento para ejecutar el software de detección y procesar las imágenes.

- Cámara IP: Una cámara IP de alta resolución y calidad que sea compatible con la Raspberry Pi 4 y que permita la captura de imágenes o video de aves en movimiento.
- Panel Solar: Un panel solar con una capacidad adecuada para alimentar la Raspberry Pi 4 y otros componentes del sistema.
- Batería: Una batería con capacidad suficiente para almacenar energía generada por el panel solar y mantener el funcionamiento del sistema durante períodos prolongados sin luz solar.
- Switch: Un switch Ethernet para conectar la cámara IP y la Raspberry Pi 4
 en una red local.
- Sistema de Altavoces: Un sistema de altavoces que permita la reproducción de sonidos.

Software:

- Sistema Operativo: Se requiere un sistema operativo compatible con la Raspberry Pi 4, como Raspbian (ahora conocido como Raspberry Pi OS) u otra distribución de Linux.
- OpenCV: La biblioteca de código abierto OpenCV se utiliza para implementar los algoritmos de visión por computadora y la detección de aves en movimiento.
- Bibliotecas y Dependencias: Otros componentes de software y bibliotecas necesarios para el funcionamiento del sistema, como bibliotecas de comunicación de red, controladores de la cámara IP, etc.
- Interfaz de Usuario: Una interfaz de usuario de fácil uso.
- Modelo: Raspberry Pi 4 con suficiente RAM (4 GB) para el procesamiento eficiente de imágenes.

- Almacenamiento: Tarjeta microSD de alta calidad y capacidad (por ejemplo, 32 GB) para el sistema operativo y el almacenamiento de datos.
- Conexiones: Puerto USB-C para la alimentación, puertos USB para periféricos, puerto Ethernet para la conexión a la red local.

Cámara IP:

- Resolución: Se recomienda una cámara IP de alta resolución, como 1080p
 o superior, para obtener imágenes claras y detección precisa de aves.
- Protocolos de Comunicación: La cámara IP debe ser compatible con protocolos estándar de comunicación, como HTTP o RTSP, para transmitir datos a la Raspberry Pi 4.

Panel Solar y Batería:

- Capacidad: La capacidad del panel solar y la batería dependerá de la carga de energía requerida por el sistema y la duración deseada de funcionamiento sin luz solar.
- Reguladores y Controladores: Pueden requerirse reguladores de carga y controladores para gestionar la energía generada por el panel solar y almacenada en la batería.

Switch:

Número de Puertos: Un switch con suficientes puertos Ethernet para conectar la cámara IP, la Raspberry Pi 4 y otros dispositivos adicionales si es necesario.

Sistema de Altavoces:

Sirenas o bocinas para reproducir sonidos molestos que espanten a las aves

2. Arquitectura del Sistema

2.1. Descripción general de la arquitectura del sistema

La arquitectura del sistema se compone de varios componentes interconectados que trabajan en conjunto para realizar la detección de aves en movimiento y la posible repulsión de las mismas. La arquitectura se puede dividir en tres bloques principales:

Bloque de Adquisición de Datos:

Este bloque está encargado de capturar y adquirir los datos necesarios para la detección de aves. Está compuesto por los siguientes elementos:

- Cámara IP: Una cámara IP de alta resolución y calidad está colocada en un lugar estratégico para capturar imágenes o video del área donde se espera la presencia de aves en movimiento. La cámara IP envía el flujo de datos a la Raspberry Pi 4 a través de la red local.
- Switch: Un switch Ethernet conecta la cámara IP y la Raspberry Pi 4 en una red local, permitiendo la transmisión de datos entre ambos dispositivos.

Bloque de Procesamiento y Detección:

En este bloque, la Raspberry Pi 4 juega un papel central en el procesamiento de datos y la detección de aves. Los componentes clave son:

• Raspberry Pi 4: Actúa como el cerebro del sistema. Recibe los datos de la cámara IP a través del switch y procesa las imágenes o video utilizando la biblioteca OpenCV y algoritmos de visión por computadora. La Raspberry Pi 4 realiza la detección de aves en movimiento basada en la información recibida y aplica un algoritmo de mezcla gaussiana adaptativa u otro método adecuado para detectar aves en la secuencia de imágenes.

- Software de Detección: El software implementado en la Raspberry Pi 4
 procesa las imágenes, identifica aves en movimiento y determina su
 presencia y ubicación en tiempo real.
- Interfaz de Usuario

Bloque de Respuesta o Repulsión de Aves:

Este bloque es opcional y se utiliza para la repulsión de aves detectadas. Incluye los siguientes componentes:

 Sistema de Altavoces: Un sistema de altavoces que puede reproducir sonidos de depredadores o alertas para espantar a las aves detectadas.

En resumen, la arquitectura del sistema de detección de aves en movimiento incluye una cámara IP para adquirir imágenes o video, una Raspberry Pi 4 para procesar y detectar aves en movimiento, y un posible sistema de altavoces para repeler las aves detectadas. La arquitectura está diseñada para operar de manera autónoma, eficiente y sostenible, proporcionando una solución integral para la protección de áreas vulnerables ante la presencia de aves.

2.2. Detalles de los componentes principales y su interconexión Raspberry Pi 4:

- Descripción: La Raspberry Pi 4 es el corazón del sistema y actúa como una computadora de bajo costo y tamaño reducido. Tiene suficiente potencia de procesamiento para ejecutar algoritmos de visión por computadora y controlar los componentes del sistema.
- Conexiones: La Raspberry Pi 4 se conecta al switch a través de un cable
 Ethernet para la comunicación con la cámara IP y otros dispositivos en la red local. También se conecta al sistema de altavoces mediante una salida

de audio de 3.5 mm o mediante un puerto USB en caso de utilizar un amplificador de audio USB.

Cámara IP:

- Descripción: La cámara IP es un componente esencial para capturar imágenes o video de las aves en movimiento en el área monitoreada. Se selecciona una cámara IP de alta resolución y calidad para obtener imágenes claras y detecciones precisas.
- Conexiones: La cámara IP se conecta al switch mediante un cable Ethernet estándar. Esto permite que la cámara IP transmita datos a la Raspberry Pi
 4 en tiempo real a través de la red local.

Switch:

- Descripción: El switch Ethernet actúa como un punto de conexión central
 para todos los dispositivos en la red local. Permite que la Raspberry Pi 4 y
 la cámara IP se comuniquen entre sí de manera eficiente y que otros
 dispositivos se agreguen al sistema en el futuro, si es necesario.
- Conexiones: La cámara IP se conecta a un puerto del switch, y la Raspberry
 Pi 4 también se conecta a otro puerto del switch. En función de la capacidad
 del switch, es posible agregar otros dispositivos a la red local para futuras
 expansiones.

Sistema de Altavoces:

- Descripción: El sistema de altavoces es opcional pero esencial si se busca repeler a las aves detectadas mediante sonidos o alertas.
- Conexiones: El amplificador de audio se conecta a la Raspberry Pi 4
 mediante una conexión de audio de 3.5 mm.

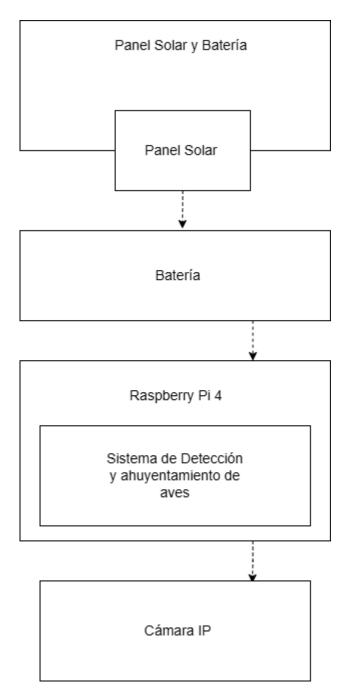
La Raspberry Pi 4 es el centro de control del sistema, conectada a la cámara IP para recibir datos de imagen, y al sistema de altavoces para controlar la reproducción de sonidos de repulsión. El switch facilita la comunicación entre la Raspberry Pi 4 y la cámara IP, y también puede permitir la incorporación de más dispositivos en la red local. La interconexión adecuada de estos componentes es fundamental para el funcionamiento eficiente del sistema de detección de aves en movimiento.

2.3. Diagrama de bloques del sistema

En el diagrama de bloques, se representan los principales componentes del sistema y sus conexiones. A continuación, se describen las conexiones entre los bloques:

- Panel Solar y Batería: El panel solar genera energía a partir de la luz solar y la entrega a la batería para su almacenamiento. La batería actúa como un banco de energía, suministrando la energía necesaria para alimentar el sistema de detección de aves.
- Raspberry Pi 4: La Raspberry Pi 4 es el núcleo del sistema, donde se ejecuta el software de detección de aves y el control de altavoces. Recibe energía de la batería y controla y coordina todas las operaciones del sistema.
- Cámara IP: La cámara IP está conectada a la Raspberry Pi 4 mediante un switch en la red local. Captura imágenes o video de las aves en movimiento y transmite los datos a la Raspberry Pi 4.
- Sistema de Detección de Aves y Control de Altavoces: En la Raspberry Pi
 4, se encuentran implementados los algoritmos de detección de aves y el control del sistema de altavoces (si es aplicable). La detección de aves se

realiza en función de las imágenes recibidas de la cámara IP, y el sistema de altavoces se activa para repeler las aves detectadas si así se ha configurado.



3. Componentes del Sistema

Raspberry Pi 4

Característica	Descripción		
Procesador	Broadcom BCM2711, CPU ARM Cortex-A72 de 64 bits con 4		
	núcleos a 1.5 GHz (puede llegar a 1.8 GHz en modo Turbo)		
GPU	VideoCore VI compatible con OpenGL ES 3.x		
Memoria	4 GB de SDRAM LPDDR4-3200		
Almacenamiento	Ranura para tarjeta microSD para almacenamiento del sistema		
	operativo y datos		
Conectividad	Gigabit Ethernet, Wi-Fi 802.11ac, Bluetooth 5.0 BLE		
Puertos USB	2 puertos USB 2.0, 2 puertos USB 3.0		
Salida de video	2 puertos micro HDMI (compatible con resolución de hasta 4K		
	a 60 fps)		
Audio	Salida de audio de 3.5 mm, salida de video HDMI		
Alimentación	Puerto USB-C para alimentación, compatible con fuentes de		
	alimentación USB-PD (Power Delivery)		
Sistema	Compatible con una variedad de sistemas operativos,		
operativo	incluyendo Raspberry Pi OS (anteriormente conocido como		
	Raspbian), Ubuntu, y otros		
Dimensiones	88 mm × 58 mm × 19.5 mm		



Cámara IP Hikvision tubo exterior modelo DS-2CD2683G2-IZS:



Característica Descripción

Resolución de imagen Hasta 8 megapíxeles (3840 x 2160)

Sensor de imagen CMOS de escaneo progresivo

Lente Varifocal motorizado de 2.8 mm a 12 mm

Ángulo de visión 109.4° a 28.2°

Compresión de video H.265+, H.265, H.264+, H.264

Rango dinámico amplio WDR digital de 120 dB

(WDR)

Visión nocturna Iluminación IR de hasta 30 metros

Protección contra el IP67 (resistente al agua y al polvo)

clima

Condiciones de -30 °C a 60 °C (-22 °F a 140 °F)

funcionamiento

Alimentación 12 VDC ± 25%, PoE (802.3at, clase 4)

Almacenamiento en Admite tarjetas microSD de hasta 256 GB (no incluida)

tarjeta microSD

Protocolos de red TCP/IP, ICMP, HTTP, HTTPS, FTP, DHCP, DNS,

DDNS, RTP, RTSP, RTCP, NTP, SMTP, SNMP, QoS,

ONVIF, etc.

Dimensiones Φ 144.17 mm × 332.73 mm (Φ 5.68" × 13.10")

Peso Aproximadamente 1800 g (3.97 lb)

Switch Ethernet



Componente	Switch Ethernet
Descripción	Actúa como punto de conexión central para dispositivos en la red local.
Especificaciones	Selecciona un switch Ethernet con suficientes puertos (por ejemplo,
	un switch de 4 o 8 puertos) para conectar la cámara IP, la Raspberry
	Pi 4 y otros dispositivos adicionales si es necesario.

Panel Solar y Batería:

Suministro de energía para el sistema fotovoltaico

El sistema de detección de aves tiene previsto operar durante 12 horas al día, ya que según la entrevista realizada al dueño del lugar las aves atacan desde las 6:00 am hasta 18:00 pm, por esto se estima que el consumo diario sería el siguiente:

Para calcular el consumo estimado de energía, necesitamos conocer el consumo de energía individual de cada dispositivo.

Sumando los consumos de energía de cada dispositivo:

Consumo total de energía = Consumo de la bocina + Consumo de la cámara +

Consumo de la Raspberry Pi + Consumo del Switch

Consumo total de energía = 30 W + 15 W + 4 W + 2W

Consumo total de energía = 51 vatios

Ahora, para calcular el consumo de energía en vatios-hora (Wh), multiplicamos el consumo total de energía por el tiempo:

Consumo de energía = Consumo total de energía x Tiempo

Consumo de energía = 51 W x 12 horas

Consumo de energía = 612 vatios-hora (Wh)

Por lo tanto, el consumo estimado de energía sería de aproximadamente 612 vatios-hora al día.

Componente	Consumo de energía	C/E durante 12 h
Raspberry Pi 4	4 W	48 W
Altavoz bocina ip65	30 W	360 W
Cámara hikvison	15 W	180 W
Switch	2 W	24 W
Total, consumo	51 W	612 W

Batería de plomo acido de 51 Ah

Para comprar la batería fue necesario calcular su capacidad, esto se lo hizo dividiendo el consumo diario de energía del sistema (612 Wh) por la tensión del sistema (12 V).

Capacidad de la batería (Ah) = Consumo de energía diario (Wh) / Tensión del sistema (V)

Capacidad de la batería (Ah) = 612 Wh / 12 V

Capacidad de la batería (Ah) = 51 Ah

Esto nos da como resultado una batería con capacidad de 51 Ah. Por ello se eligió la batería de plomo ácido Yuasa con capacidad de 51 Ah y tensión nominal de 12 V.



Atributo	Valor
Capacidad	51 Ah
Tensión Nominal	12V
Construcción	AGM
Tipo de Terminal	M5
Dimensiones	197 x 165 x 175mm
Peso	15.3kg
Diseñado para aplicaciones periódicas	Sí
Diseñado para aplicaciones intensivas	No
Clasificación Eurobat	6 a 9 años
Rango de Temperatura de Funcionamiento	-15 → +50°C

Panel Solar TAI Energy 12V 80W

Para calcular la capacidad del panel solar, se utilizó una regla general de multiplicar la capacidad de la batería por un factor de seguridad para tener en cuenta la eficiencia y posibles días nublados. Un factor de seguridad común es 1.5.

Capacidad del panel solar (W) = Capacidad de la batería (Ah) x Factor de seguridad

Capacidad del panel solar (W) = 51 Ah x 1.5

Capacidad del panel solar (W) = 76.5 W

Por ende, se compró un panel solar TAI Energy con una potencia de 80 W y un voltaje de 12V.



Característica	Descripción
Potencia del Panel Solar	80W
Tipo de Célula del Panel Solar	Policristalino
Rigidez del Panel Solar	Rígido
Dimensiones del Panel Solar	Largo x Ancho x Grueso (mm) 1030 x 670 x 35 mm
Eficiencia del Módulo	0,16
Peso del Panel Solar	6.8 Kg
Garantía del Panel Solar	5 años

Sistema de Altavoces: Sirena de 30w dos tonos



Especificaciones	Descripción	
Tipo De Sistema	Bocina exponencial	
Potencia nominal	30 W	

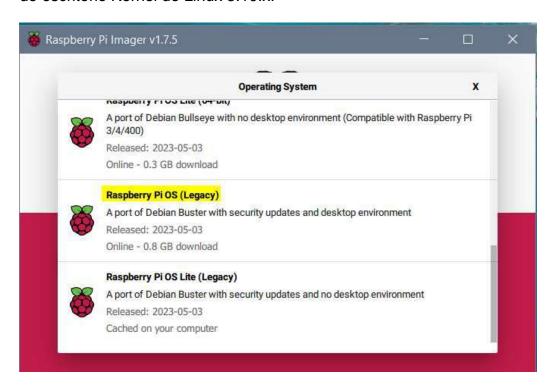
Alimentación	12 V	
Protección	IP-65	

4. Configuración del Software

4.1. Instalación del sistema Operativo Rasberry Pi Os (Raspbian)

Se utilizo este sistema operativo debido a que ofrece una combinación de compatibilidad con otros sistemas operativos, facilidad de uso ya que tiene una interfaz de usuario amigable y familiar, amplia gama de aplicaciones, soporte de la comunidad activa de usuarios y desarrolladores que brindan soporte y comparten recursos en línea como por ejemplo una amplia variedad de tutoriales, documentación y proyectos relacionados con el Raspberry Pi OS, además de actualizaciones regulares, lo que lo convirtió en el más adecuado.

Se emplea el Raspberry Pi Os (Legacy) con Debian Buster de 32 bits y entorno de escritorio Kernel de Linux 5.10.x.

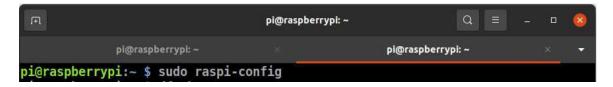


4.2. Instalación de la librería Open CV

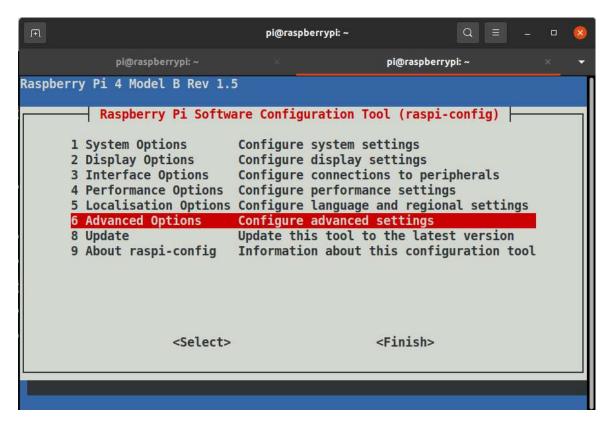
OpenCV es una opción popular y confiable para el procesamiento de imágenes y la detección de objetos, incluyendo la detección de aves ya que ofrece una amplia gama de algoritmos y funciones, un rendimiento optimizado, compatibilidad multiplataforma, una comunidad activa y la capacidad de integrarse con otras herramientas. Estas características hicieron que OpenCV sea una elección sólida para desarrollar el sistema de detección de aves.

Se va a utilizar la configuración de Raspberry Pi a través de SSH.

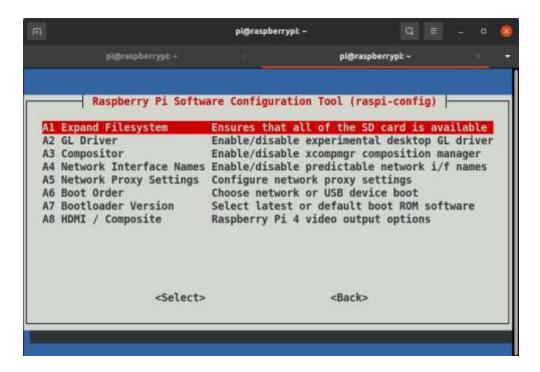
Abrimos la terminal y ponemos los siguientes comandos sudo raspi-config



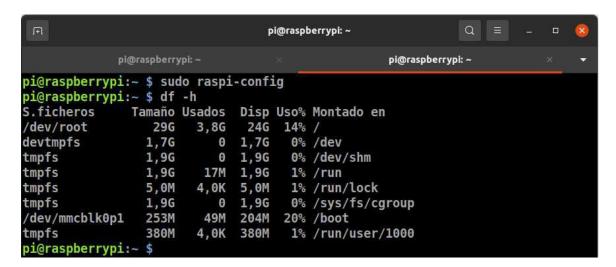
Se dirige a opciones avanzadas y se presiona enter



En A1 Expand Filesystem y se presiona enter luego en el botón Finalizar y luego se reinicia la Raspberry Pi.



Ahora para mostrar la cantidad de espacio en disco en la Raspberry Pi se ejecuta el comando: **df -h**



Luego se instalan las dependencias, pero primero se actualiza cualquier paquete existente con:

sudo apt-get update && sudo apt-get upgrade

```
pi@raspberrypi: ~
pi@raspberrypi:~ $ sudo apt-get update && sudo apt-get upgrade
Obj:1 http://raspbian.raspberrypi.org/raspbian buster InRelease
Obj:2 http://archive.raspberrypi.org/debian buster InRelease
Leyendo lista de paquetes... Hecho
Leyendo lista de paquetes... Hecho
Creando árbol de dependencias
Leyendo la información de estado... Hecho
Calculando la actualización... Hecho
Se actualizarán los siguientes paquetes:
 avahi-daemon cpio cups cups-browsed cups-client cups-common cups-core-driver
 cups-daemon cups-filters cups-filters-core-drivers cups-ipp-utils cups-ppdc
 cups-server-common ffmpeg firefox-esr libavahi-client3 libavahi-common-data
 libavahi-common3 libavahi-core7 libavahi-glib1 libavcodec58 libavdevice58
 libavfilter7 libavformat58 libavresample4 libavutil56 libc-bin libc-dev-bin
 libc-l10n libc6 libc6-dbg libc6-dev libcups2 libcupsfilters1 libcupsimage2
 libfastjson4 libfontembed1 libjavascriptcoregtk-4.0-18 libmariadb3
 libpostproc55 libpython2.7 libpython2.7-dev libpython2.7-minimal libpython2.7-stdlib libpython3.7 libpython3.7-dev libpython3.7-minimal
 libpython3.7-stdlib libraspberrypi-bin libraspberrypi-dev libraspberrypi-doc
 libraspberrypi0 libssl1.1 libswresample3 libswscale5 libsynctex2
 libwebkit2gtk-4.0-37 libwebp6 libwebpdemux2 libwebpmux3 libx11-6 libx11-data
```

Para instalar paquetes de E/S de imagen que nos permitirán cargar varios formatos de archivo de imagen desde el disco, ejecute el comando: sudo apt-get install libipeg-dev libtiff5-dev libjasper-dev libpng12-dev

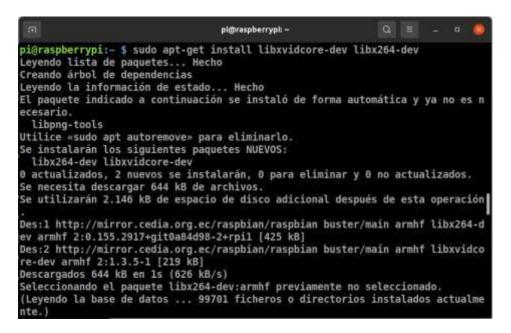


Estos paquetes de E/S de vídeo permiten leer varios formatos de archivo de vídeo y permiten trabajar con secuencias de vídeo:

sudo apt-get install libavcodec-dev libavformat-dev libswscale-dev libv4l-dev

```
α ≡ -
                                      pi@raspberrypi: ~
pi@raspberrypi:- $ sudo apt-get install libavcodec-dev libavformat-dev libswsc
ale-dev libv4l-dev
Leyendo lista de paquetes... Hecho
Créando árbol de dependencias
Leyendo la información de estado... Hecho
El paquete indicado a continuación se instaló de forma automática y ya no es n
ecesario.
  libpng-tools
Utilice «sudo apt autoremove» para eliminarlo.
Se instalarán los siguientes paquetes adicionales:
  libavutil-dev libswresample-dev
Se instalarán los siguientes paquetes NUEVOS:
  libavcodec-dev libavformat-dev libavutil-dev libswresample-dev libswscale-de
  libv41-dev
0 actualizados, 6 nuevos se instalarán, 0 para eliminar y 0 no actualizados.
Se necesita descargar 12,9 MB de archivos.
Se utilizarán 44,2 MB de espacio de disco adicional después de esta operación.
¿Desea continuar? [S/n] s
Des:2 http://archive.raspberrypi.org/debian buster/main armhf libavutil-dev ar
mhf 7:4.1.11-0+deb10u1+rpt1 [497 kB]
Des:1 http://mirror.cedia.org.ec/raspbian/raspbian buster/main armhf libv4l-de
```

sudo apt-get install libxvidcore-dev libx264-dev



El siguiente comando instala la biblioteca de desarrollo GTK que se requiere para compilar el módulo highgui, utilizado para mostrar imágenes en la pantalla y crear GUIs básicas:

sudo apt-get install libgtk2.0-dev

```
Q ≡ _ ±
                                             pi@raspberrypt ~
pi@raspberrypi:- $ sudo apt-get install libgtk2.0-dev
Leyendo lista de paquetes... Hecho
Creando árbol de dependencias
Leyendo la información de estado... Hecho
El paquete indicado a continuación se instaló de forma automática y ya no es n
ecesario.
  libpng12-0
Utilice «sudo apt autoremove» para eliminarlo.
Se instalarán los siguientes paquetes adicionales:
  autoconf automake autopoint autotools-dev debhelper dh-autoreconf
  dh-strip-nondeterminism dwz gettext girl.2-gtk-2.0 girl.2-harfbuzz-0.0 icu-devtools intltool-debian libarchive-cpio-perl libarchive-zip-perl
  libatk1.0-dev libblkid-dev libcairo-script-interpreter2 libcairo2-dev
  libdebhelper-perl libffi-dev libfile-stripnondeterminism-perl
  libfontconfigl-dev libfreetype6-dev libfribidi-dev libgdk-pixbuf2.0-bin
libgdk-pixbuf2.0-dev libglib2.0-dev libglib2.0-dev-bin libgraphite2-dev
  libharfbuzz-dev libharfbuzz-gobject0 libice-dev libicu-dev libltdl-dev
liblzo2-2 libmail-sendmail-perl libmount-dev libpangol.0-dev libpcre16-3
  libpcre3-dev libpcre32-3 libpcrecpp0v5 libpixman-1-dev libpng-dev
  libpthread-stubs0-dev libselinux1-dev libsepol1-dev libsigsegv2 libsm-dev libsys-hostname-long-perl libtool libx11-dev libxau-dev libxcb-render0-dev
  libxcb-shm0-dev libxcbl-dev libxcomposite-dev libxcursor-dev libxdamage-dev
```

Para una mayor optimización de más operaciones en OpenCV, se requieren algunas dependencias adicionales más. Así que ejecute el comando: sudo apt-get install libatlas-base-dev gfortran

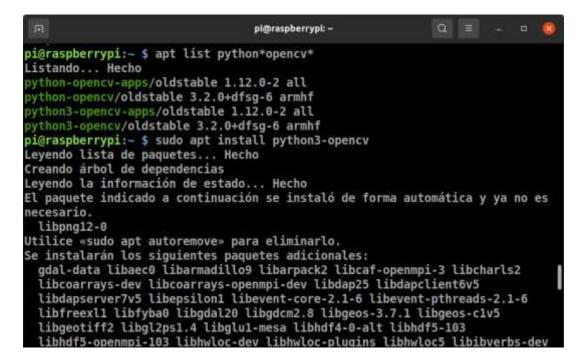
```
pi@raspberrypi: ~
pi@raspberrypi:~ $ sudo apt-get install libatlas-base-dev gfortran
Leyendo lista de paquetes... Hecho
Creando árbol de dependencias
Leyendo la información de estado... Hecho
El paquete indicado a continuación se instaló de forma automática y ya no es
necesario.
  libpng12-0
Utilice «sudo apt autoremove» para eliminarlo.
Se instalarán los siguientes paquetes adicionales:
  gfortran-8 libatlas3-base libgfortran-8-dev
Paquetes sugeridos:
  gfortran-doc gfortran-8-doc libgfortran5-dbg libcoarrays-dev libatlas-doc
  liblapack-doc
Se instalarán los siguientes paquetes NUEVOS:
 gfortran gfortran-8 libatlas-base-dev libatlas3-base libgfortran-8-dev
0 actualizados, 5 nuevos se instalarán, 0 para eliminar y 0 no actualizados.
Se necesita descargar 12,8 MB de archivos.
Se utilizarán 54,3 MB de espacio de disco adicional después de esta operación
Desea continuar? [S/n] s
Des:1 http://mirror.cedia.org.ec/raspbian/raspbian buster/main armhf libgfort
```

Se instala la herramienta de administración de paquetes, pip ejecutando el siguiente comando:

sudo apt-get install python3-pip

```
pi@raspberrypi:- $ sudo apt-get install python3-pip
Leyendo lista de paquetes... Hecho
Creando árbol de dependencias
Leyendo la información de estado... Hecho
python3-pip ya está en su versión más reciente (18.1-5+rpt1).
El paquete indicado a continuación se instaló de forma automática y ya no es
necesario.
   libpng12-0
Utilice «sudo apt autoremove» para eliminarlo.
8 actualizados, 0 nuevos se instalarán, 8 para eliminar y 0 no actualizados.
pi@raspberrypi:- $ pip install numpy
Looking in indexes: https://pypi.org/simple, https://www.piwheels.org/simple
Requirement already satisfied: numpy in /usr/lib/python2.7/dist-packages (1.1
6.2)
```

Usaremos OpenCV desde el repositorio predeterminado de Raspbian. En Raspbian Buster, lo encontrará con el comando apt list python * opencv *



Para instalar OpenCV, ejecute el comando:

sudo apt install python3-opencv

```
pigraspherrydi- 3 and show pythos3-ogency
Parkage: pythos3-ogency
Nursion: 3.7.Defigs-6
Priority: optional
Section: python
Section
Section: python
Section
Sec
```

Finalmente, se ejecuta el comando para comprobar que este instalado correctamente:

apt show python3-opencv

```
pi@raspberrypi:~ $
pi@raspberrypi:~ $
pi@raspberrypi:~ $
pi@raspberrypi:~ $ python3
Python 3.7.3 (default, Jun 29 2023, 18:03:57)
[GCC 8.3.0] on linux
Type "help", "copyright", "credits" or "license" for more information.
>>>
>>> import cv2
>>>
>>> cv2.__version__
'3.2.0'
>>> |
```

Se observa la versión de OpenCV sin errores, eso significa que la instalación se ha realizado correctamente.

5. Algoritmo de Detección de Aves

5.1. Explicación técnica del método utilizado para la detección de aves

 Fundamentos del Método de Mezcla Gaussiana Adaptativa: El algoritmo de Mezcla Gaussiana Adaptativa se basa en el modelo estadístico de mezcla gaussiana, que asume que los píxeles de una imagen provienen de diferentes distribuciones Gaussianas. Cada distribución Gaussiana representa un grupo de píxeles de la imagen. Estas distribuciones se ajustan de manera dinámica a las condiciones del fondo y los objetos en movimiento, permitiendo que el algoritmo se adapte a cambios en la escena con el tiempo.

- 2. Inicialización: El algoritmo comienza con una etapa de inicialización donde se crea un modelo de fondo basado en los primeros fotogramas del video o imágenes de entrenamiento. Se selecciona un número inicial de componentes Gaussianos (K) que representarán el fondo de la escena. Cada componente Gaussiano está caracterizado por su media (media de color del píxel), varianza (indicador de la dispersión del color) y peso (probabilidad de que un píxel pertenezca a ese componente). La información de cada componente Gaussiano se actualiza continuamente a medida que se reciben nuevos fotogramas.
- 3. Actualización del Modelo: A medida que se procesan nuevos fotogramas, el algoritmo actualiza el modelo de fondo para adaptarse a los cambios en la escena. Para cada píxel en el nuevo fotograma, se evalúa su similitud con cada componente Gaussiano. Si el píxel coincide bien con alguno de los componentes del fondo, se clasifica como fondo. Si no se ajusta bien a ninguna de las distribuciones Gaussianas, se considera que el píxel representa un objeto en movimiento.
- 4. Adición y Eliminación de Componentes: El algoritmo es capaz de agregar y eliminar componentes Gaussianos en función de la variabilidad de la escena. Si un píxel no puede explicarse adecuadamente por los componentes existentes del fondo, se considera que proviene de un nuevo objeto y se agrega un nuevo componente Gaussiano para representar ese

- objeto. De manera similar, si un componente Gaussiano se vuelve ineficiente para modelar el fondo, se elimina del modelo.
- 5. Estimación del Fondo: El fondo de la escena se estima a partir de los componentes Gaussianos más estables y con mayor peso en el modelo. Los píxeles que se ajustan bien a estos componentes son considerados como parte del fondo y se utilizan para estimar una versión actualizada del fondo.
- 6. Detección de Objetos en Movimiento: Los píxeles que no se ajustan al modelo de fondo se clasifican como objetos en movimiento. Estos píxeles representan las áreas donde se detectan las aves en movimiento.
- 7. Postprocesamiento: Una vez que se detectan los objetos en movimiento, se puede realizar un postprocesamiento para eliminar el ruido y fusionar regiones cercanas que pertenezcan al mismo objeto.

El algoritmo de Mezcla Gaussiana Adaptativa es muy eficiente y se adapta a condiciones cambiantes de iluminación, movimiento del fondo y aparición de nuevos objetos en la escena. Es ampliamente utilizado en aplicaciones de detección y seguimiento de objetos en tiempo real, como la detección de aves en movimiento en un sistema de vigilancia o monitoreo.

5.2. Pseudocódigo para ilustrar el funcionamiento del algoritmo

// Parámetros del algoritmo

K = Número de componentes Gaussianos iniciales

T = Umbral de decisión para la clasificación de píxeles (valor de similitud)

α = Tasa de aprendizaje (velocidad de actualización de los modelos)

```
// Inicialización del modelo de fondo
Para cada píxel (x, y) en la imagen:
  Para k = 1 hasta K:
     Inicializar los parámetros del componente Gaussiano k (media, varianza,
peso)
  Fin Para
Fin Para
Mientras el video esté en ejecución:
  // Leer un nuevo fotograma del video
  Leer nuevo_fotograma
  // Actualizar el modelo de fondo
  Para cada píxel (x, y) en la imagen:
     Si el píxel (x, y) se ajusta a alguno de los K componentes Gaussianos:
       // Clasificar el píxel como fondo
       Asignar el píxel (x, y) como fondo
       // Actualizar el modelo de fondo utilizando el píxel
       Actualizar el componente Gaussiano correspondiente
     Sino:
       // Clasificar el píxel como objeto en movimiento
       Asignar el píxel (x, y) como objeto en movimiento
       // Agregar un nuevo componente Gaussiano para representar el objeto
       Agregar nuevo componente Gaussiano con los valores del píxel
     Fin Si
```

Fin Para

```
// Eliminar componentes Gaussianos ineficientes
  Para cada componente Gaussiano k:
    Si el peso del componente Gaussiano k es menor que un umbral:
       Eliminar el componente Gaussiano k
    Fin Si
  Fin Para
  // Estimación del fondo
  Para cada píxel (x, y) en la imagen:
    Si el píxel (x, y) se ajusta a los componentes Gaussianos más estables:
       // Asignar el píxel al fondo
       Asignar el píxel (x, y) como fondo
    Sino:
       // Asignar el píxel como objeto en movimiento
       Asignar el píxel (x, y) como objeto en movimiento
    Fin Si
  Fin Para
  // Actualizar los parámetros de los componentes Gaussianos
  Para cada píxel (x, y) en la imagen:
    Si el píxel (x, y) fue clasificado como fondo:
       Actualizar los parámetros del componente Gaussiano correspondiente
utilizando el píxel y la tasa de aprendizaje α
```

Fin Si

Fin Para

// Postprocesamiento (opcional)

Realizar postprocesamiento para eliminar el ruido y fusionar regiones cercanas de objetos en movimiento.

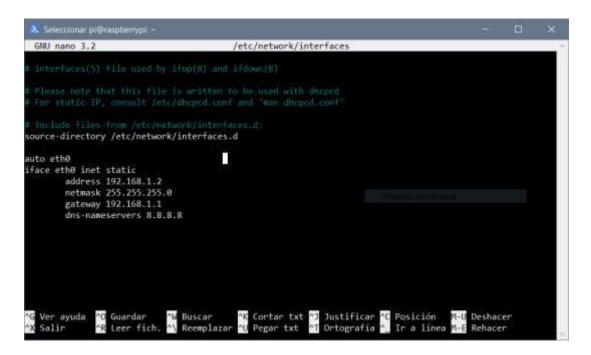
Fin Mientras

6. Comunicación entre Componentes

6.1. Configuración de la red local para la rasberry pi y la cámara ip con dhcp server

Para la configuración de una red local para la Raspberry pi, la cámara IP y la PC conectamos al switch con cable ethernet. Con el siguiente comando se instala dhcp- server.

Se ingresa el comando que se observa en la figura 17 y se observa la dirección ip de la raspberry pi



La raspberry pi actúa como servidor DHCP por lo tanto cualquier PC conectado al switch se configura de forma automática. El rango de direcciones va desde la IP 192.168.1.10 hasta la 192.168.1.200.

Tabla 18. Direcciones IP

	Dirección estáticas	IP	Gateway	Máscara de red
RPi	192.168.1.2		192.168.1.1	255.255.255.0
Cámara IP	192.168.1.44		192.168.1.1	255.255.255.0

Pruebas de conexión:

En el CMD de Windows se ejecutó **ipconfig** para descubrir la IP asignada por la Raspberry pi a la PC.

```
rueba la nueva tecnología PowerShell multiplataforma https://aka.ms/pscore6
5 C:\Users\andre> ipconfig
onfiguración IP de Windows
daptador de Ethernet VirtualBox Host-Only Network:
 Sufijo DNS específico para la conexión
 daptador de LAW inalambrica Conexión de área local* 1:
 Estado de los medios......: medios desconectados 
Sufijo DMS específico para la comexión. ; ;
daptador de LAN inalámbrica Conexión de área local* 10:
 Estado de los medios. . . . . . : medios desconectados Sufijo DNS específico para la comexión. . :
daptador de Ethernet Ethernet:
 Sufijo DNS específico para la conexión.
 daptador de LAN inalámbrica Wi-Fi:
 C:\Users\andres
```

Se ejecuta un **ping** a la Raspberry pi y la cámara IP para verificar que los dispositivos están en red.

```
PS C:\Users\andre> ping 192.168.1.2

Haciendo ping a 192.168.1.2 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo<lm TTL=64

Estadísticas de ping para 192.168.1.2:
    Paquetes: enviados = 3, recibidos = 3, perdidos = 0
    (0% perdidos),
Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Minimo = 0ms, Máximo = 0ms, Media = 0ms
Control-C
PS C:\Users\andre> ping 192.168.1.44

Haciendo ping a 192.168.1.44 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.1.44: bytes=32 tiempo<lm TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.44: bytes=32 tiempo<lm TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.44: bytes=32 tiempo<lm TTL=64
Estadísticas de ping para 192.168.1.44:
    Paquetes: enviados = 3, recibidos = 3, perdidos = 0
    (0% perdidos),
Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Minimo = 0ms, Máximo = 0ms, Media = 0ms
Control-C
PS C:\Users\andre>
```

Una vez que tenemos configurado las direcciones ip para acceder al raspberry pi y a la cámara, abrimos el programa **VNC Viewer** en el pc y se digita la dirección

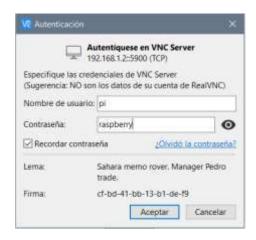
IP de la Raspberry pi para conectarse al escritorio de la Raspberry pi remotamente desde la PC.



Al entrar a la dirección ip nos pide el usuario y la contraseña que proporcionamos en la instalación del sistema operativo.

Nombre de usuario: pi

Contraseña: raspberry



7. Mantenimiento y Actualizaciones

7.1. Instrucciones técnicas para el mantenimiento y limpieza de los componentes del sistema

- 1. Raspberry Pi 4:
 - Ubicación: Coloca la Raspberry Pi 4 en un lugar limpio y bien ventilado para evitar la acumulación de polvo y garantizar una adecuada disipación del calor.

- Limpieza: Utiliza aire comprimido o un soplador de aire para eliminar el polvo y la suciedad de los puertos USB, HDMI, Ethernet y otros conectores. Evita utilizar líquidos o limpiadores en la Raspberry Pi 4 para evitar daños por humedad.
- Actualizaciones: Realiza actualizaciones regulares del sistema operativo y el software instalado para asegurarte de tener las últimas correcciones de seguridad y mejoras de rendimiento.

2. Cámara IP:

- Ubicación: Coloca la cámara IP en una posición elevada y protegida para evitar que se acumule polvo y daños por impacto.
- Limpieza: Limpia la lente y la carcasa de la cámara con un paño suave y limpio para evitar que se obstruya la visión. Evita tocar la lente con los dedos para evitar huellas y manchas.
- Ajustes: Verifica regularmente la configuración de la cámara IP para asegurarte de que esté funcionando correctamente y de acuerdo con los requerimientos del sistema.

3. Panel Solar y Batería:

- Inspección: Realiza inspecciones periódicas del panel solar para asegurarte de que esté limpio y libre de obstrucciones. Verifica el estado de la batería para asegurarte de que esté funcionando correctamente y que la capacidad de almacenamiento de energía sea suficiente.
- Limpieza: Limpia el panel solar con agua y un paño suave si es necesario, evitando utilizar productos químicos que puedan dañar la superficie.

 Conexiones: Verifica las conexiones de los cables entre el panel solar, la batería y la Raspberry Pi 4 para asegurarte de que estén bien sujetas y no haya conexiones flojas o deterioradas.

4. Switch y Altavoces:

- Verificación: Realiza verificaciones regulares para asegurarte de que el switch y los altavoces estén funcionando correctamente y que no haya daños visibles en los cables y conexiones.
- Limpieza: Limpia las superficies del switch y los altavoces con un paño suave y limpio para eliminar el polvo y la suciedad.
- Pruebas: Realiza pruebas de funcionamiento periódicas para asegurarte de que el switch y los altavoces respondan adecuadamente y no haya problemas de conectividad.

Es importante llevar a cabo el mantenimiento y limpieza de los componentes de manera regular y adecuada para asegurar el correcto funcionamiento y prolongar la vida útil del sistema. Siempre apaga el sistema antes de realizar cualquier tarea de mantenimiento para evitar daños y riesgos eléctricos. Siempre sigue las instrucciones del fabricante y las recomendaciones específicas para cada componente. Si hay alguna duda o problema con algún componente, es recomendable consultar al fabricante o a un técnico especializado.

8. Solución de Problemas

Lista de problemas comunes y posibles errores que pueden surgir.

 Fallo de Hardware: Problemas con la Raspberry Pi 4, la cámara IP, el switch, los altavoces u otros componentes del sistema, que pueden deberse a fallos internos, conexiones sueltas o daños físicos.

- 2. Conectividad de Red: Problemas de conectividad entre la Raspberry Pi 4, la cámara IP y otros dispositivos en la red local, que pueden afectar la transmisión de datos y la detección de aves.
- Actualizaciones Fallidas: Errores durante el proceso de actualización de software o firmware que pueden afectar la estabilidad y el rendimiento del sistema.
- Detección Incorrecta: El algoritmo de detección de aves puede presentar errores de falsos positivos o falsos negativos, lo que puede afectar la precisión de la detección.
- Problemas de Energía: Falta de energía o fluctuaciones en el suministro eléctrico que pueden afectar el funcionamiento del sistema y causar reinicios inesperados.
- Sobrecalentamiento: La Raspberry Pi 4 u otros componentes pueden calentarse en exceso, lo que puede llevar a un rendimiento reducido o apagados inesperados.
- 7. **Problemas de Calibración:** Dificultades para calibrar adecuadamente el sistema para adaptarse a diferentes condiciones de iluminación y fondo.
- 8. **Interrupciones en la Transmisión:** Problemas con la transmisión de video desde la cámara IP a la Raspberry Pi 4, que pueden afectar la detección en tiempo real.
- Conflictos de Software: Interferencias entre diferentes aplicaciones o servicios que pueden causar bloqueos o errores en el sistema.
- 10. **Acceso No Autorizado:** Intentos de acceso no autorizado al sistema o la red local que pueden poner en riesgo la seguridad y privacidad de los datos.

- 11. Problemas de Almacenamiento: Insuficiente espacio de almacenamiento para guardar imágenes, videos o datos relacionados con la detección de aves.
- 12. Configuración Incorrecta: Errores en la configuración de la cámara IP, el algoritmo de detección o la red que pueden afectar el funcionamiento del sistema.
- 13. Problemas Ambientales: Condiciones ambientales adversas, como lluvia, nieve o viento, que pueden afectar el funcionamiento de la cámara IP y la detección de aves.
- 14. Interferencia Externa: Interferencia electromagnética u otras fuentes externas que pueden afectar la precisión del sistema.
- 15. Falta de Mantenimiento: Falta de mantenimiento regular, limpieza y actualizaciones que pueden afectar la confiabilidad y el rendimiento a largo plazo del sistema.

Es importante abordar estos problemas y errores de manera proactiva a través de un mantenimiento adecuado, pruebas regulares y solución de problemas. La monitorización continua y la resolución rápida de problemas son fundamentales para garantizar un sistema de detección de aves en movimiento eficiente y confiable.

8.1. Pasos para diagnosticar y resolver problemas técnicos

 Identificar el Problema: Escuchar las quejas del usuario o realiza una revisión del sistema para identificar el problema específico que está ocurriendo. Asegúrate de tener una descripción clara del problema antes de proceder.

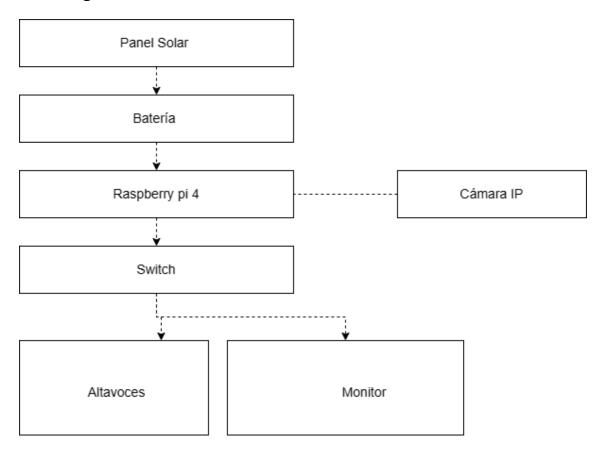
- 2. Verificar el Estado del Hardware: Inspecciona el hardware, incluyendo la Raspberry Pi 4, la cámara IP, el switch, los altavoces y cualquier otro componente relevante. Asegúrate de que todo esté correctamente conectado y en buen estado físico.
- 3. Comprobar Conexiones de Red: Verifica la conectividad de red entre la Raspberry Pi 4, la cámara IP y otros dispositivos en la red local. Asegúrate de que todas las conexiones sean adecuadas y que no haya problemas de red.
- 4. Revisar Configuraciones: Verifica las configuraciones del sistema, incluyendo la configuración de la cámara IP, el algoritmo de detección y cualquier otra configuración relevante. Asegúrate de que todo esté configurado correctamente.
- 5. Comprobar Fuentes de Energía: Asegúrate de que la Raspberry Pi 4, el panel solar y la batería estén recibiendo suficiente energía y que no haya problemas con el suministro eléctrico.
- 6. Realizar Pruebas de Funcionamiento: Realiza pruebas de funcionamiento específicas para el problema que estás enfrentando. Por ejemplo, prueba la detección de aves, la transmisión de video y otras funciones críticas del sistema.
- Comparar con Funcionalidad Esperada: Compara el comportamiento actual del sistema con la funcionalidad esperada y los resultados conocidos en situaciones normales.
- 8. Aplicar Soluciones de Problemas Comunes: Si el problema es común y ya se ha enfrentado en el pasado, aplica las soluciones o medidas de solución de problemas que se hayan utilizado previamente.

- Buscar Recursos en Línea: Si el problema no se resuelve fácilmente, busca recursos en línea, como foros de soporte o documentación del fabricante, para obtener posibles soluciones.
- 10. Actualizar Software y Firmware: Si el problema parece estar relacionado con versiones obsoletas o errores conocidos, considera realizar actualizaciones de software y firmware.
- 11. Revisar Configuración de Seguridad: Si el problema está relacionado con la seguridad o el acceso no autorizado, revisa la configuración de seguridad y asegúrate de que se sigan las mejores prácticas.
- 12. Realizar Reinicio y Reinicialización: Si todas las demás opciones fallan, intenta reiniciar el sistema o realizar una reinicialización de fábrica para restablecer las configuraciones.
- 13. Pedir Asesoramiento Externo: Si el problema persiste y no se puede resolver internamente, busca asesoramiento o soporte técnico externo de expertos o del fabricante del hardware y software.
- 14. **Documentar Soluciones**: A medida que encuentres soluciones o resuelvas problemas, documenta los pasos y soluciones para futuras referencias y para facilitar el soporte técnico en el futuro.

Es importante llevar un enfoque sistemático al diagnosticar y resolver problemas técnicos. Asegúrate de tener un buen conocimiento del sistema y de cómo opera para poder abordar los problemas de manera efectiva. Mantén un registro de los problemas y soluciones para facilitar el mantenimiento y la mejora continua del sistema.

9. Diagramas y Esquemas Técnicos

9.1. Diagrama de conexiones de red



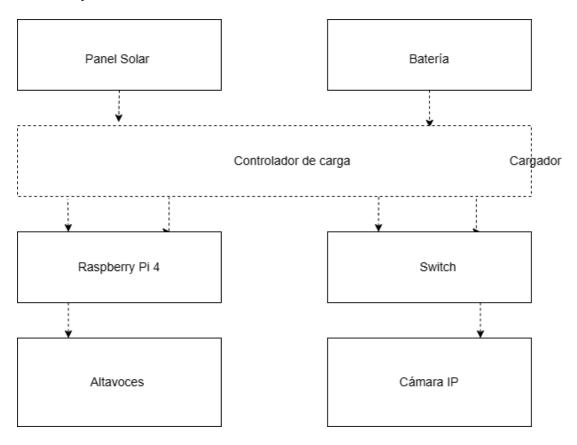
El panel solar proporciona energía al sistema a través del controlador de carga, que carga la batería con la energía solar capturada.

- La batería almacena la energía y la suministra a la Raspberry Pi 4 y otros componentes cuando sea necesario.
- La Raspberry Pi 4 actúa como el cerebro del sistema y se encarga del procesamiento de imágenes, la detección de aves y la interacción con otros dispositivos.
- La cámara IP está conectada a la Raspberry Pi 4 a través de la red local y proporciona video en tiempo real para la detección de aves en movimiento.
- El switch se encarga de la conectividad de red entre la Raspberry Pi 4, la cámara IP y otros dispositivos en la red local.

- Los altavoces con amplificador de audio están conectados a la Raspberry
 Pi 4 y se utilizan para emitir sonidos de depredadores para espantar a las aves detectadas.
- Otros dispositivos en la red pueden incluir dispositivos de gestión remota,
 monitores o computadoras para control y visualización del sistema.

Este diagrama muestra cómo están conectados los principales componentes del sistema en una red local.

9.2. Esquema de conexiones eléctricas



Descripción del esquema de conexiones eléctricas:

- 1. El panel solar captura la energía solar y la envía al controlador de carga.
- El controlador de carga regula y controla la carga de la batería con la energía solar recibida del panel solar.
- La batería almacena la energía eléctrica para su uso posterior y suministra la energía necesaria al sistema cuando sea requerido.

- El cargador se encarga de suministrar energía al sistema y cargar la batería cuando no haya suficiente energía solar disponible.
- La Raspberry Pi 4 es alimentada por la batería y/o el cargador y es la unidad central de procesamiento del sistema.
- El switch proporciona conectividad de red entre la Raspberry Pi 4, la cámara IP y otros dispositivos en la red local.
- Los altavoces con amplificador de audio están conectados a la Raspberry
 Pi 4 y reciben energía de la batería y/o el cargador.
- 8. La cámara IP está alimentada por la Raspberry Pi 4 y está conectada a través del switch para transmitir video en tiempo real.

Este esquema de conexiones eléctricas muestra cómo se interconectan los componentes del sistema para el suministro de energía y el funcionamiento integrado. Recuerda que la conexión eléctrica debe realizarse siguiendo las especificaciones de voltaje y corriente adecuadas para cada componente, y se deben tomar las medidas de seguridad necesarias durante la instalación.

9.3. Diagrama de flujo para la detección de aves

Inicio

Capturar imagen desde la cámara

Aplicar filtro de sustracción de fondo

Convertir imagen a escala de grises

Aplicar umbral adaptativo

¿Se detecta movimiento en la imagen?

Si:

Aplicar el algoritmo de Mezcla Gaussiana Adaptativa

¿Se detectan contornos significativos?

Si:

Calcular el área y posición de los contornos

Filtrar los contornos basados en tamaño y forma

¿Se detectan aves en los contornos filtrados?

Si:

Activar el sistema de altavoces para espantar a las aves

Mostrar mensaje de "Ave detectada" en la interfaz

No:

Volver al paso de captura de imagen

No:

Volver al paso de captura de imagen

No:

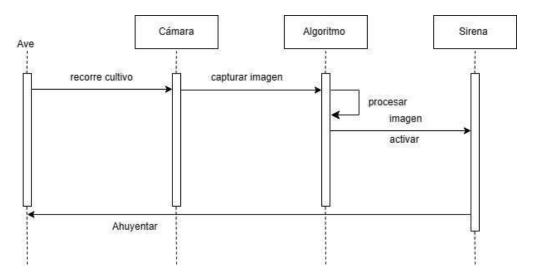
Volver al paso de captura de imagen

Fin

- 1) El algoritmo comienza capturando una imagen desde la cámara IP.
- Se aplica un filtro de sustracción de fondo para identificar las regiones que han cambiado desde la última imagen capturada.
- 3) La imagen se convierte a escala de grises para facilitar el procesamiento.
- 4) Se aplica un umbral adaptativo para resaltar las áreas de la imagen con cambios significativos de intensidad, que representan posibles objetos en movimiento.
- 5) Se verifica si se detecta movimiento en la imagen después de aplicar el umbral.

- Si se detecta movimiento, se activa el algoritmo de Mezcla Gaussiana
 Adaptativa para identificar los contornos en movimiento.
- Se filtran los contornos identificados para eliminar aquellos que no cumplen con un tamaño o forma específicos.
- 8) Si se detectan contornos que parecen representar aves, se activa el sistema de altavoces para espantar a las aves y se muestra un mensaje en la interfaz que indica que se ha detectado un ave.
- Si no se detectan aves en los contornos filtrados, el algoritmo regresa al paso de captura de imagen para continuar el proceso.
- 10)Si no se detecta movimiento en la imagen original, el algoritmo también regresa al paso de captura de imagen para seguir buscando cambios en el entorno.

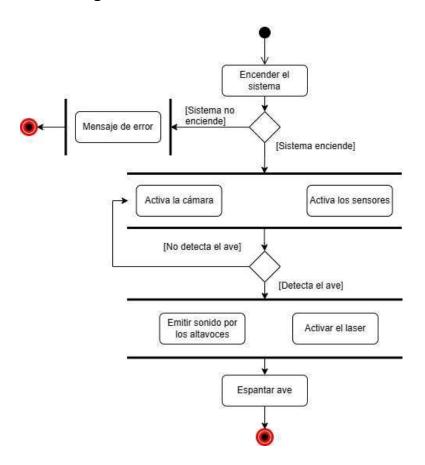
9.4. Diagrama de secuencia



Como tal, el proceso que comprende al diagrama de secuencia se basa en que, al momento en que las aves se encuentran en el cielo, la cámara captura la imagen y el algoritmo realiza un proceso de segmentación, es decir, existirá un contraste en los colores de la imagen para separar al ave del cielo y así

reconocerla, para luego activar los altavoces, de modo que el ave sea ahuyentada sin ningún problema.

9.5. Diagrama de estado



El proceso que comprende el diagrama de estado, consiste en que el usuario toca el interruptor y el sistema enciende, posteriormente se activan la cámara y los sensores. El algoritmo alojado en el raspberry empieza a reconocer aves, en caso de encontrarlas manda una señal al sistema de control para que los altavoces emitan un sonido, causando molestia a las aves, de tal forma que sean ahuyentadas, luego de ello, el proceso se repite hasta que el sistema sea apagado

9.44. Anexo 47. Ubicación del lugar



Figura 39. Fotos del lugar Contreras y Ortiz, 2023



Figura 40. Ubicación del lugar con el sistema Contreras y Ortiz, 2023

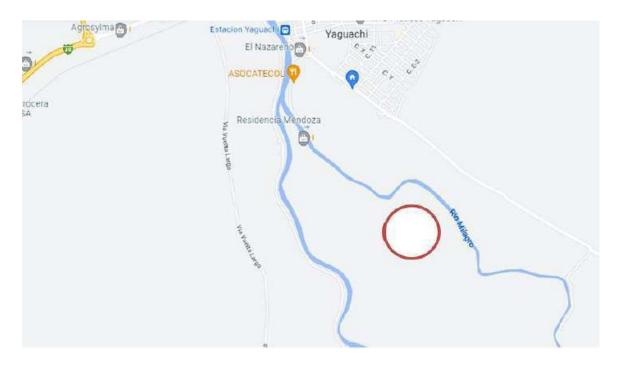


Figura 41. Ubicación del lugar Contreras y Ortiz, 2023