



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE GRADUACIÓN**

**TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN TELEINFORMÁTICA**

**ÁREA
TECNOLOGÍA DE LOS ORDENADORES**

**TEMA
SISTEMA PARA EL MONITOREO DE FAUNA SILVESTRE
MEDIANTE EL USO DE IMÁGENES Y VIDEO CON
INFORMACIÓN DE VARIABLES AMBIENTALES**

**AUTOR
VÉLEZ SANTANA LUIS ALBERTO**

**DIRECTOR DEL TRABAJO
ING. COMP. PLAZA VARGAS ÁNGEL MARCEL, MG**

GUAYAQUIL, NOVIEMBRE 2020.



ANEXO XI.- FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN			
TÍTULO Y SUBTÍTULO:			
Sistema para el monitoreo de fauna silvestre mediante el uso de imágenes y video con información de variables ambientales.			
AUTOR(ES) (apellidos/nombres):		Vélez Santana Luis Alberto	
REVISOR(ES)/TUTOR(ES) (apellidos/nombres):		Ing. Pincay Bohórquez Freddy Steve / Ing. Plaza Vargas Ángel Marcel.	
INSTITUCIÓN:		Universidad de Guayaquil	
UNIDAD/FACULTAD:		Facultad Ingeniería Industrial	
MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:			
GRADO OBTENIDO:		Ingeniero en Teleinformática	
FECHA DE PUBLICACIÓN:		No. DE PÁGINAS:	
ÁREAS TEMÁTICAS:		Tecnología de los Ordenadores	
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:		Monitoreo, sistema, variables, fauna, silvestre Monitoring, system, variables, fauna, wild.	
<p>RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):</p> <p>Actualmente, para el monitoreo de fauna silvestre se usan procedimientos no invasivos para obtener información de diferentes especies sin alterar su entorno, se usan las denominadas cámaras trampa que se mimetizan en el ambiente a monitorear. Sin embargo, estos sistemas en la actualidad solo se pueden obtener imágenes o videos captados con hora y fecha, no incluye variables ambientales las cuales claramente por estudios previamente hechos determinan el comportamiento de ciertas especies. En este proyecto se propone un diseño mejorado en 3D, el cual es alimentado por energía limpia y renovable, que le proporciona un tiempo de funcionamiento más extenso que una batería común; además tendrá provisto de sensores con los que se podrán conocer variables ambientales como temperatura y humedad; haciéndolo un sistema de captación de fotos por medio de sensores activos y pasivos (PIR e infrarrojo).</p> <p>Currently, for monitoring wildlife, non-invasive procedures are used to obtain information on different species without altering their environment, so-called camera traps are used that blend into the environment to be monitored. However, these systems at present can only obtain images or videos captured with time and date, it does not include environmental variables, which clearly by previously made studies, determine the behavior of certain species. In this project, an improved 3D design is proposed, which is powered by clean and renewable energy, which provides a longer operating time than a common battery; it will also have sensors with which environmental variables such as</p>			

temperature and humidity can be known; making it a photo capture system using active and passive sensors (PIR and infrared).		
ADJUNTO PDF:	SI	X NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: 098916295	E-mail: luis.velezs@ug.edu.ec
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: Ing. Ramón Maquilón Nicola	
	Teléfono: 593-2658128	
	E-mail: direccionTi@ug.edu.ec	



**ANEXO XII.- DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y DE
AUTORIZACIÓN DE LICENCIA GRATUITA
INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO NO
COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES NO ACADÉMICOS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**

**LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO COMERCIAL DE LA OBRA CON
FINES NO ACADÉMICOS**

Yo, **VÉLEZ SANTANA LUIS ALBERTO**, con C.C. No. **0925901530**, certifico que los contenidos desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es “**SISTEMA PARA EL MONITOREO DE FAUNA SILVESTRE MEDIANTE EL USO DE IMÁGENES Y VIDEO CON INFORMACIÓN DE VARIABLES AMBIENTALES**” son de mi absoluta propiedad y responsabilidad, en conformidad al Artículo 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, autorizo la utilización de una licencia gratuita intransferible, para el uso no comercial de la presente obra a favor de la Universidad de Guayaquil.

VÉLEZ SANTANA LUIS ALBERTO
C.C. No. **0925901530**



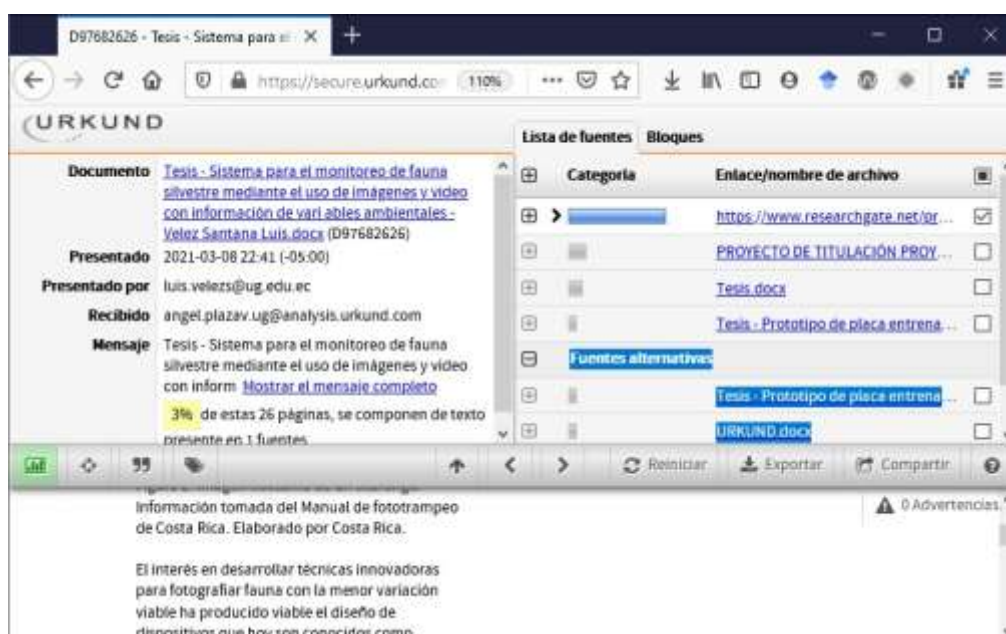
ANEXO VII.- CERTIFICADO PORCENTAJE DE SIMILITUD

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA



Habiendo sido nombrado **ING. PLAZA VARGAS ANGEL MARCEL**, tutor del trabajo de titulación certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por **VELEZ SANTANA LUIS ALBERTO**, C.C.: **0925901530**, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de **INGENIERO EN TELEINFORMÁTICA**.

Se informa que el trabajo de titulación: **“SISTEMA PARA EL MONITOREO DE FAUNA SILVESTRE MEDIANTE EL USO DE IMÁGENES Y VIDEO CON INFORMACIÓN DE VARIABLES AMBIENTALES”**, ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa Antiplagio (URKUND) quedando el 3 % de coincidencia.



<https://secure.orkund.com/view/93219169-564819-205294>



firmado electrónicamente por:
**ANGEL MARCEL
PLAZA VARGAS**

ING. PLAZA VARGAS ANGEL MARCEL, MSC.
C.C. 0915953665
FECHA: 8 DE MARZO DEL 2021



**ANEXO VI. - CERTIFICADO DEL DOCENTE-TUTOR
DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



Guayaquil,

Sr (a).

Ing. Annabelle Lizarzaburu Mora, MG.

Director (a) de Carrera Ingeniería en Teleinformática / Telemática

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD DE
GUAYAQUIL**

Ciudad. -

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de Titulación
**“SISTEMA PARA EL MONITOREO DE FAUNA SILVESTRE MEDIANTE EL
USO DE IMÁGENES Y VIDEO CON INFORMACIÓN DE VARIABLES
AMBIENTALES”** del estudiante **VELEZ**

SANTANA LUIS ALBERTO, indicando que ha cumplido con todos los parámetros
establecidos en la normativa vigente:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de similitud y la valoración del
trabajo de titulación con la respectiva calificación.

Dando por concluida esta tutoría de trabajo de titulación, **CERTIFICO**, para los fines
pertinentes, que el estudiante está apto para continuar con el proceso de revisión final.

Atentamente,



Escaneado y validado por:
**ANGEL MARCEL
PLAZA VARGAS**

ING. PLAZA VARGAS ANGEL MARCEL, MSC.

TUTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

C.C.: 0915953665

FECHA: 08 / 03 / 2021



ANEXO VIII.- INFORME DEL DOCENTE REVISOR

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA



Guayaquil, 19 de Marzo del 2021.

Sr (a).

Ing. Annabelle Lizarzaburu Mora, MG.

Director (a) de Carrera Ingeniería en Teleinformática / Telemática

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
Ciudad. -

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el informe correspondiente a la REVISIÓN FINAL del Trabajo de Titulación “**SISTEMA PARA EL MONITOREO DE FAUNA SILVESTRE MEDIANTE EL USO DE IMÁGENES Y VIDEO CON INFORMACIÓN DE VARIABLES AMBIENTALES**” de la estudiante **VÉLEZ SANTANA LUIS ALBERTO**. Las gestiones realizadas me permiten indicar que el trabajo fue revisado considerando todos los parámetros establecidos en las normativas vigentes, en el cumplimiento de los siguientes aspectos:

Cumplimiento de requisitos de forma:

El título tiene un máximo de 19 palabras.

La memoria escrita se ajusta a la estructura establecida.

El documento se ajusta a las normas de escritura científica seleccionadas por la Facultad. La investigación es pertinente con la línea y sublíneas de investigación de la carrera.

Los soportes teóricos son de máximo 5 años. La propuesta presentada es pertinente.

Cumplimiento con el Reglamento de Régimen Académico:

El trabajo es el resultado de una investigación.

El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.

El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.

El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se indica que fue revisado, el certificado de porcentaje de similitud, la valoración del tutor, así como de las páginas preliminares solicitadas, lo cual indica el que el trabajo de investigación cumple con los requisitos exigidos.

Una vez concluida esta revisión, considero que el estudiante está apto para continuar el proceso de titulación. Particular que comunicamos a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,



FREDDY STEVE
PINCAY
BOHORQUEZ

DOCENTE TUTOR REVISOR
C.C: 0919786285

FECHA: 19/03/2021

Declaración de autoría

“La responsabilidad del contenido de este Trabajo de Titulación, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio Intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil”

Vélez Santana Luis Alberto
C.C. 0925901530

Índice general

N°	Descripción	Pág.
	Introducción	1

CAPITULO I EL PROBLEMA

N°	Descripción	Pág.
1.1	Planteamiento del problema	2
1.2	Formulación del problema	2
1.3	Sistematización	3
1.4	Objetivo general	3
1.5	Objetivos específicos	3
1.6	Justificación	3
1.7	Delimitación	4
1.8	Alcance	4
1.9	Hipótesis	4
1.10	Variables	4
1.10.1	Variable dependiente	4
1.10.2	Variable independiente	4
1.11	Operacionalidad de las variables	4

CAPITULO II MARCO TEÓRICO

N°	Descripción	Pág.
2.1	Antecedentes	6
2.1.1	Fototrampeo de Fauna Silvestre en Perú	6
2.1.2	Fototrampeo de Fauna Silvestre en Costa Rica	8
2.1.3	Fototrampeo de Fauna Silvestre en Colombia	10
2.2	Marco Teórico	12
2.2.1	Variables ambientales y fauna silvestre	12
2.2.2	Cámaras trampa	14
2.2.3	Tipos de cámaras trampa	17
2.2.4	Objetivos de diseño y muestreo	18
2.2.5	Requisitos de cámaras trampa como hardware	19

N°	Descripción	Pág.
2.2.6	Colocación de cámaras trampa	20
2.2.7	Mantenimiento de cámaras trampa	21
2.2.8	Energía renovable	22
2.2.8.1	Energía eólica	23
2.2.8.2	Energía solar	23
2.2.8.3	Energía hídrica	24
2.2.9	Baterías	25
2.2.10	Almacenamiento – Data Logger	26
2.2.11	GPS	27
2.2.12	OSD	28
2.2.13	RTC	29
2.2.14	Sensores	31
2.2.14.1	Sensor de proximidad	31
2.2.14.2	PIR	31
2.2.14.3	Sensor de humedad y temperatura	32
2.2.15	ESP8266	33
2.2.16	STM32F4	35
2.2.17	Antenas	36
2.3	Marco Legal	37

CAPITULO III METODOLOGÍA

N°	Descripción	Pág.
3.1	Metodología	38
3.2	Herramientas	40
3.2.1	Entrevista	40
3.3	Comparación de fototrampeo en otros países	43
3.4	Diseño	44
3.4.1	Selección de componentes	44
3.4.1.1	Microcontroladores	44
3.4.1.2	Energía	44
3.4.1.3	Sensores	45
3.4.2	Diagrama de bloques	46

3.4.3	Diseño en 3D	48
3.4.4	Diagrama esquemático	50
3.5	Conclusiones	51
3.6	Recomendaciones	51
	Anexos	52
	Bibliografía	56

Índice de Tablas

Nº	Descripción	Pág.
1	Operacional de la variable dependiente	4
2	Operacionalidad de la variable indepentiende	5
3	Especificacionesd e una cámara trampa	20
4	Comparativa de fototrampeo en otros países	43
5	Comparativa entre Arduino y STM32F4	44
6	Comparativa entre los tipos de energía para alimentación del sistema de monitoreo de fauna silvestre.	44

Índice de Figuras

Nº	Descripción	Pág.
1	Imagen nocturna de un otorongo	7
2	Imagen nocturna de un cacoximitile	9
3	Imagen de un paujil de pico azul	11
4	Imagen de un venado cerca de un riachuelo	13
5	Cámara trampa	15
6	Tipos de cámaras trampa	17
7	Colocación de cámaras trampa	21
8	Colocación y mantenimiento de cámaras trampa	22
9	Aerogeneradores	23
10	Techos con paneles solares	24
11	Represa	25
12	Baterías	26
13	Data Logger	27
14	GPS	28
15	Captura del OSD	29
16	RTC	30
17	PIR	32
18	Sensor de humedad y temperatura	33
19	ESP8266	34
20	STM32F4	36
21	Diseño de la metodología de la investigación para el sistema de monitoreo de fauna silvestre	38
22	Diagrama de bloques del sistema de monitoreo de fauna silvestre	48
23	Vista interna del sistema de monitoreo de fauna silvestre	48
24	Ubicación de componentes para el sistema de monitoreo de fauna silvestre	49
25	Vista externa del sistema de monitoreo para fauna silvestre	49
26	Diagrama esquemático del sistema de monitoreo de fauna silvestre	49

Índice de Anexos

N°	Descripción	Pág.
1	Vista interna del sistema de monitoreo de fauna silvestre.	53
2	Vista interna del sistema de monitoreo de fauna silvestre.	54
3	Diseño esquemático del sistema de monitoreo de fauna silvestre.	55



ANEXO XIII.- RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN (ESPAÑOL)



FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA

“SISTEMA PARA EL MONITOREO DE FAUNA SILVESTRE MEDIANTE EL USO DE IMÁGENES Y VIDEO CON INFORMACIÓN DE VARIABLES AMBIENTALES”

Autor: Vélez Santana Luis Alberto.

Tutor: Ing. Comp. Plaza Vargas Ángel Marcel. MSC.

Resumen

Actualmente, para el monitoreo de fauna silvestre se usan procedimientos no invasivos para obtener información de diferentes especies sin alterar su entorno, se usan las denominadas cámaras trampa que se mimetizan en el ambiente a monitorear. Sin embargo, estos sistemas en la actualidad solo se pueden obtener imágenes o videos captados con hora y fecha, no incluye variables ambientales las cuales claramente por estudios previamente hechos determinan el comportamiento de ciertas especies. En este proyecto se propone un diseño mejorado en 3D, el cual es alimentado por energía limpia y renovable, que le proporciona un tiempo de funcionamiento más extenso que una batería común; además tendrá provisto de sensores con los que se podrán conocer variables ambientales como temperatura y humedad; haciéndolo un sistema de captación de fotos por medio de sensores activos y pasivos (PIR e infrarrojo).

Palabras claves: Monitoreo, sistema, variables, fauna, silvestre.



ANEXO XIII.- RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN (ESPAÑOL)

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA



“SYSTEM FOR WILDLIFE MONITORING THROUGH THE USE OF IMAGES AND VIDEO WITH INFORMATION ON ENVIRONMENTAL VARIABLES”

Author: Vélez Santana Luis Alberto

Advisor: SE. Plaza Vargas Ángel Marcel, MG.

Abstract

Currently, for monitoring wildlife, non-invasive procedures are used to obtain information on different species without altering their environment, so-called camera traps are used that blend into the environment to be monitored. However, these systems at present can only obtain images or videos captured with time and date, it does not include environmental variables, which clearly by previously made studies, determine the behavior of certain species. In this project, an improved 3D design is proposed, which is powered by clean and renewable energy, which provides a longer operating time than a common battery; it will also have sensors with which environmental variables such as temperature and humidity can be known; making it a photo capture system using active and passive sensors (PIR and infrared).

Key words: Monitoring, system, variables, fauna, wild.

Introducción

El presente Trabajo de Titulación trata sobre el diseño de un sistema de monitoreo de fauna silvestre usando la captación de imágenes y videos con información de variables ambientales, usando herramientas de bajo costo y energía renovable.

El documento consta de 3 capítulos los cuales están divididos de la siguiente forma:

Capítulo 1 - El problema: Se encuentra un apartado en el que se da a conocer la problemática de realizar el monitoreo de fauna silvestre no invasivo utilizando técnicas de fototrampeo, además se detallan los objetivos y el alcance que tendrá la investigación en cuestión.

Capítulo II – Marco teórico: En esta sección se encuentran los antecedentes de la investigación como los manuales de fototrampeo en otros países para hacer una comparativa de los métodos empleados, los tipos de energía que pueden ser empleados en este proyecto, los sensores, microcontroladores, tipos de cámaras trampa entre otros.

Capítulo III – Metodología: En este capítulo se encontrará información referente a la metodología empleada para el desarrollo de la tesis, además de tablas para realizar comparativas y concluir sobre las herramientas que serán empleadas en el diseño, además de un diseño en 3D para tener una percepción de como lucirá el sistema y por último se encontrará las conclusiones y recomendaciones.

Capítulo I

El problema

1.1 Planteamiento del problema

Desde el punto de vista ambiental preservación de la fauna silvestre en el país se ha visto impulsada por medio de varios proyectos y políticas. El rápido declive observado en la biodiversidad, particularmente en los animales silvestres, en todo el mundo y la degradación de los hábitats naturales que albergan a sus poblaciones son hoy ampliamente aceptados como hechos.

No ha sido tan importante comprender cómo las poblaciones animales responden a las amenazas modernas y documentar el funcionamiento de los ecosistemas y las interacciones intracomunitarias (Barrows et al., 2005) como para poder implementar estrategias apropiadas de manejo y conservación. La actualización regular de los datos sobre la densidad de la población animal y sobre el grado de interacciones entre especies es, por tanto, crucial para evaluar las variaciones espacio-temporales en las poblaciones y comunidades.

Uno de los métodos empleados para el control de la fauna se realizan por medio de cámaras trampa, las mismas que capturan videos realizados por fotogramas para constatar la existencia de las especies, pero no muestran alguna otra información.

Por la forma en la que están diseñadas presentan un problema respecto a la forma de alimentación, ya que se realiza por medio de baterías, con este proyecto se busca mejorar la forma en la que son energizadas. (Trollet, Huynen, Vermeulen, & Hambuckers, 2014)

Además, pese a que se gestionan diversos procedimientos para evadir el tráfico ilegal de vida silvestre y de esta forma contribuir a la conservación de la misma, en la actualidad todavía se hallan presentes cazadores furtivos que atentan a las mismas.

Las cámaras trampa ofrecen una solución euleriana para monitorear animales que evitan sesgos sencillamente grabando una fotografía de los animales que se mueven en la fuente de ellos.

1.2 Formulación del problema

¿De qué forma se podrá ayudar a controlar y obtener información de las variables ambientales para el monitoreo de la fauna silvestre en la ciudad de Guayaquil?

1.3 Sistematización del problema

El presente Trabajo de Titulación busca dar respuesta a las interrogantes que se tienen a continuación:

- 1) ¿Cuáles son las variables ambientales que se deben tener presente para el monitoreo de fauna silvestre en Guayaquil?
- 2) ¿Cómo se obtendrá la información de las variables ambientales para la conservación y monitoreo de fauna silvestre?
- 3) ¿De qué forma se alimentará el sistema para la medición de variables ambientales para la conservación y monitoreo de fauna silvestre?
- 4) ¿Cómo será el sistema que captará las variables ambientales para la conservación y monitoreo de fauna silvestre?

1.4 Objetivo general

Diseñar un sistema de sensores y cámaras trampa utilizando herramientas open source y energía renovable para el seguimiento y registro de datos de la fauna silvestre.

1.5 Objetivos específicos

- 1) Determinar principales variables ambientales que afectan al monitoreo de la fauna silvestre.
- 2) Comparar componentes para la medición y captación de videos.
- 3) Determinar sistema de alimentación de energía.
- 4) Diseñar el sistema de captura de video y variables ambientales para el monitoreo de la fauna silvestre ecuatoriana.

1.6 Justificación

La Constitución de la República del Ecuador establece que uno de los objetivos del régimen de desarrollo, es el recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural. (Ministerio del Ambiente, 2017)

Se debe fortalecer la conservación de la biodiversidad a través de mecanismos que mejoren el bienestar de la fauna silvestre garantizando la salud humana, animal y ecosistémica en articulación con los diferentes niveles de gobierno, considerando las competencias y atribuciones interinstitucionales, sectoriales, desconcentradas y

descentralizadas.

1.7 Delimitación

El presente Trabajo de Titulación está delimitado geográficamente en la ciudad de Guayaquil y es realizado en el periodo de 4 meses.

1.8 Alcance

Presentar un diseño que permita superponer en imágenes y/o videos información sobre la fauna silvestre, utilizando herramientas de bajo costo como lo son sensores de humedad, temperatura, de proximidad ultrasónico, PIR, presión atmosférica, OSD, GPS, luces infrarrojas, cámara con capacidad de captar los infrarrojos, un dispositivo de almacenamiento y un controlador; el mismo que será alimentado por medio de energía renovable como es el uso de paneles solares. Con lo que se obtendrá información que puede ser tratada y analizada posteriormente por expertos en el tema.

1.9 Hipótesis

¿Se puede obtener información de variables ambientales para el control de la fauna silvestre utilizando herramientas de bajo costo con sistema de energía renovable?

1.10 Variables

1.10.1 Variable dependiente

Sistema de obtención de variables ambientales para monitoreo de fauna silvestre.

1.10.2 Variable independiente

Fauna silvestre

1.11 Operacionalidad de las variables

Tabla 1. Operacionalidad de la variable dependiente.

Conceptualización	Categoría	Indicador	Ítems	Técnicas e instrumentos
Sistema de obtención de variables ambientales para	- Diseño del sistema de monitoreo de variables ambientales	- Circuito electrónico	- Manuales de fototrampe o	- Bibliografía - Observación

monitoreo de fauna silvestre.	-				
				- Necesidad de procesamiento de información	- Bibliografía - Observación
	- Microcontrolador	- Circuito entregado			
				- Magnitudes que se deseen conocer	- Bibliografía - Observación
	- Sensores	- Captación de magnitudes físicas			
				- Energía limpia	- Bibliografía - Observación
	- Alimentación	- Energía renovable			

Información tomada de la investigación directa, elaborada por el autor: Luis Vélez Santana.

Tabla 2. Operacionalidad de la variable independiente.

Conceptualización	Categoría	Indicador	Ítems	Técnicas e instrumentos
			- Manuales de fototrampeo y monitoreo de fauna no invasivo.	- Bibliografía - Entrevista
Fauna silvestre	- Especies - Ausencia o presencia - Comportamientos - Crías	- Monitoreo de fauna		

Información tomada de la investigación directa, elaborada por el autor: Luis Vélez Santana.

Capítulo II

Marco Teórico

2.1 Antecedentes

2.1.1 Foto trampeo de Fauna Silvestre en Perú

La utilización de las cámaras trampa cobra trascendencia en el Perú, uno de las naciones más megadiversos de todo el mundo ya que tiene bastante más de 100 zonas naturales protegidas de diversa índole en las que resguarda su patrimonio natural en bastante más de 22 000 000 de hectáreas (más del 17 % de la extensión de la tierra de la región nacional), de acuerdo a información del Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP).

Hay algunas maneras para registrar la diversidad biológica de un espacio. Podría ser por medio de la colocación de un collar a una especie anteriormente capturada y que es monitoreada vía satélite, o con otras técnicas. Quizá la más eficaz es la de las cámaras trampa, pues no se necesita acercarse a ni una especie, no se le participa. Además, esto posibilita registrar por medio de imágenes animales que usualmente son evasivos al ojo humano. (Montero Alvarez & Almeyda Zambrano, 2018)

El esfuerzo desplegado se ve recompensado por los resultados positivos de las cámaras trampa al instante del registro a diferentes especies de tierra. Los registros que se obtienen son fotografías o incluso videos. Este material proporciona información bastante eficaz para la averiguación: especie detectada, fecha, hora, etapa lunar y temperatura, sexo, tamaño de los equipos de personas (en caso de especies sociales), épocas de apareamiento o cría (por la existencia de parejas, de crías o juveniles) y comportamiento (territorialidad, preferencias en la alimentación), entre otros.

Las jefaturas de las zonas protegidas del Perú trabajan con organismos de la sociedad civil para que en grupo de investigue sobre la diversidad biológica en las superficies naturales con las cámaras trampa. Principalmente dichos son los que proveemos licencias para que especialistas de las instituciones logren ingresar a aprender la diversidad biológica. La manera común en que el Estado por sí mismo estudia la biodiversidad en las superficies naturales protegidas es con la caminata de los guardabosques y la ubicación digital por medio de GPS una vez que observamos especies.

Existen diferentes modelos de cámaras trampa, pero una de las más usadas es la Bushnell, con coberturas especiales para el territorio agreste de los Andes o la Amazonía. Un aproximado del costo de esta clase de cámaras es de 150 dólares. No obstante, hay otros

modelos más avanzados que cuestan hasta 500 dólares, el dinero invertido para un plan de registro de especies es enorme, así como el desafío de registrar una especie en desplazamiento. Inclusive se han observado proyectos en los cuales los científicos se trepan a los árboles para situar las cámaras trampa pese al riesgo que implica subirse a metros y metros de distancia del suelo. Las cámaras trampa son óptimas porque soportan el clima extremo de algunas zonas y pueden permanecer en un solo lugar gran cantidad de tiempo sin necesidad de que una persona esté en campo. “Es posible registrar especies en todos los horarios (diurnos y nocturnos). Aquellas que son difíciles de observar, con una cámara trampa se observan sin mucha dificultad (Montero Alvarez & Almeyda Zambrano, 2018)



Figura 1. Imagen nocturna de un otorongo. Información tomada del Manual de fototrampeo de Perú. Elaborado por el Parque Nacional del Manu.

Perú está utilizando cámaras trampa en la Reserva Comunal Amarakaeri (Madre de Dios), en el Santuario Nacional Tabacones Namballe (Cajamarca) y en la concesión de conservación Río La Novia (Ucayali). “En el caso de Río La Novia, en la provincia de Purús, trabajamos entre el 2013 y el 2014 con un equipo de entre seis y ocho personas para la colocación de 36 cámaras y el posterior procesamiento de datos. En Tabaconas Namballe el trabajo se dio en el 2014 con 36 cámaras, el 2015 con 60 cámaras, el 2016 con 120 cámaras

y con un equipo de ocho personas. Planeamos continuar en 2017. También acabamos de trabajar en la Reserva Comunal Amarakaeri con el uso de hasta 90 cámaras trampa.

2.1.2 Foto trampeo de Fauna Silvestre en Costa Rica

En Costa Rica se realizan una secuencia de paso:

1. Conocer las expectativas de la sociedad local y desarrollar un plan de convocatoria. Conocer cuáles son las metas, expectativas y necesidades de la sociedad es fundamental para ir dando forma al programa de monitoreo a empezar. Por consiguiente, se necesita crear mecanismos para facilitar la colaboración o un plan de convocatoria debido a que es fundamental conocer cómo se debería llegar a una sociedad; que debería comunicárseles para que la iniciativa sea llamativa, se motiven a participar en un proceso y cómo mantenerlos motivados para asegurar la continuidad y triunfo del plan participativo.
2. Perfil y Selección de los actores a implicar. El perfil de los competidores y la optima selección de los mismos es algo de esencial trascendencia para el triunfo del plan, de preferencia si son equipos organizados con interés en temas del medio ambiente (brigadistas bomberos voluntarios , asociaciones comunales, miembros de Corredores Biológicos, asociaciones de guías locales, Tips Locales, arrieros, ecoguías, , entre otros) y conocedores del área tales como: vecinos de las ASP, propietarios de fincas o reservas privadas en regiones aledañas a las ASP, voluntarios y pasantes
3. Empoderar a las sociedades locales en el monitoreo y desempeño de sus recursos silvestres. Los actores locales relacionados tienen que ser ubicados y entrenados apropiadamente así sea por las autoridades del medio ambiente o estudiosos profesionales en el asunto de fototrampeo. Los actores locales que fueron apropiadamente entrenados y se encuentren al mando de las ocupaciones de monitoreo, tienen que ser empoderados para intervenir de manera directa en el campo y en elecciones de desempeño resultantes de estas ocupaciones. Las ocupaciones de monitoreo se tienen que ajustar al día a día de trabajo de los actores locales de manera que no sea una carga adicional a sus tareas diarias. De aquí que otra importancia fundamental es explicarle a la población la periodicidad del plan, los sitios donde se desarrollara el plan, la logística y factibilidad. La divulgación de la información, resultados y productos, debería desarrollarse en grupo con la

sociedad y en el material divulgativo se les debería ofrecer el valor elemental a los competidores en el proceso.

4. Ofrecer Seguimiento y Evaluación de las ocupaciones del MAP (Monitoreo Ambiental Participativo). Como parte del proceso, es importante el seguimiento y evaluación de las ocupaciones del MAP (Monitoreo Ambiental Participativo) para robustecer la administración y su efectividad a partir de la adhesión del equipo de trabajo, el trabajo de campo hasta el estudio de la información generada
5. Internalizar la responsabilidad y compromiso con el MAP (Monitoreo Ambiental Participativo) por parte de los funcionarios ejecutores del MAP.
6. Es primordial que los burócratas internalicen la responsabilidad que significa hacer el Monitoreo Ambiental Participativo con cámaras trampa. El trabajo de campo en grupo con la sociedad civil quizás sea la parte más interesante en términos de motivación e interés y en el cual se refleja el esfuerzo, dedicación y creatividad.

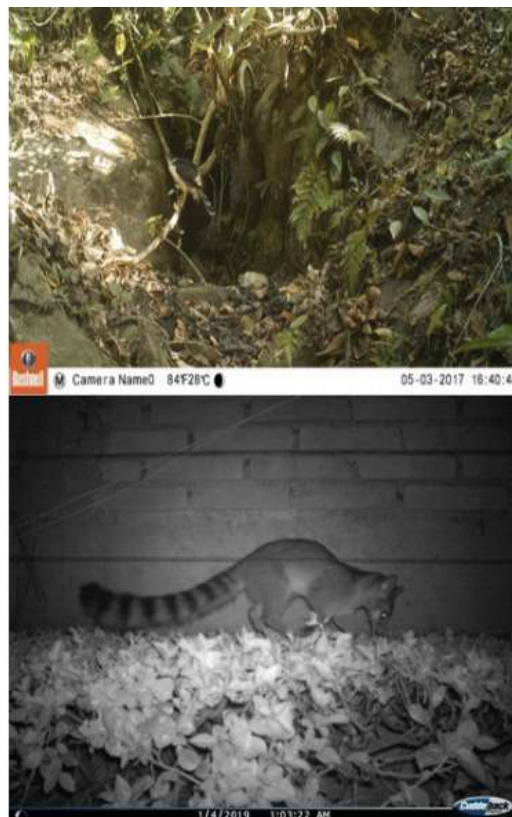


Figura 2. Imagen nocturna de un cacomixtle. Información tomada del Manual de fototrampeo de Costa Rica. Elaborado por Costa Rica.

El interés en desarrollar técnicas innovadoras para fotografiar fauna con la menor variación viable ha producido viable el diseño de dispositivos que hoy son conocidos como

“cámaras trampa”. Las cámaras trampa son artefactos fotográficos que se instalan en el campo y posibilita obtener imágenes de animales que caminan en frente. La activación de las cámaras se da debido a un mecanismo que funciona mediante sensores de desplazamiento y/o calor incorporados que disparan las cámaras (Ullas Karanth and Nichols, 2010).

2.1.3 Foto trampeo de la Fauna Silvestre en Colombia

En Colombia, la utilización sistemática de las cámaras trampa ha tenido sitio en la última década. Los resultados de dichos estudios permitieron estimar la densidad de jaguar y ocelote en la Amazonia en superficies protegidas y no protegidas (Payán 2009a, Payán et al. 2012); estimar la densidad de ocelotes en la Orinoquia (Díaz-Pulido y Payán 2011) y en los Andes (Valderrama 2012)

La utilización de esta metodología se ha extendido de tal forma que se cree que las publicaciones científicas que utilizan cámaras trampa han incrementado con un incremento anual del 50% y del mismo modo las discusiones con interacción a los diseños de muestreo y los procedimientos de estudio de la información. (Rowcliffe y Carbone 2008). La fama del procedimiento no es solo por la riqueza de información producida velozmente por las cámaras sino además por la mejoría en tecnología, y disminución de tamaño y precio de los conjuntos. La accesibilidad comercial de las cámaras trampa todavía es una limitante.

Quizás el cambio más enorme en tecnología ha sido de cámaras análogas a digitales, que remplazaron el rollo fotográfico, enormemente sensible a la humedad y la luz, por unidades de almacenamiento más pequeñas y menos propensos (USB).

La tecnología además ha cambiado referente a los sensores que activan la cámara, partiendo de “alambre de Shiras”, pasando por sensores que requerían de un receptor de la señal localizado en frente de la cámara trampa, hasta los recientes sensores térmicos y de desplazamiento. De igual manera se han limitado los precios para el mantenimiento de las cámaras trampa en campo.

Las baterías poseen una más grande durabilidad, las unidades de almacenamiento (USB) tienen la posibilidad de ser recicladas y su historia eficaz es mucho más grande. Adicionalmente la información que da cada fotografía es cada vez más grande. Los modelos más fáciles de cámaras trampa incluían información de fecha y hora y actualmente se puede registrar no solo esta información, además se incluye información de temperatura, etapa lunar y nombre de la estación de muestreo si se quiere.



Figura 3. Imagen de un paujil de pico azul. Información tomada del Manual de fototrampeo de Colombia. Elaborado por Humboldt Colombia

La observación directa de animales en campo es la metodología más usada para el análisis del comportamiento. En determinados puntos esta todavía es la exclusiva forma para conocer las respuestas de los animales a los diferentes estímulos a los que son expuestos en su hábitat natural. No obstante, la inevitable presencia humana primordial para realizar estas visualizaciones puede alterar de manera significativa las respuestas de los animales. En otros varios casos las restricciones logísticas y los pequeños tamaños de muestra que se adquieren desde la observación directa, reducen la efectividad de esta metodología, lo que ha llevado a intentar la utilización de otras maneras para aprender la conducta animal. Ya que ocupaciones particulares no tienen la posibilidad de ser determinadas desde una exclusiva fotografía, la utilización de trampas cámara no provee información específica acerca del comportamiento exhibido por un animal. No obstante, su uso puede contribuir a contrarrestar las restricciones logísticas inherentes a la observación directa y da información preciada para la decisión de temas específicos e relevantes dentro del repertorio comportamental de las especies, como, por ejemplo: patrones de actividad cotidianos, de depredación de nidos, forrajeo, partición de nichos ecológicos, uso de hábitat y patrones reproductivos (Bridges y Noss 2011). Estas ventajas se realizan todavía más evidentes una vez que se tiene presente que en un análisis que use cámaras trampas, son numerosas las especies que se registran.

Por esta razón el estudio de la información resultante de un muestreo de esta clase resulta en información importante para un variado número de especies.

2.2 Marco teórico

2.2.1 Variables ambientales y fauna silvestre

La luz del sol pertenece a los componentes ecológicos más relevantes, pues es la fuente primordial de energía para todos los organismos vivos. La proporción de luz que llega a definido punto del suelo es dependiente de la era del año, las nubes, la altitud, la orientación (si es lote de ladera) y la vegetación que lo cubre.

Una vez que la vegetación es bastante densa, como en la selva, la sombra de las plantas más altas disminuye la luz que llega al suelo hasta porciones mínimas. En esos bosques formados por árboles de hojas que caen con el gélido, la luz que alcanza el grado inferior cambia con la era del año: se incrementa una vez que los árboles permanecen desprovistos de hojas y reduce una vez que el follaje se hace más denso.

Las plantas, paralelamente, son la base de la ingesta de alimentos de los animales. O sea, la luz es imprescindible para toda la cadena de la vida. La duración de las horas de luz y la temperatura determinan la era de floración de las diversas especies vegetales. Además, la luz es un elemento regulador de procesos metabólicos y de comportamiento para bastantes animales. La proporción de horas de luz y los cambios de temperatura indican a varios animales una vez que es la era para reproducirse, migrar o hibernar.

La luz visible no es la exclusiva forma en que nos llegan las radiaciones del sol. Además, el calor es dependiente de los relámpagos solares. El reparto de la temperatura es un elemento ecológico fundamental, que ha obligado a varias plantas y animales a ajustarse para sobrevivir.

Aves y mamíferos tienen mecanismos para conservar estable su temperatura del cuerpo, aun cuando cambie la temperatura del medio. Esta probabilidad les posibilita vivir en regiones de gigantes variaciones climáticas. Ciertos de ellos tienen, además, adaptaciones que les permiten sobrevivir con temperaturas extremas, en especial bajas. Un grueso pelaje, reservas de grasa del cuerpo, períodos de hibernación, juntar alimentos para el invierno, averiguación o creación de refugios y guaridas, les ayudan a quedar en zonas que se cubren de una gruesa capa de hielo.

Hay especies de insectos que se han adaptado a desiertos o a regiones polares. Los que viven en zonas cálidas acostumbran tener colores claros y brillantes, que reflejan y rechazan las radiaciones solares. Los que habitan regiones cubiertas por la nieve poseen un color

bastante oscuro que les posibilita absorber mejor las radiaciones. Fallecen en invierno, empero su descendencia sobrevive a modo de huevos, larvas o pupas, que son menos propensos al gélido. Otros insectos, como las mariquitas, pasan los fríos apiñados o escondidos entre restos vegetales.

Ranas, sapos, serpientes y lagartos se entierran en el suelo, se refugian en huecos de los árboles o bajo las rocas. Como no son capaces de regular su temperatura del cuerpo, ésta descende al grado de la temperatura del refugio. Las aves migratorias recorren anualmente gigantes distancias, en busca de climas más cálidos y alimentos. Además, migran ciertos herbívoros, y tras ellos van sus depredadores



Figura 4. Imagen de un venado cerca de un riachuelo. Información tomada de Wild Gye. Elaborado por Wild Gye.

El clima es uno de los factores más básicos que afectan a las poblaciones de animales, pero se desconoce la fuerza típica de tales impactos en la dinámica de la población. Incorporamos datos de índices meteorológicos y climáticos en el análisis de 492 series de tiempo de mamíferos, aves e insectos de la base de datos de dinámica de la población mundial.

Un enigma es que una multitud de datos meteorológicos considerado potencialmente importante y, por lo tanto, presenta un riesgo de sobreajuste estadístico. La selección del modelo o el promedio por sí solo podrían indicar falsamente que el clima proporciona fuertes mejoras en la precisión de la predicción de la población a corto plazo. Sin embargo, una prueba de aleatorización de bloques revela que la mayoría de las mejoras resultan de un ajuste excesivo. Las variables meteorológicas y climáticas, en general, mejoran las predicciones, pero las mejoras apenas fueron detectables a pesar de la gran cantidad de conjuntos de datos considerados. (Knappe & De Valphine, 2010)

2.2.2 Cámaras trampa

La cámara trampa moderna es simplemente una cámara digital conectada a un sensor de infrarrojos que puede "ver" objetos cálidos que se mueven, como animales. Cuando un animal pasa por el sensor, hace que la cámara dispare, grabando una imagen o video en la tarjeta de memoria para su posterior recuperación. Las cámaras trampa se pueden dejar en el campo para vigilar continuamente un área de hábitat durante semanas o incluso meses, registrando los eventos más raros que ocurren en la naturaleza.

Las cámaras trampa proporcionan datos sobre la ubicación de las especies, el tamaño de las poblaciones y cómo interactúan las especies. También nos ayudan a comprender cómo los humanos y el ganado interactúan entre sí y con otras formas de vida silvestre.

El desarrollo de cámaras trampa en red, capaces de enviar imágenes a través de redes telefónicas o satelitales casi en tiempo real, ha proporcionado una nueva herramienta en la lucha contra la caza furtiva. Las nuevas herramientas de software y los modelos estadísticos también hacen que sea mucho más fácil y rápido obtener información de alta calidad a partir de las miles de imágenes que las cámaras trampa pueden generar rápidamente. Esto está mejorando nuestra comprensión de los impactos humanos en la vida silvestre y ayudando a los administradores de la tierra a tomar mejores decisiones tanto a pequeña como a gran escala.

A pesar del gran potencial de las cámaras trampa, existen varios desafíos importantes al trabajar con ellas. Esto puede resultar frustrante para los nuevos usuarios de la tecnología y puede provocar una pérdida de tiempo y recursos. Aquí proporcionamos toda la información necesaria para poner en funcionamiento las cámaras trampa lo más rápido posible. Nuestro objetivo es maximizar la eficacia de las cámaras trampa para la conservación y la investigación ecológica. Presentamos la tecnología, lo ayudamos a decidir si las cámaras trampa son adecuadas para sus necesidades, le proporcionamos la información que necesita

al comprar cámaras trampa y luego le damos recomendaciones detalladas sobre cómo implementar exactamente las cámaras trampa en el campo.

Esto puede incluir todo, desde un gran felino patrullando su territorio, hasta el asalto de un nido de pájaro por un depredador. Las cámaras trampa también son “amigables con la vida silvestre”, ya que causan poca o ninguna perturbación a la vida silvestre. Al mismo tiempo, producen registros de animales permanentes y verificables, similares a los especímenes tradicionales de vales de museo. Las cámaras trampa tienen la posibilidad de ser activas o pasivas, constan de un sensor de desplazamiento y/o calor, no obstante, el precio de las mismas cambia dependiendo de la proporción de modificaciones que muestran relacionadas unas con otras. Hay modelos con lentes fijos en la cámara que resultan muy rápidos para disparar y, no obstante, carecen de la definición de una buena fotografía, al salir por lo general desenfocados. Sin embargo las cámaras con superiores lentes, cualquier tipo de dispositivo que enfoque al individuo, son lentas y frecuentemente aun cuando se registra la especie, el resultado es una foto parcial del sujeto en cuestión. Asimismo, las novedosas generaciones de trampas-cámara permanecen usando cámaras digitales, con una más grande capacidad de registros fotográficos (incluso tienen la posibilidad de sacar videos), y que permiten dejar las cámaras-trampa por más tiempo en el campo, ya que además han mejorado la utilización de las baterías.



Figura 5. Cámara trampa. Información tomada de www.raig.com. Elaborado por RAIG.

La disponibilidad y reducción de precios en la preparación de trampas de cámara ha elaborado que este instrumento, que hasta hace pocos años era un lujo que únicamente ciertos estudiosos o productores de documentales de vida silvestre podían usar, se haya

vuelto conocida y que a la fecha sea la técnica más aconsejable para obtener tendencias y estimaciones confiables de las poblaciones de ciertos de los carnívoros más raros de todo el mundo.

En la actualidad hay una monumental pluralidad de trampas de cámara, cuyos precios varían de \$60 hasta los \$1 000 dólares por unidad. La selección del equipo debería obedecer, por una sección a las metas del análisis en cuestión, y por otro a los recursos accesibles, no obstante como es la situación de nuestra región, el investigador principalmente no puede darse el lujo de usar las superiores cámaras y debería obtener el mejor equipo por el mejor costo. De especial trascendencia para la selección de las trampas-cámara es el lugar en donde se van a usar, siendo la proporción de precipitación, así como la humedad relativa los componentes determinantes.

Las trampas-cámara tienen que situarse preferido en sitios en donde se hayan encontrado registros de la o las especies a laborar, no debería hacerse un diseño al azar, debido a que los animales no se mueven de esta forma y usan de forma selectiva ciertas propiedades del paisaje como son cañadas, crestas de cerros, encrucijadas de veredas o senderos, así como las bases de árboles y piedras de enorme tamaño. Las trampas-cámara tienen que fijarse a un árbol, o usar un trípode o una estaca de metal a una elevación aproximada de 50 centímetros del suelo, con el objetivo de obtener una foto de cuerpo humano completo de la especie en cuestión, esta elevación cubre la gama de tamaños para las especies en México.

Se propone la utilización de pulpos (cuerdas elásticas) para fijar las trampas al tronco de un árbol, y en sitios que presenten una enorme proporción de gente se indica la utilización de cadenas para minimizar la probabilidad de hurto de las mismas. Esto último sí fue un serio problema en muchas piezas del territorio, debido a que la población no posee respeto por los bienes ajenos y no posee importancia del mal que está realizando, no solo a partir de la perspectiva material, sino cada una de las repercusiones que representa la pérdida de información en los estudios que se conducen a cabo con mucho esfuerzo de parte de los estudiosos.

La división entre estaciones donde se coloquen las cámaras cambia según la especie, recomendándose una distancia de al menos 0.5 y 1.0 km entre cámaras para especies menores a los 10 kilogramo. Para la situación de especies más grandes a este peso se propone una división de al menos 1.5 km entre trampas-cámara. Un aspecto fundamental es que las cámaras-trampa tienen que situarse con dirección Norte-Sur, para eludir que la exposición al sol dispare la cámara. Además, tendrá que tomarse las precauciones correctas para que los movimientos de la vegetación por el viento no disparen la cámara. La cámara debería

estar a una distancia idónea del camino donde se prevé que pasará el animal, para que sea capturado del todo.

Se puede señalar que las cámaras-trampa son una buena herramienta para conocer la diversidad biológica, patrones de comportamiento, estimaciones poblacionales, más que nada para los que estudiamos la fauna silvestre, y podría ser un complemento fundamental de otros tipos de muestreo como los trampeos, procedimientos indirectos por medio de huellas, heces fecales, rascaderos, cuevas, etcétera. y que está siendo cada vez más usado para crear entendimiento de especies animales difíciles de mirar.

2.2.3 Tipos de cámaras trampa



Figura 6. Tipos de cámaras trampa Información tomada de www.raig.com. Elaborado por RAIG.

Existen tres tipos diferentes de cámaras de fototrampeo, según el tipo de luz que usen:

- 1) Luz infrarroja: Emiten luz infrarroja en una longitud de onda de 850nm, por consiguiente, los paneles de LED se iluminan de color rojo. Esta luz es visible a primera vista. Estas cámaras otorgan bastante buena calidad de perspectiva nocturna, esto nos es de enorme ayuda para la diferenciación e identificación de especies.
- 2) Luz Negra: Emiten luz infrarroja sin embargo en una longitud de onda mayor a los 940nm, una frecuencia no visible al ojo humano. No la ven ni los humanos ni los individuos, por consiguiente, permite la observación. Al no ser un haz de luz tan potente, no llegará tan lejos y los animales en desplazamiento nos tienen la posibilidad de salir un tanto desenfocados.

- 3) Luz Blanca o incandescente: Las cámaras con luz blanca disponen de un flash incandescente o leds de luz visible. La luz es perfectamente visible por animales e individuos y únicamente son recomendables en los casos en que es fundamental obtener imágenes nocturnas en color. Esta clase de cámaras puede ser incómodas para la fauna, y son de forma fácil detectables por la noche, por lo cual no las proponemos, exceptos en casos excepcionales.

2.2.4 Objetivos y diseño de muestreo

El diseño del muestreo está dado por la finalidad del análisis. El propósito paralelamente está dado por la pregunta de indagación que se quiere contestar. Se necesita, por consiguiente, decidir antes cual es el propósito de la instalación de las cámaras trampa en campo, así se define la época solicitado para la indagación, el número de cámaras trampa a utilizar, los insumos requeridos para su mantenimiento en campo, la localización de las cámaras trampa, el tipo de estaciones de muestreo y todos los detalles del diseño de muestreo y del siguiente estudio de los resultados.

En las metas que tienen la posibilidad de tener los estudios usando cámaras trampa se hallan lo siguiente:

- Determinar la presencia/ausencia de especies.
- Estimar la diversidad de especies.
- Estimar la abundancia relativa de vertebrados terrestres.
- Estimar la densidad de especies.
- Definir patrones de actividad de especies.
- Detectar comportamientos de las especies registradas.

Las metas de muestreo no se restringen a los citados antes. Cada investigador puede conceptualizar y generar sus propios fines y procedimientos de estudio en el tamaño que la información facilitada por las fotografías y los exámenes estadísticos lo permitan. El diseño de muestreo generalmente necesita de un mapa topográfico y otro de cobertura del área de análisis. En este mapa se hace un “diseño en papel” de la localización de las estaciones de muestreo.

Este diseño va a ser modificado en campo según las condiciones reales del área de análisis sin embargo va a servir como una guía de ruta para el investigador. Las estaciones de muestreo tienen que intentar cubrir todos los tipos de hábitat debido a que varias especies podrían estar limitadas a solamente uno de ellos (Tobler et al. 2008). Es fundamental tener

en cuenta el número de cámaras, la medida del área a cubrir y el número de noches-trampa (que define la duración del muestreo). Entre más cerca se encuentren las cámaras, menor área se cubre, empero hay diseños que necesitan una distancia entre cámaras determinada, un área mínima a muestrear y un esfuerzo mínimo medido en trampas-noche.

Una vez que la cobertura vegetal es homogénea y las condiciones del área de análisis lo permiten, el espaciamiento regular en medio de las estaciones de muestreo es lo aconsejable. No obstante, en zonas como la Orinoquia de Colombia que cuenta con 2 gigantes construcciones del paisaje (bosques riparios y sabanas) se propone continuar la cobertura del bosque manteniendo los requerimientos mínimos de distancia para garantizar la posibilidad de detección y minimizar las probabilidades de hurto de las cámaras trampa (Díaz Pulido y Payán 2011). La localización final de las estaciones de muestreo debería maximizar la posibilidad de captura, para lo cual es necesario del entendimiento de la sociedad local (cuando hay) y de la experticia del investigador para detectar los sitios que serían de paso recurrente para la especie objeto de análisis, como caminos o saleros (Silver 2004).

2.2.5 Requisitos de las cámaras como hardware

Los elementos de una red de sensores de cámaras trampa son sencilla en ser una recolección de cámaras trampa que son desplegadas sobre el lote, una secuencia de tarjetas de memoria filmar imágenes y transferirlas al laboratorio, y una base de datos para guardar y acomodar imágenes y metadatos. Es viable la transmisión inalámbrica de imágenes, empero no cómodo en la mayor parte de situaciones. La transmisión de datos en vivo es reducida por la energía de la batería primordial para mandar centenares de imágenes de una cámara remota, sin nombrar las limitadas redes de comunicación en muchas superficies salvajes.

Los estudios de cámaras trampa no acostumbran solicitar alta resolución de imágenes, sin embargo, poseen un número mínimo de requisitos necesarios para recopilar datos firmes e imparciales. Ya que comúnmente se implementan a lo largo de un largo tiempo períodos de tiempo en condiciones duras, tienen que ser increíblemente bien salvaguardado de la lluvia y la humedad (por ejemplo, BCI es una selva tropical con una fundamental temporada de lluvias).

Más Las cámaras digitales modernas tienen la posibilidad de capturar imágenes nocturnas usando flashes IR, que no tienen la posibilidad de ser observados por animales. Esta es una característica fundamental ya que un destello visible es una fuente de sesgo

potencial para un análisis de cámaras trampa si los animales son molestados por el flash y evitan la cámara luego de aquello. Cámaras digitales con flashes infrarrojos no debería ser en aversión ni curiosidad, aun cuando sus flashes todavía tienen la posibilidad de ser visibles para los individuos si se ven de manera directa.

Tabla 3. Especificaciones de una cámara trampa.

Especificaciones	Requerimientos
Motion sense	5 – 10m rango
Flash	Infrarrojo
Cámara	Cámara infrarroja para imágenes nocturnas, color para el día
Resolución de imagen	1 megapixel es suficiente, pero entre más alto mejor
Picture rate	1 cuadro por Segundo en todos los videos
Tiempo de batería	Depende de las fotos y el flash, entre 2 a 5 semanas usualmente con 6 C- cells batteries
Tigger Time	1/10 segundos, por más tiempo se perderán los animales que pasen.
Memoria	Las memorias flash compactas de 1 gb suelen ser suficientes, más necesarias para implementaciones más largas o fotos de mayor resolución
Costo	\$500

Información tomada de la investigación directa, elaborada por el autor: Luis Vélez Santana.

2.2.6 Colocación de cámaras trampa

La puesta de las cámaras trampa obedece al objetivo esperado. Ejemplificando, para la situación de detección de monumentales felinos e inventarios de vertebrados, están en regiones donde el paso de fauna fue registrado previamente, como en senderos utilizados por animales y/o cazadores. Sin embargo, las generalidades son las próximas.

1. La cámara debería estar en postura perpendicular al camino – para maximizar la posibilidad de identificar todo el flanco del animal.
2. Garantizar que la localización de la cámara está sobre un sector del camino nivelado y plano.
3. Localizar las cámaras sobre arboles rectos y con poco ángulo de engrosamiento del tronco.
4. Afirmar de localizar la cámara entre 3 y 4 metros de donde usted espera que pase el animal objetivo.
5. Corte a ras del suelo toda la vegetación en frente de la cámara en una amplitud de un ángulo de 180 grados.

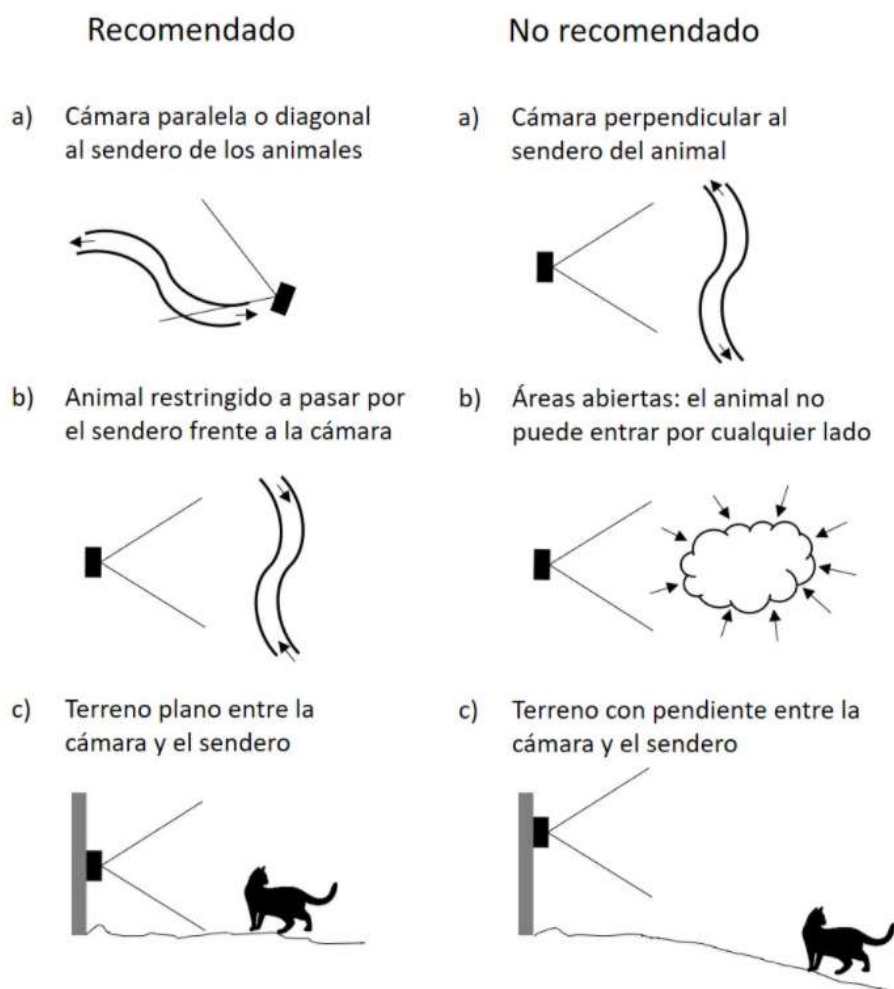


Figura 7. Colocación de cámaras trampa. Información tomada de <https://www.researchgate.net/>. Elaborado por el autor: Luis Vélez Santana.

2.2.7 Manteamiento de cámaras trampa

Las cámaras necesitan de mantenimiento en campo. No solo es preciso modificar baterías y unidades de grabación (memorias digitales), además se necesita mantenerlas limpias, en especial el sensor, el flash y lente de la cámara, y revisar que no presenten humedad interna o cualquier tipo de desgaste que logre influir su desempeño óptimo. En la situación de exponer humedad interna se ofrece hacer pequeños paquetes con gel de sílice (sílica gel), para ubicarlos en la cámara y buscar cualquier medio para cerrarla herméticamente, ejemplificando con la utilización de silicona.

El periodo de duración de las baterías cambia conforme el tipo de cámara y el clima del sitio de muestreo. Al parecer en superficies con más humedad el desgaste de las baterías es más grande que en zonas más secas. La era primordial para el cambio de unidades de grabación (memoria digital) es dependiente de la función de almacenamiento de esta unidad

y de la proporción de fotografías conseguidas por día. Aproximadamente hace falta modificar las baterías y las memorias digitales cada 20 días -una prueba piloto en campo posibilita detectar la era ideal para hacer el cambio. Se debería tener constantemente presente que una cámara en campo que no esté en funcionamiento significa menos esfuerzo de muestreo, pérdida de trabajo y de dinero que son requeridos para el análisis en cuestión.



Figura 8. Colocación y mantenimiento de cámaras trampa. Información tomada de www.miambiente.gob.pa. Elaborado por la Reserva Hidrológica Tapagra.

2.2.8 Energía renovable

La energía renovable, a menudo denominada energía limpia, proviene de fuentes o procesos naturales que se reponen constantemente. Por ejemplo, la luz del sol o el viento siguen brillando y soplando, incluso si su disponibilidad depende del tiempo y el clima.

Si bien la energía renovable a menudo se considera una nueva tecnología, el aprovechamiento del poder de la naturaleza se ha utilizado durante mucho tiempo para calefacción, transporte, iluminación y más. El viento ha propulsado barcos para navegar por los mares y molinos de viento para moler grano. El sol ha proporcionado calor durante el día y ha ayudado a encender el fuego hasta la noche. Pero durante los últimos 500 años aproximadamente, los seres humanos recurrieron cada vez más a fuentes de energía más baratas y sucias, como el carbón y el gas fracturado.

La expansión de las energías renovables también se está produciendo a escalas grandes y pequeñas, desde paneles solares en los tejados de las casas que pueden vender energía a la

red hasta parques eólicos marinos gigantes. Incluso algunas comunidades rurales enteras dependen de la energía renovable para calefacción e iluminación.

2.2.8.1 *Energía eólica*

Se ha recorrido un largo camino desde los antiguos molinos de viento. Hoy en día, turbinas tan altas como rascacielos —con turbinas de diámetro casi igual de ancho— llaman la atención en todo el mundo.



Figura 9. Aerogeneradores. Información tomada de www.factorenergia.com. Elaborado por Factor energía.

La energía eólica hace girar las palas de una turbina, que alimenta un generador eléctrico y produce electricidad. Se ha convertido en la fuente de energía más barata en muchas partes del país. Los principales estados de energía eólica incluyen California, Texas, Oklahoma, Kansas e Iowa, aunque las turbinas se pueden colocar en cualquier lugar con altas velocidades de viento, como colinas y llanuras abiertas, o incluso en alta mar en aguas abiertas. (Factor Energía, 2017)

2.2.8.2 *Energía Solar*

Los seres humanos han aprovechado la energía solar durante miles de años para cultivar, mantener el calor y secar los alimentos. Según el Laboratorio Nacional de Energía Renovable, "más energía del sol cae sobre la tierra en una hora de la que utilizan todos en el mundo en un año". Hoy en día, usamos los rayos del sol de muchas maneras: para calentar hogares y negocios, para calentar agua o para alimentar dispositivos.



Figura 10. Techos con paneles solares. Información tomada de www.factorenergia.com. Elaborado por Factor energía.

Las células solares o fotovoltaicas (PV) están hechas de silicio u otros materiales que transforman la luz solar directamente en electricidad. Los sistemas solares distribuidos generan electricidad localmente para hogares y negocios, ya sea a través de paneles en la azotea o proyectos comunitarios que alimentan vecindarios enteros. Las granjas solares pueden generar energía para miles de hogares, utilizando espejos para concentrar la luz solar en acres de células solares. Las granjas solares flotantes, o "energía solar flotante", pueden ser un uso eficaz de las instalaciones de aguas residuales y los cuerpos de agua que no son ecológicamente sensible

Los sistemas de energía solar no producen contaminantes del aire ni gases de efecto invernadero, y siempre que estén ubicados de manera responsable, la mayoría de los paneles solares tienen pocos impactos ambientales más allá del proceso de fabricación

2.2.8.3 Energía Hídrica

La energía hidroeléctrica es la fuente de energía renovable más grande para la electricidad en la mayoría de países, aunque se espera que la energía eólica pronto tome el mando. La energía hidroeléctrica depende del agua, por lo general agua que se mueve rápidamente en un río grande o agua que desciende rápidamente desde un punto alto, y convierte la fuerza de esa agua en electricidad al hacer girar las palas de la turbina de un generador.



Figura 11. Represas. Información tomada de www.factorenergia.com. Elaborado por Factor energía.

A nivel nacional e internacional, las grandes centrales hidroeléctricas, o mega represas, a menudo se consideran energía no renovable. Las mega represas desvían y reducen los caudales naturales, lo que restringe el acceso de las poblaciones animales y humanas que dependen de los ríos. Las pequeñas centrales hidroeléctricas (una capacidad instalada inferior a unos 40 megavatios), cuidadosamente gestionadas, no suelen causar tanto daño ambiental, ya que desvían solo una fracción del caudal.

2.2.9 Baterías

Las baterías son una colección de una o más células cuyas reacciones químicas crean un flujo de electrones en un circuito. Todas las baterías están formadas por tres componentes básicos: un ánodo (el lado '-'), un cátodo (el lado '+') y algún tipo de electrolito (una sustancia que reacciona químicamente con el ánodo y el cátodo). Cuando el ánodo y el cátodo de una batería están conectados a un circuito, se produce una reacción química entre el ánodo y el electrolito. Esta reacción hace que los electrones fluyan a través del circuito y regresen al cátodo donde tiene lugar otra reacción química. Cuando el material en el cátodo o ánodo se

consume o ya no se puede usar en la reacción, la batería no puede producir electricidad. En ese momento, su batería está "muerta". (Sparkfun, 2017). Las baterías que deben desecharse después de su uso se conocen como baterías primarias. Las baterías que se pueden recargar se denominan baterías secundarias.

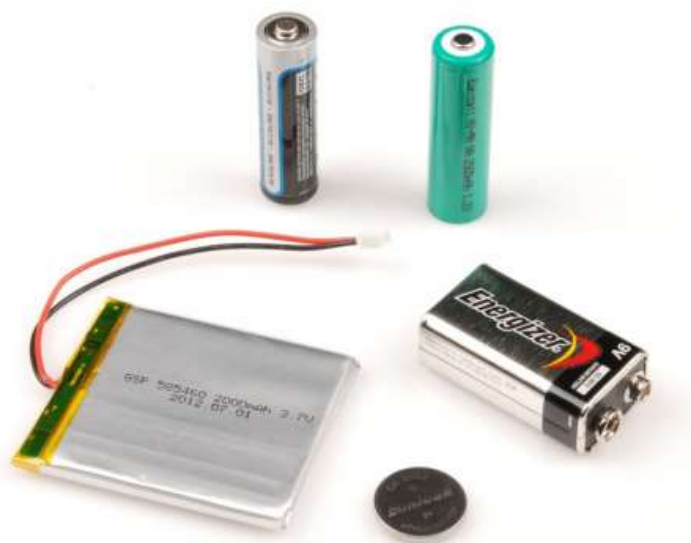


Figura 12. Baterías. Información tomada de learn.sparkfun.com. Elaborado por Sparkfun.

2.2.10 Almacenamiento – Data logger

Los data logger son dispositivos electrónicos que monitorean y registran automáticamente los parámetros ambientales a lo largo del tiempo, lo que permite medir, documentar, analizar y validar las condiciones. El registrador de datos contiene un sensor para recibir la información y un chip de computadora para almacenarla. Luego, la información almacenada en el registrador de datos se transfiere a una computadora para su análisis. (Akribis, 2017)

Los registradores de la gama Tinytag monitorean parámetros que incluyen temperatura, humedad, uso de energía monofásica y trifásica, CO₂, mV, mA, voltaje, pulsos o conteos.

La adquisición de datos es el muestreo del mundo real para generar datos que pueden ser manipulados por una computadora. A veces, DAQ abreviado, la adquisición de datos generalmente implica la adquisición de señales y formas de onda y el procesamiento de las señales para obtener la información deseada. Los componentes de los sistemas de adquisición de datos incluyen sensores apropiados que convierten cualquier parámetro de medición en una señal eléctrica, que se adquiere mediante hardware de adquisición de datos (como registradores de datos). Los datos adquiridos generalmente se muestran, analizan y almacenan en una PC.

El tiempo necesario para ver los beneficios de utilizar los data loggers dependerá de la forma en que se utilicen las unidades. Sin embargo, los beneficios cuantificables del uso de registradores a menudo se pueden ver en muy poco tiempo. Por lo general, solo se requieren una o dos ejecuciones de registro para identificar áreas que se beneficiarían de una atención adicional. (Akribis, 2017)



Figura 13. Data logger. Información tomada de learn.sparkfun.com. Elaborado por Sparkfun.

2.2.11 GPS

El GPS, o el Sistema de Posicionamiento Global, es un sistema de navegación por satélite global que proporciona ubicación, velocidad y sincronización de tiempo. El GPS está en todas partes. Puede encontrar sistemas GPS en su automóvil, su teléfono inteligente y su reloj. El GPS le ayuda a llegar a su destino, del punto A al punto B.

El Sistema de posicionamiento global (GPS) es un sistema de navegación que utiliza satélites, un receptor y algoritmos para sincronizar los datos de ubicación, velocidad y tiempo para viajes aéreos, marítimos y terrestres. (AdslZone, 2021)

El sistema de satélites consiste en una constelación de 24 satélites en seis planos orbitales centrados en la Tierra, cada uno con cuatro satélites, orbitando a 13.000 millas (20.000 km) sobre la Tierra y viajando a una velocidad de 8.700 mph (14.000 km / h).

Si bien solo se necesita tres satélites para producir una ubicación en la superficie de la tierra, a menudo se usa un cuarto satélite para validar la información de los otros tres. El cuarto satélite también nos mueve a la tercera dimensión y nos permite calcular la altitud de un dispositivo. El GPS se compone de tres componentes diferentes, llamados segmentos,

que trabajan juntos para proporcionar información de ubicación. Los tres segmentos de GPS son:

- Espacio (satélites): los satélites que rodean la Tierra y transmiten señales a los usuarios sobre la posición geográfica y la hora del día.
- Control terrestre: el segmento de control está compuesto por estaciones de monitoreo terrestres, estaciones de control maestras y antenas terrestres. Las actividades de control incluyen rastrear y operar los satélites en el espacio y monitorear las transmisiones. Hay estaciones de monitoreo en casi todos los continentes del mundo, incluidos América del Norte y del Sur, África, Europa, Asia y Australia.
- Equipo de usuario: receptores y transmisores GPS que incluyen artículos como relojes, teléfonos inteligentes y dispositivos telemáticos.



Figura 14. GPS. Información tomada de learn.sparkfun.com. Elaborado por Sparkfun.

2.2.12 OSD

Significa "Visualización en pantalla". La mayoría de los monitores incluyen un menú en pantalla para realizar ajustes en la pantalla. Este menú, llamado OSD, se puede activar presionando el botón Menú ubicado al costado o al frente de su monitor. Una vez que aparece el OSD en la pantalla, puede navegar por el menú y hacer ajustes usando los botones Más (+) y Menos (-), que generalmente se encuentran justo al lado del botón del menú.

Las visualizaciones en pantalla varían entre monitores, pero la mayoría incluye los controles básicos de brillo y contraste. Algunos incluyen controles de color más avanzados, lo que le permite calibrar configuraciones individuales de rojo, verde y azul (RGB). Muchos

monitores también admiten ajustes de posición, que se pueden utilizar para realizar ligeras modificaciones en la posición y la inclinación de la pantalla. Los monitores que incluyen altavoces integrados también pueden incluir ajustes de audio.



Figura 15. Captura del OSD. Información tomada de learn.sparkfun.com. Elaborado por Sparkfun.

La mayoría de los monitores CRT y de pantalla plana, como las pantallas LCD y LED , incluyen OSD. Sin embargo, las pantallas planas suelen tener menos opciones de ajuste, ya que la posición de la pantalla es más uniforme que la de los monitores CRT más antiguos. Algunos monitores más nuevos también permiten a los usuarios realizar ajustes a través de una interfaz de software en lugar de utilizar la visualización estándar en pantalla. Independientemente del monitor que tenga, es bueno estar familiarizado con el OSD para saber cómo ajustar la configuración de la pantalla.

2.2.13 RTC

Un reloj en tiempo real (RTC) es un reloj de computadora, generalmente en forma de circuito integrado que se construye únicamente para mantener el tiempo. Naturalmente, cuenta horas, minutos, segundos, meses, días e incluso años. Los RTC se pueden encontrar ejecutándose en computadoras personales, sistemas integrados y servidores, y están presentes en cualquier dispositivo electrónico que pueda requerir un cronometraje preciso.

Es fundamental poder seguir funcionando incluso cuando la computadora está apagada a través de una batería o independientemente de la alimentación principal del sistema.

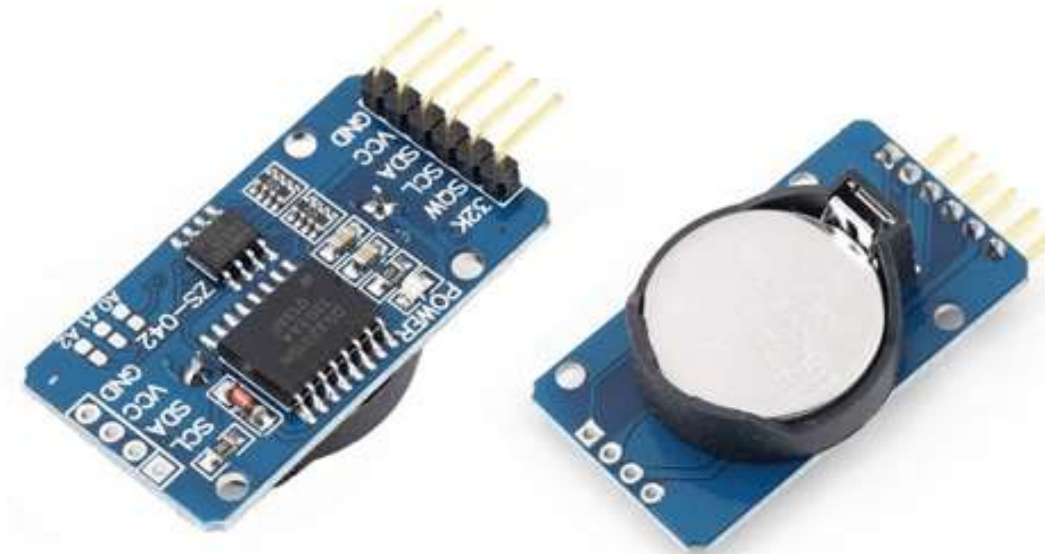


Figura 16. RTC. Información tomada de learn.sparkfun.com. Elaborado por Sparkfun.

Los RTC deben mantener la hora con precisión, incluso cuando el dispositivo está apagado porque, a menudo, se usa como un disparador para encender el dispositivo o activar eventos como los relojes de alarma. Los circuitos integrados de RTC funcionan con una fuente de alimentación alternativa, lo que les permite funcionar continuamente con poca energía o incluso cuando la computadora está apagada.

Los circuitos integrados de los sistemas más antiguos utilizan baterías de litio, mientras que los sistemas más nuevos utilizan baterías auxiliares o supercondensadores. Los circuitos integrados de RTC que utilizan supercondensadores son recargables y se pueden soldar. Pero en la mayoría de las placas base de consumo, el RTC funciona con una sola batería que, cuando se retira, restablece el RTC a su punto de partida.

Los circuitos integrados de RTC regulan el tiempo con el uso de un oscilador de cristal y no dependen de señales de reloj como la mayoría de los relojes de hardware. Además de ser responsables de la función de sincronización del sistema y su reloj, los circuitos integrados de RTC garantizan que todos los procesos que ocurren en el sistema estén sincronizados de manera adecuada. Aunque algunos pueden argumentar que este es un trabajo para el reloj del sistema, el reloj del sistema en realidad depende del RTC, lo que hace que el RTC sea indirectamente responsable de la sincronización.

2.2.14 Sensores

2.2.14.1 *Sensor de proximidad*

Un sensor de proximidad es un no-contacto sensor que detecta la presencia de un objeto (a menudo referido como el “objetivo”) cuando entra en el campo de destino del sensor. Dependiendo del tipo de sensor de proximidad, el sensor puede utilizar sonido, luz, radiación infrarroja (IR) o campos electromagnéticos para detectar un objetivo. Los sensores de proximidad se utilizan en teléfonos, plantas de reciclaje, vehículos autónomos, sistemas antiaéreos y líneas de montaje. Hay muchos tipos de sensores de proximidad y cada uno detecta los objetivos de distintas formas. Los dos sensores de proximidad más utilizados son el sensor de proximidad inductivo y el sensor de proximidad capacitivo.

Un sensor de proximidad inductivo solo puede detectar objetivos metálicos. Esto se debe a que el sensor utiliza un campo electromagnético. Cuando un objetivo metálico entra en el campo electromagnético, las características inductivas del metal cambian las propiedades del campo, alertando así al sensor de proximidad de la presencia de un objetivo metálico. Dependiendo de cuán inductivo sea el metal, el objetivo puede detectarse a una distancia mayor o menor.

Los sensores de proximidad capacitivos, por otro lado, no se limitan a objetivos metálicos. Estos sensores de proximidad son capaces de detectar cualquier cosa que pueda llevar una carga eléctrica. Los sensores capacitivos se utilizan comúnmente en la detección de nivel de líquido. Los posibles objetivos para los sensores capacitivos incluyen, entre otros: vidrio, plástico, agua, madera, metales y una gran cantidad de objetivos de otros materiales.

2.2.14.2 *PIR*

Los sensores PIR le permiten detectar el movimiento, que casi siempre se usa para detectar si un humano se ha movido dentro o fuera del rango de los sensores. Son pequeños, económicos, de bajo consumo, fáciles de usar y no se desgastan. Por esa razón, se encuentran comúnmente en electrodomésticos y aparatos utilizados en hogares o negocios. A menudo se les conoce como sensores PIR, "infrarrojos pasivos", "piroeléctricos" o "movimiento IR".

Los PIR están hechos básicamente de un sensor piroeléctrico (que puede ver a continuación como la lata de metal redonda con un cristal rectangular en el centro), que puede detectar niveles de radiación infrarroja. Todo emite algo de radiación de bajo nivel, y cuanto más caliente está algo, más radiación se emite. El sensor de un detector de movimiento en realidad está dividido en dos mitades. La razón de esto es que buscamos

detectar movimiento (cambio), no niveles promedio de IR. Las dos mitades están conectadas para que se cancelen entre sí. Si una mitad ve más o menos radiación IR que la otra, la salida oscilará hacia arriba o hacia abajo.



Figura 17. PIR. Información tomada de learn.sparkfun.com. Elaborado por Sparkfun.

2.2.14.3 Sensor de humedad y temperatura

Un sensor de humedad (o higrómetro) detecta, mide e informa tanto la humedad como la temperatura del aire. La relación entre la humedad del aire y la mayor cantidad de humedad a una temperatura del aire en particular se llama humedad relativa. La humedad relativa se convierte en un factor importante a la hora de buscar comodidad. Los sensores de humedad funcionan detectando cambios que alteran las corrientes eléctricas o la temperatura en el aire.

Hay tres tipos básicos de sensores de humedad y los tres tipos de sensores monitorean los cambios mínimos en la atmósfera para calcular la humedad en el aire.

- Capacitivo
- Resistador
- Térmico

Los dos sensores de humedad relativa más comunes son los sensores de humedad capacitivos y resistivos. Los sensores capacitivos usan dos electrodos para monitorear la capacitancia (es decir, la capacidad de almacenar una carga eléctrica) de una delgada tira de metal colocada entre ellos. La capacitancia del metal aumenta o disminuye a un ritmo que es directamente proporcional al cambio de humedad en el entorno del sensor.

La diferencia de carga (voltaje) generada por un aumento de la humedad se amplifica y se envía a la computadora integrada para su procesamiento. Los sensores de humedad resistivos funcionan según un principio diferente. Estos sensores utilizan un pequeño peine de polímero que aumenta y disminuye de tamaño a medida que cambia la humedad, lo que afecta directamente la capacidad del sistema para almacenar carga.

Normalmente, el tiempo que tarda un sensor en subir al 66% (tiempo de subida) o bajar al 33% (tiempo de caída) del voltaje de salida máximo, se conoce como tiempo de respuesta. Las aplicaciones del sensor de humedad varían mucho.

Las personas con enfermedades afectadas por la humedad, vigilancia y medida preventiva en los hogares emplean sensores de humedad. Un sensor de humedad también se encuentra como parte de los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado del hogar (sistemas HVAC). Estos también se utilizan en oficinas, automóviles, humidores, museos, espacios industriales e invernaderos y también se utilizan en estaciones meteorológicas para informar y predecir el clima.

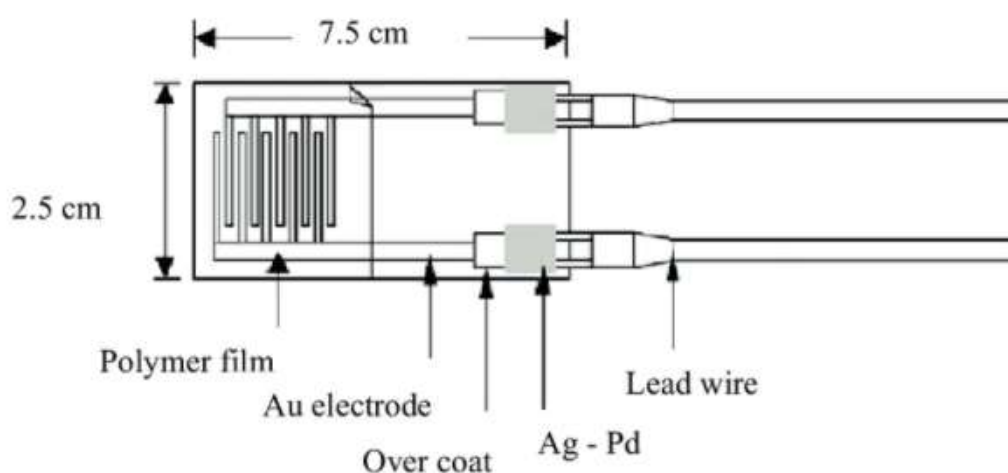


Figura 18. Sensor de humedad y temperatura. Información tomada de Research Gate. Elaborado por Research Gate.

2.2.15 ESP8266

ESP8266 ofrece una solución de red Wi-Fi completa y autónoma, lo que le permite alojar la aplicación o descargar todas las funciones de red Wi-Fi de otro procesador de aplicaciones. Cuando ESP8266 aloja la aplicación, y cuando es el único procesador de aplicaciones en el dispositivo, puede iniciarse directamente desde una memoria flash externa. Tiene caché integrado para mejorar el rendimiento del sistema en dichas aplicaciones y minimizar los requisitos de memoria.

Alternativamente, al funcionar como un adaptador Wi-Fi, se puede agregar acceso inalámbrico a Internet a cualquier diseño basado en microcontroladores con conectividad simple a través de la interfaz UART o la interfaz de puente CPU AHB.

La placa de desarrollo NodeMCU ESP8266 viene con el módulo ESP-12E que contiene el chip ESP8266 con microprocesador Tensilica Xtensa LX106 RISC de 32 bits. Este microprocesador admite RTOS y funciona a una frecuencia de reloj ajustable de 80 MHz a 160 MHz. NodeMCU tiene 128 KB de RAM y 4 MB de memoria Flash para almacenar datos y programas. Su alta potencia de procesamiento con funciones integradas de Wi-Fi / Bluetooth y Deep Sleep Operating lo hacen ideal para proyectos de IoT. NodeMCU se puede alimentar mediante un conector Micro USB y un pin VIN (Pin de suministro externo). Es compatible con la interfaz UART, SPI e I2C.



Figura 19. ESP8266. Información tomada de Research Gate. Elaborado por Research Gate.

- GND es la toma de tierra.
- GPIO2 es una entrada salida de propósito general. Es el pin digital número 2.
- GPIO0 es una entrada salida de propósito general. Es el pin digital número 0.
- RXD es el pin por donde se van a recibir los datos del puerto serie. Trabaja a 3,3 V. También se puede utilizar como pin digital GPIO: sería el número 3.
- TXD es el pin por donde se van a transmitir los datos del puerto serie. Trabaja a 3,3 V. También se puede utilizar como pin digital GPIO: sería el número 1.
- CH_PD pin para apagar y encender el ESP-01: si lo ponemos a 0 V (LOW) se apaga, y a 3,3 V (HIGH) se enciende.
- RESET pin para resetear el ESP-01: si lo ponemos a 0 V (LOW) se resetea.
- Vcc es por donde alimentamos el ESP-01. Funciona a 3,3 V y admite un máximo de 3,6 V. La corriente suministrada debe ser mayor que 200 mA.

ESP8266EX ha sido diseñado para aplicaciones móviles, de electrónica portátil y de Internet de las cosas. con el objetivo de lograr el menor consumo de energía con una combinación de varios propietarios técnicas.

La arquitectura de ahorro de energía funciona principalmente en 3 modos: modo activo, modo de suspensión y modo de sueño profundo. Mediante el uso de técnicas avanzadas de administración de energía y lógica para apagar funciones no necesarias y para controlar el cambio entre los modos de suspensión y activo, ESP8266EX consume alrededor de 60uA en modo de reposo profundo (con el reloj RTC aún en funcionamiento) y menos de 1.0mA (DTIM = 3) o menos de 0.5mA (DTIM = 10) para permanecer conectado al punto de acceso.

Cuando está en modo de suspensión, solo el reloj en tiempo real calibrado y el perro guardián permanecen activos. El tiempo real El reloj se puede programar para activar el ESP8266EX en cualquier intervalo requerido. El ESP8266EX se puede programar para que se active cuando se detecte una condición específica. Esta La función de tiempo mínimo de activación del ESP8266EX puede ser utilizada por los SOC de dispositivos móviles, lo que permite para que permanezcan en el modo de espera de bajo consumo hasta que se necesite WiFi. Para satisfacer la demanda de energía de la electrónica portátil y portátil, ESP8266EX puede ser programado para reducir la salida.

2.2.16 STM32F4

ST está ampliando su campo de aplicaciones objetivo con la serie STM32 F4. Basada en el núcleo Cortex-M4, esta serie abre la puerta al mercado de controladores de señal digital (DSC). Esta extensión de nuestra cartera de productos STM32 ofrece dispositivos con compatibilidad pin-to-pin y software con la serie STM32 F2, pero con más rendimiento, capacidad DSP, una unidad de punto flotante, más SRAM y mejoras periféricas como full duplex I²S, menos de 1 μ A RTC y 2.44 MSPS ADC.

El núcleo ARM Cortex-M4 cuenta con instrucciones integradas de acumulación múltiple (MAC) de ciclo único, aritmética SIMD optimizada e instrucciones aritméticas de saturación. El ART Accelerator TM adaptativo en tiempo real combinado con la tecnología de 90 nm de ST proporciona un rendimiento lineal de hasta 168 MHz, liberando el rendimiento completo del núcleo.



Figura 20. STM32F4. Información tomada de Research Gate. Elaborado por Research Gate.

2.2.17 Antenas

Una antena es una estructura metálica que captura y / o transmite ondas electromagnéticas de radio. Las antenas vienen en todas las formas y tamaños, desde las más pequeñas que se pueden encontrar en su techo para ver televisión hasta las realmente grandes que capturan señales de satélites a millones de millas de distancia.

Las antenas que utiliza la Navegación y Comunicaciones Espaciales (SCaN) son una antena especial en forma de cuenco que enfoca las señales en un solo punto llamado antena parabólica. La forma del cuenco es lo que permite que las antenas capturen y transmitan ondas electromagnéticas. Estas antenas se mueven horizontalmente (medido en ángulo horario / declinación) y verticalmente (medido en azimut / elevación) para capturar y transmitir la señal.

La ganancia y la directividad no son diferentes en las antenas. El hecho de que no podamos ver las ondas de RF de inmediato confunde a la mayoría de la gente. ¡Intentar comprender la ganancia de la antena con expresiones matemáticas tampoco ayuda! Para comprender la ganancia y la directividad de la antena, continúe visualizando las fuentes de luz. Entonces, ¿puede responder a la pregunta “es más ganar mejor”? Una vez que sepa qué es realmente la ganancia, puede determinar si más (o menos) es mejor para una aplicación en particular. Cuando desee enfocar toda la luz de una bombilla pequeña y dirigirla a un objetivo distante, entonces la alta ganancia de un reflector de linterna es definitivamente la mejor opción de "antena".

Las linternas y las antenas de alta ganancia deben apuntar en una dirección preferida. Si bien sabemos que la antena no crea nueva potencia de RF, su directividad envía la señal de RF a donde se desea. Sin embargo, si desea transmitir de manera uniforme a toda una habitación (o dar acceso omnidireccional a su señal inalámbrica), no queremos ganancia (o su directividad). Recuerde que "ganar" es simplemente robar energía irradiada de algunas direcciones para intensificar otras. Esto es cierto tanto para señales de luz como de RF. La ganancia viene con directividad y no siempre la queremos. Más ganancia no es automáticamente mejor, depende de la aplicación. Si no tiene la intención de apuntar su antena en una dirección particular, entonces no quiere ganancia.

2.3 Marco legal

LEY FORESTAL Y DE CONSERVACION DE AREAS NATURALES Y VIDA SILVESTRE

Art. 20.- El Ministerio del Ambiente, los organismos de desarrollo y otras entidades públicas vinculadas al sector, establecerán y mantendrán viveros forestales con el fin de suministrar las plantas que se requieran para forestación o reforestación y proporcionarán asistencia técnica, con sujeción a los planes y controles respectivos. Igualmente, las personas naturales o jurídicas del sector privado, podrán establecer, explotar y administrar sus propios viveros, bajo la supervisión y control técnico del Ministerio del Ambiente.

Art. 66.- El patrimonio de áreas naturales del Estado se halla constituido por el conjunto de áreas silvestres que se destacan por su valor protector, científico, escénico, educacional, turístico y recreacional, por su flora y fauna, o porque constituyen ecosistemas que contribuyen a mantener el equilibrio del medio ambiente. Corresponde al Ministerio del Ambiente, mediante Acuerdo, la determinación y delimitación de las áreas que forman este patrimonio, sin perjuicio de las áreas ya establecidas por leyes especiales, decretos o acuerdos ministeriales anteriores a esta Ley.

Art. 71.- El patrimonio de áreas naturales del Estado se manejará con sujeción a programas específicos de ordenamiento, de las respectivas unidades de conformidad con el plan general sobre esta materia. En estas áreas sólo se ejecutarán las obras de infraestructura que autorice el Ministerio del Ambiente.

Art. 72.- En las unidades del patrimonio de áreas naturales del Estado, que el Ministerio del Ambiente determine, se controlará el ingreso del público y sus actividades, incluyendo la investigación científica. En los reglamentos se fijarán las tarifas de ingresos y servicios y los demás requisitos que fueren necesarios.

Capítulo III

Metodología

3.1 Metodología

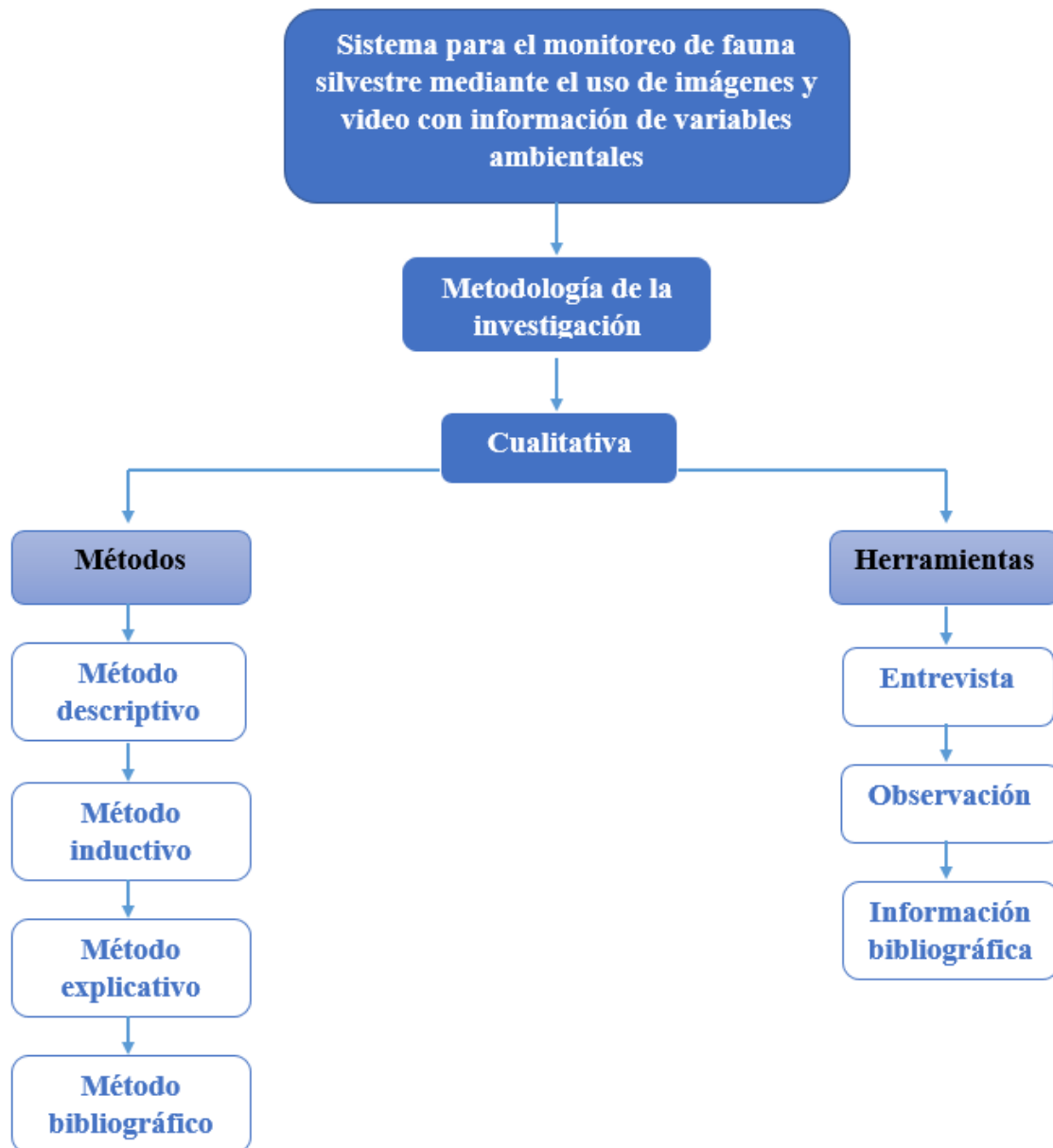


Figura 21. Metodología de la investigación del diseño de monitoreo de fauna silvestre. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por el autor: Luis Vélez Santana.

En la figura 21 se observa el diseño de la metodología de la investigación; debido al tipo de proyecto que se ha desarrollado, se encuentra en el tipo de investigación cualitativa la misma que a su vez ha usado como métodos de investigación los que se encuentran detallados a continuación:

- **Método bibliográfico:** Fue usado debido a que se necesitaba recolectar información sobre el fototrampeo en otros países, sus métodos, sus objetivos, necesidades, entre otros
- **Método descriptivo:** el uso de este método es debido a que a partir de la información que se ha obtenido sobre las necesidades que el fototrampeo se pudieron agregar características al dispositivo y así realizar una mejora que presente beneficios a los interesados.
- **Método inductivo:** Ya que no existe información que tenga relevancia sobre información técnica como tal del fototrampeo sino más bien información sobre la parte ecologista, según la información que se obtuvo de la herramienta conocida como entrevista a expertos en el tema se tomaron decisiones para el desarrollo del dispositivo.
- **Método explicativo:** Este método es utilizado debido a que se debe dar respuesta sobre la problemática planteada con el mejor detalle posible.

3.2 Herramientas

3.2.1 Entrevista

Para la presente investigación se consultó a personas que tienen conocimiento sobre el monitoreo de fauna silvestre en la ciudad de Guayaquil, entre los que estuvieron involucrados un biólogo de la Prefectura del Guayas, Municipalidad de Guayaquil y un representante de un proyecto de protección de flora y fauna que se realiza en Cerro Blanco Wild Gye, los cuales han sido denominados, entrevistado 1, entrevistado 2 y entrevistado 3 respectivamente. Se procedieron a realizar las preguntas a continuación:

1) ¿Tiene experiencia con el fototrampeo, puede describirla?

- **Entrevistado 1:** Si, hace poco participamos para la realización de fototrampeo de una especie.
- **Entrevistado 2:** Si, soy una de las personas que está colocando cámaras trampa en cerro blanco.
- **Entrevistado 3:** Si, yo coloco cámaras para monitorear fauna.

2) ¿En sus palabras qué es el fototrampeo?

- **Entrevistado 1:** Es un método que se ha implementado para poder realizar la observación del comportamiento de la fauna.

- **Entrevistado 2:** Es un método no invasivo para realizar el monitoreo de fauna flora y fauna.
- **Entrevistado 3:** Es la técnica que utilizamos para registrar especies que son raras o que no se han podido visualizar con continuidad.

3) ¿Hay algún manual para realizar el fototrampeo en la provincia o el país?

- **Entrevistado 1:** Un manual preciso que indique como realizarlo independiente a la especie no. Pero si hay recomendaciones que son tomadas de otros manuales.
- **Entrevistado 2:** En mi caso realizo el fototrampeo siguiendo ejemplos de manuales que tengan otros países, pero esto es algo más empírico.
- **Entrevistado 3:** Sé que hace poco se realizó un manual para los jaguares, pero los manuales más bien son utilizados como una guía básica debido a que dependiendo del objetivo y las necesidades del observador se seguiría un protocolo.

4) ¿Cómo se realiza el fototrampeo?

- **Entrevistado 1:** Se designa un equipo de trabajo que realiza primero una inspección de campo donde se hayan realizado avistamientos o donde se crea que pueden acudir la especies y luego se procede a realizar la colocación de las cámaras trampa que permanecen en ese lugar hasta por 10 días ya que se debe realizar el cambio de batería.
- **Entrevistado 2:** Se realiza una planificación en la que se debe conocer información básica sobre la especie focal, se debe tener un objetivo claro del monitoreo, además se hace un diseño del muestreo en el que se determina la cantidad y distancias entre cámaras, la temporada y duración según el área que se vaya a estudiar
- **Entrevistado 3:** Se realiza un análisis para ubicación de las cámaras por medio de las huellas o cerca de los riachuelos o arroyos ya que acuden para saciar la sed y las cámaras suelen ser ubicadas en árboles o rocas.

5) ¿Cómo se hace la recolección de data?

- **Entrevistado 1:** Luego de ser colocadas las cámaras se deja entre uno a 3 días para ir a realizar la primera revisión de lo que la cámara ha logrado captar para saber si se deben hacer cambios y mover las cámaras a otro punto, luego depende mucho del tiempo de vida de la batería cada que se haga el cambio de baterías se hace la recolección de datos.

- **Entrevistado 2:** Cuando se coloca una cámara trampa por primera vez en un lugar se va al siguiente día para constatar si ha tomado muestras, y saber si es una buena locación y dejarla más tiempo ahí o si debería ser movida y luego la información es llenada en cartillas.
- **Entrevistado 3:** Dependiendo de la duración de la batería se va al día siguiente para saber si se ha recolectado información de ser positivo el encuentro de los animales se la deja más tiempo ubicada si no se busca otra locación.

6) ¿Qué se hace con la información que se recolecta?

- **Entrevistado 1:** Se trata de identificar los animales que están por especie y por lo que aparecen si se ha registrado anteriormente ya sean por etiquetas o características del pelaje se hace el registro del mismo si son machos hembras crías cantidades
- **Entrevistado 2:** Es anotada en cartillas de control, dependiendo de lo que se ha observado: la especie, el género, tamaños, identificación si es un animal que haya sido observado se puede seguir
- **Entrevistado 3:** Se usan cartillas para hacer anotaciones de las especies captadas donde se los describe y se anota fecha y hora.

7) ¿Si se pudiera tener visualización en tiempo real, tendría beneficios cuáles serían?

- **Entrevistado 1:** No, se prefiere hacer la descarga de la información desde la tarjeta SD ya que solo con colocar la cámara trampa se está perturbando el ambiente al agregar antenas y otros dispositivos se alteraría aún más.
- **Entrevistado 2:** Sería útil pero no es necesario ni indispensable debido a que se cualquier cosa que se agregue a los ecosistemas provoca alteraciones.
- **Entrevistado 3:** Lo que sucede es que debido a la colocación de más artefactos el ecosistema se vería afectado y creería que el uso de más dispositivos electrónicos generaría diversos cambios, recordemos que la cámara esta constantemente dormida a menos que los parámetros que se indicaron antes la despierten para tomar la foto, pero al realizar revisión de información en tiempo real estaría funcionando en todo momento el sistema lo cual alteraría muchas cosas, los insectos por ejemplo son más sensibles ante estas situaciones.

3.3 Comparación de fototrampeo en otros países

Tabla 4. Comparativa de fototrampeo en otros países.

País	Mapas del área de muestreo	Accesos al área de muestreo	Numero de cámaras trampa	Geo referenciación	Determinar objetivos de muestreo	Pruebas de funcionamiento	Mantenimiento de cámaras trampa	Revisión de cámaras	Otros
Perú	Si	Si	Si	Si	<ul style="list-style-type: none"> • Presencia / ausencia • Riqueza de especies • Distribución • Abundancia 	Si	Si	10 días	
Colombia	Si	Si	Si	Si	<ul style="list-style-type: none"> • Presencia o ausencia de especies • Diversidad de especies • Abundancia relativa • Densidad de especies • Detectar comportamientos 	Si	Si	15 días	
México	Si	Si	Si	Si	<ul style="list-style-type: none"> • Diversidad de especies • Presencia de especies • Captación de comportamiento 	Si	Si	10 días	Estudio piloto
Costa Rica	Si	Si	Si	Si	<ul style="list-style-type: none"> • Medir a composición de especies. • Presencia de una especie • Análisis de distribución parcial o abundancia de especie • Patrones de actividad 	Si	Si	30 días	

Información tomada de la investigación directa, elaborada por el autor: Luis Vélez Santana.

3.4 Diseño

3.4.1 Selección de componentes

3.4.1.1 Microcontrolador

Tabla 4. Comparativa entre Arduino y STM32F4

Característica	Arduino	STM32F4
Bits	16 bits	32 bits
EEPROM	1kb	1mb
RAM	2KB	192KB
Núcleo	Atmega328P DIP28	ARM M4
RTC	34 MHz	32KHz

Información tomada de la investigación directa, elaborada por el autor: Luis Vélez Santana.

Debido a que el microcontrolador STM32F4 tiene mejores características en RTC, RAM y EEPROM es la mejor opción para controlar el sistema de monitoreo ya que se requiere velocidad al momento de capturar las imágenes o videos de las especies que se encuentren en el lugar donde se lleva a cabo el fototrampeo.

3.4.1.2 Energía

Tabla 6. Comparativa entre los tipos de energía para alimentación del sistema.

Tipo de energía	Ventaja	Desventaja
Eólica	<ul style="list-style-type: none"> • Fuente de energía inagotable • Poco espacio • No contamina • Bajo coste • Es compatible con otras actividades como la agrícola y ganadera. 	<ul style="list-style-type: none"> • El viento no está garantizado • La energía no es almacenable, debe ser consumida de forma inmediata luego de ser producida. • Impacto en el paisaje • Afecta a las aves
Solar	<ul style="list-style-type: none"> • Es energía limpia • Es renovable y sostenible • Es una energía económica 	<ul style="list-style-type: none"> • La energía solar no es constante y fluctúa a lo largo del día

Hídrica

- Disminuye la necesidad de combustibles fósiles y ayuda a conservar los recursos naturales
- Si hay mucha contaminación donde está ubicado el panel solar disminuye su rendimiento
- Depende mucho de las condiciones climáticas
- Es flexible ya que se puede adaptar el flujo del agua que pasa por las turbinas.
- Tiene efectos medioambientales considerables, lo que produce efectos sobre la flora y fauna al construir una.
- Es limpia ya que no produce residuos
- Tiene un alto coste
- Es segura antes los riesgos de fugas de agua
- Depende de las condiciones ambientales
- No puede ser construida en cualquier lugar.

Información tomada de la investigación directa, elaborada por el autor: Luis Vélez Santana.

Debido a las condiciones en las que se va a encontrar el sistemas de monitoreo de fauna silvestre la energía solar es la mejor opción para alimentación del dispositivos, y así evitar el cambio de baterías constante

3.4.1.3 Sensores

Ya que se desea registrar las condiciones ambientales en las que se realiza el fototrampeo se ha optado por colocar un sensor de temperatura y humedad, el mismo que tiene las siguientes características:

- Alimentación: $3V_{dc} \leq V_{cc} \leq 5V_{dc}$
- Rango de medición de temperatura: 0 a 50 °C
- Precisión de medición de temperatura: ± 2.0 °C .
- Resolución Temperatura: 0.1°C
- Rango de medición de humedad: 20% a 90% RH.
- Precisión de medición de humedad: 4% RH.

- Resolución Humedad: 1% RH
- Tiempo de sensado: 1 seg.

Debido a que el sistema debe permanecer en modo sleep la mayoría de tiempo a excepción cuando se lleve a cabo la captación de fotos o videos el sistema lleva un sensor de movimiento PIR que se encuentra en modo pasivo a menos que detecte movimientos, tiene las siguientes características:

- Voltaje de alimentación: 5 a 12 VDC
- Consumo promedio: 1 mA
- Rango de distancia: 3 a 7 mts ajustable
- Angulo de detección: 110°
- Tensión de salida en alto: 3.3 VDC
- Dimensiones: 3.2 x 2.4 x 1.8 cms

Además, se incluyó en el sistema un sensor ultrasónico, el mismo que se encuentra en modo activo, para la detección de movimientos el mismo que tiene las siguientes características:

- Alimentación de 5 volts
- Interfaz sencilla: Solamente 4 hilos Vcc, Trigger, Echo, GND
- Rango de medición: 2 cm a 400 cm
- Corriente de alimentación: 15 mA
- Frecuencia del pulso: 40 Khz
- Apertura del pulso ultrasónico: 15°
- Señal de disparo: 10uS
- Dimensiones del módulo: 45x20x15 mm.

3.4.2 Diagrama de bloques

En la figura 22 anterior se puede observar como es el funcionamiento del sistema para el monitoreo de fauna silvestre que consta de lo siguiente:

- Un panel solar, al usar este medio de energía el funcionamiento del dispositivo tendrá más duración por lo que aumentarían los días en los que se puede hacer la muestra.
- Un controlador de carga solar el cual va a administrar la energía captada por los paneles solares y lo enviara al micro controlador para que funcione
- Un microcontrolador, debido a sus características y a las necesidades del proyecto se optó por el STM32F4 ya que se puede realizar un muestreo de 32 bits a diferencia

de los Arduino que solo es de 8 bits, tiene mayor capacidad de memoria EEPROM y RAM, posee más pines de interrupciones necesario para despertar el microcontrolador cuando no esté en funcionamiento

- Un microcontrolador, debido a sus características y a las necesidades del proyecto se optó por el STM32F4 ya que se puede realizar un muestreo de 32 bits a diferencia de los Arduino que solo es de 8 bits, tiene mayor capacidad de memoria EEPROM y RAM, posee más pines de interrupciones
- El micro controlador tendrá una antena y un módulo wifi con el que podrá enviar la información para poder ser analizada.
- Internamente constará de un dispositivo de almacenamiento que es el data logger dependiendo se cómo se calibre la toma de fotos o videos será necesario el cambio de memoria.
- Un reloj de tiempo real, para poder agregar a la data almacenada la fecha y hora en que se guardo
- Un GPS para que la data almacenada pueda ofrecer la ubicación exacta en la que se ha realizado la toma de foto o video
- Un sensor de ultrasonido para que la cámara despierte y haga la captura de fotos además de que indique la distancia a la que se encuentra el animal de la cámara trampa.
- Un sensor PIR o de movimiento para que la cámara despierte y haga a la captura de foto o video.
- Un sensor de temperatura y humedad ya que en algunas especies los movimientos se dan debido a los cambios de temperatura que hay en el ambiente.
- Un arreglo de luces infrarrojas para que ayuden a captar las imágenes en la noche.
- Un OSD para sobreponer los datos tomados de las variables que están captando los sensores en las imágenes o videos que la cámara capte.
- Módulo de cámara y cámara con lo que se podrá realizar la toma o captación de fotos o videos.

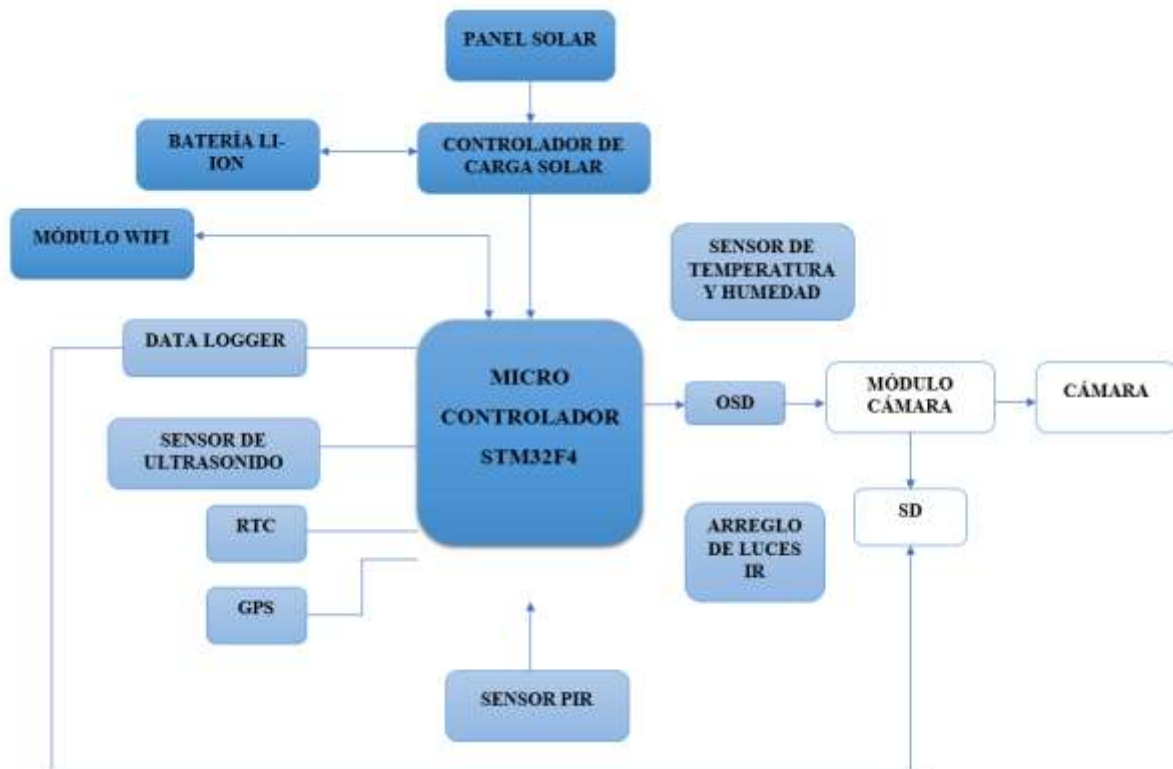


Figura 22. Diagrama de bloques del sistema para monitoreo de fauna. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por el autor: Luis Vélez Santana.

3.4.3 Diseño en 3D

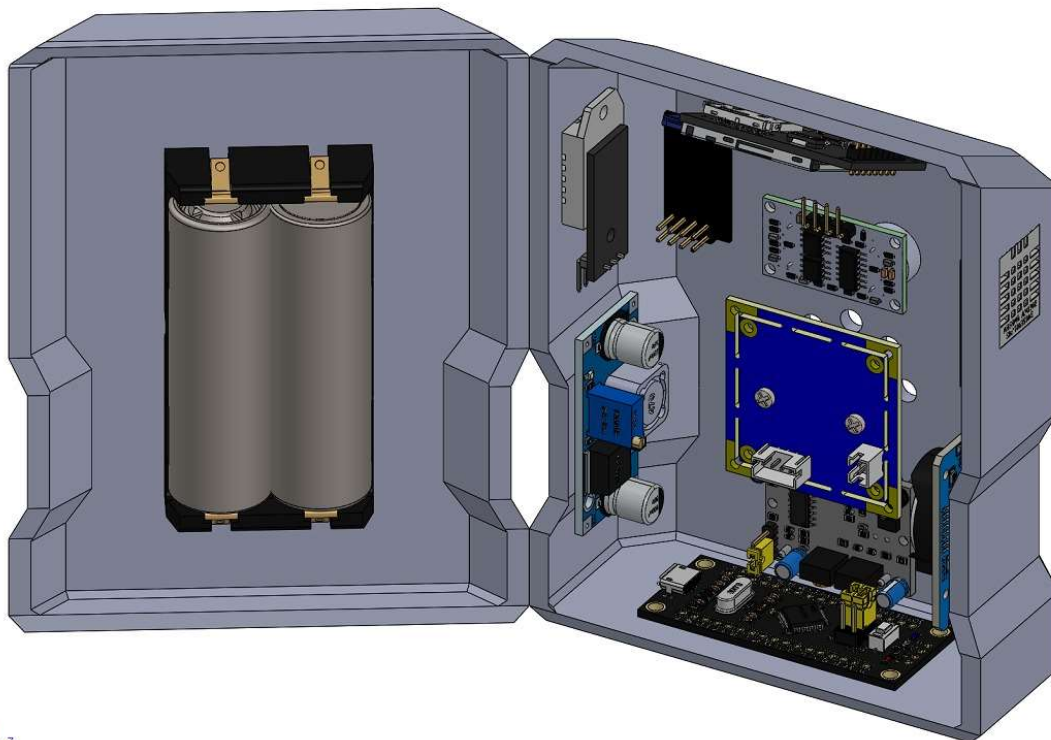


Figura 23. Vista interna del sistema de monitoreo de fauna. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por el autor: Luis Vélez Santana.

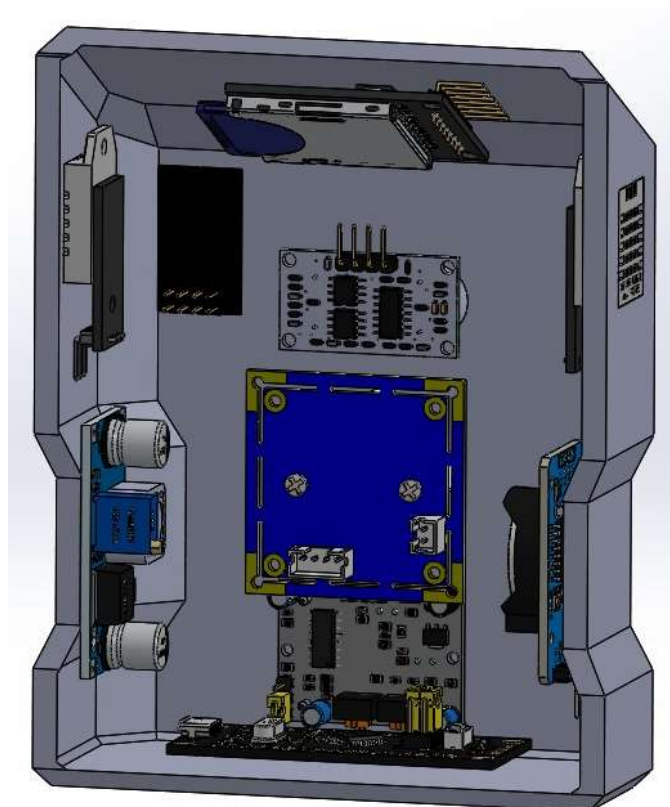


Figura 24. Vista interna de la ubicación de componentes para el sistema de monitoreo de fauna. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por el autor: Luis Vélez Santana.

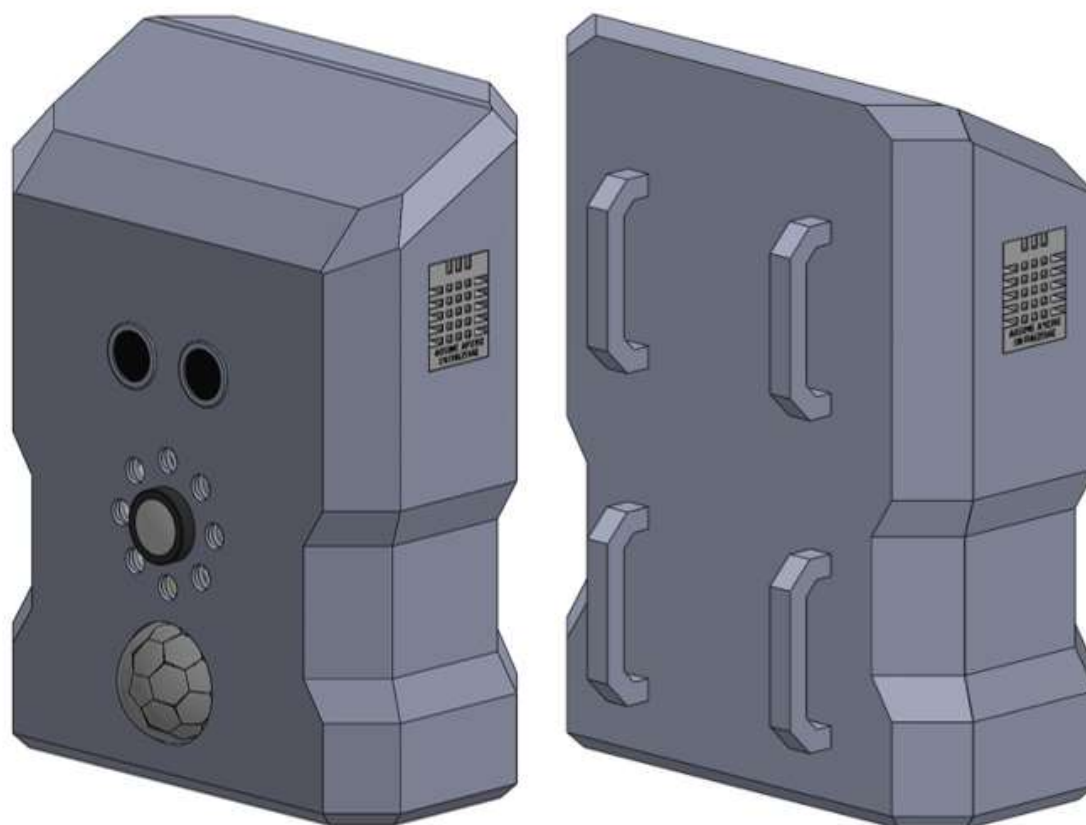


Figura 25. Vista externa del sistema de monitoreo de fauna. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por el autor: Luis Vélez Santana.

El diseño propuesto tendrá forma de caja con bisagra, al abrirlo se podrá observar las baterías que son alimentadas por la energía solar que es receptada por los paneles solares y luego enviada a los diferentes componentes que integran el sistema de monitoreo de fauna silvestre, el otro lado de la caja se visualizan los diferentes componentes como son el microcontrolador; los sensores para activar la cámara, el PIR y el de proximidad; un sensor de temperatura y humedad a cada lado de la caja; la unidad de almacenamiento, el data Logger; el GPS y el OSD

3.4.4 Diagrama esquemático

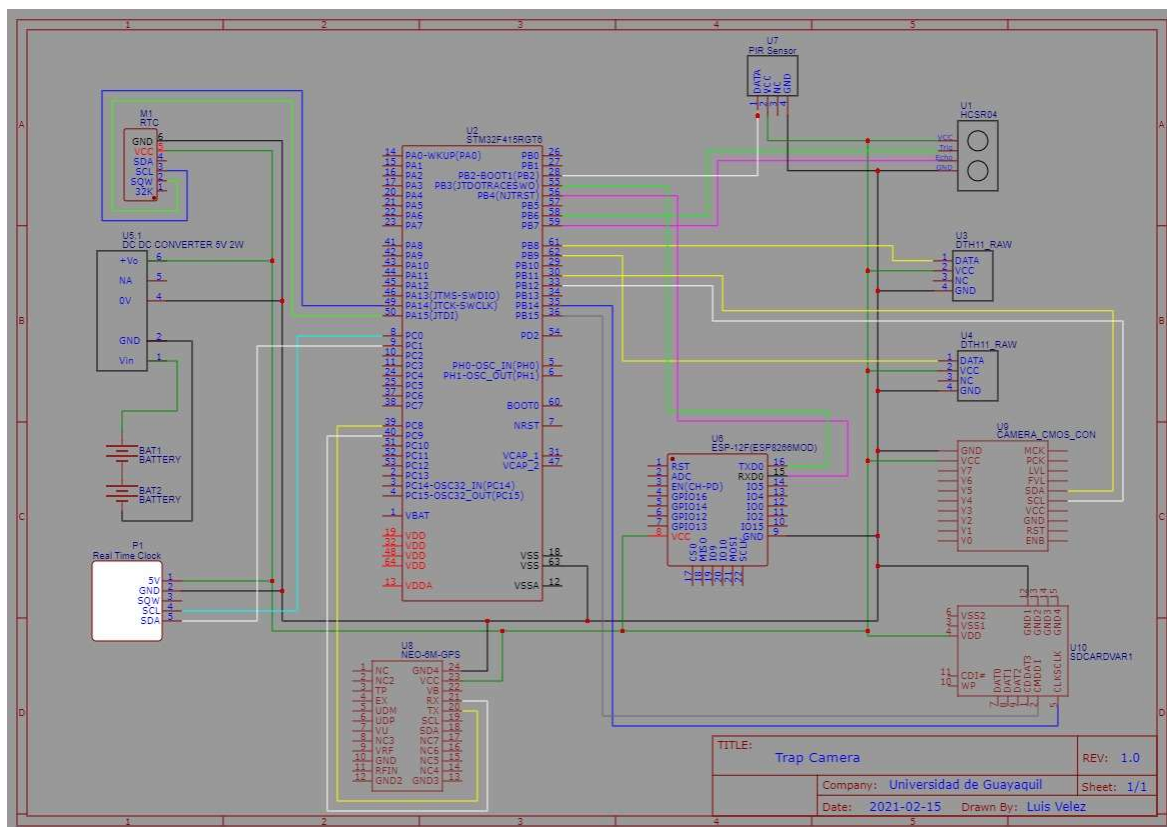


Figura 26. Diagrama esquemático del sistema de monitoreo de fauna. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por el autor: Luis Vélez Santana.

3.5 Conclusiones

- Las variables ambientales influyen en el movimiento de la fauna conforme se den las épocas; en caso de sequías las especies se moverán en búsqueda de agua por lo que un buen lugar para colocar las cámaras trampa cerca de estas zonas; además, dependiendo de los datos que se recopilen, la especie animal de destino y el tipo de ecosistema, es esencial elegir primero el equipo adecuado para recopilar los datos necesarios, ya que no todos los modelos de cámaras serán adecuados para un objetivo de investigación específico.
- Debido a las circunstancias en las cuales las cámaras trampa funciona en condiciones de bajos niveles de luz, con lluvia y en ciertos casos niebla, es por eso que se eligió una cámara con un sensor de 3 megapíxeles con la opción de captar luz infrarroja y es por esa razón que se agregó el conjunto de leds IR. Una vez captado al animal por medio de la cámara es necesario para el registro de los mismos agregar una serie de datos como ubicación GPS, fecha, hora y para las variables ambientales se usa el DHT11 el cual tiene una buena recepción de la data y con bajo mantenimiento.
- Durante el análisis de los mejores componentes se decidió por elegir baterías de litio las cuales tienen como principal característica ciclos de descarga profunda permitiendo aprovechar al máximo la energía almacenada en las mismas. En función de los consumos de energía del sistema completo se ha considerado que 5000 mAh es suficiente para mantener el dispositivo funcionando durante 30 días sin recibir energía solar. Para la elección del panel solar la mejor elección por eficiencia energética son los paneles monocristalino los cuales tienen aproximadamente un 22% de aprovechamiento de la energía solar. La manera de administrar correctamente la energía generada por el panel solar es por medio de un controlador de carga solar dedicado para el tipo de batería de gran importancia debido a que la batería tiene un máximo de voltaje de carga y adicional debe contar con un BMS (battery management system) dispositivo encargado suministrar los voltajes por celda de baterías de litio.
- El sistema contiene principalmente una cámara de video accionada por el microcontrolador que inicia funcionamiento por medio de interrupciones en dos pines previamente definidos los cuales reciben la información del sensor de ultrasónico o del sensor pir los dos componentes tienen desventajas, pero se

complementan entre sí, el sensor pir puede funcionar a muy bajo consumo de energía, mientras que el sensor ultrasónico es más preciso para la lectura de distancia. Agregar información adicional a la mostrada en las imágenes es primordial debido a eso es importante la presencia de los sensores ambientales.

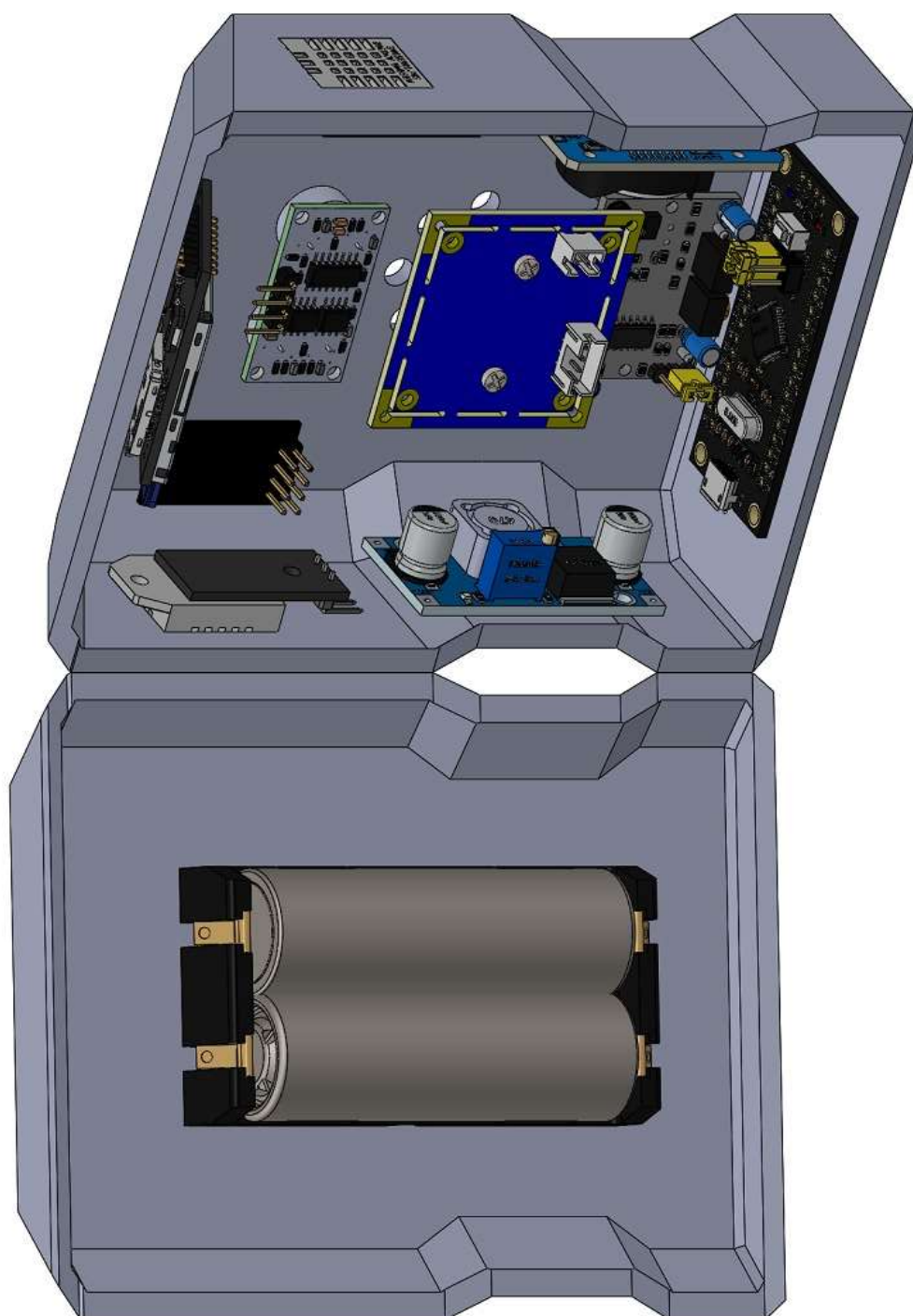
3.6 Recomendaciones

- Bajo las capacidades del micro controlador, ya que posee un micrófono integrado, una posible mejora sería adherir análisis de sonido y así reconocer por medio de estos tipos de animales son, un nuevo método de identificación y de esta forma se podría tener u nuevo método de seguimiento.
- Se recomienda realizar un cambio de extensión de los archivos obtenidos de las cámaras de .jpg a .raw para poder tener imágenes en crudo y así tener mejor calidad de imágenes.
- Al colocar los paneles solares tener presente la ubicación para que la recepción de energía solar sea ideal, además de darle mantenimiento preventivo, es decir realizar limpieza de los mismos para que no interfiera y se pueda almacenar la energía si problema.
- Se recomienda un grado de protección IP68, que es una protección especial para polvo y agua ya que los componentes están expuestos a estos y podrían tener averías en un futuro.

ANEXOS

Anexos N° 1

Vista interna del sistema de monitoreo de fauna silvestre.

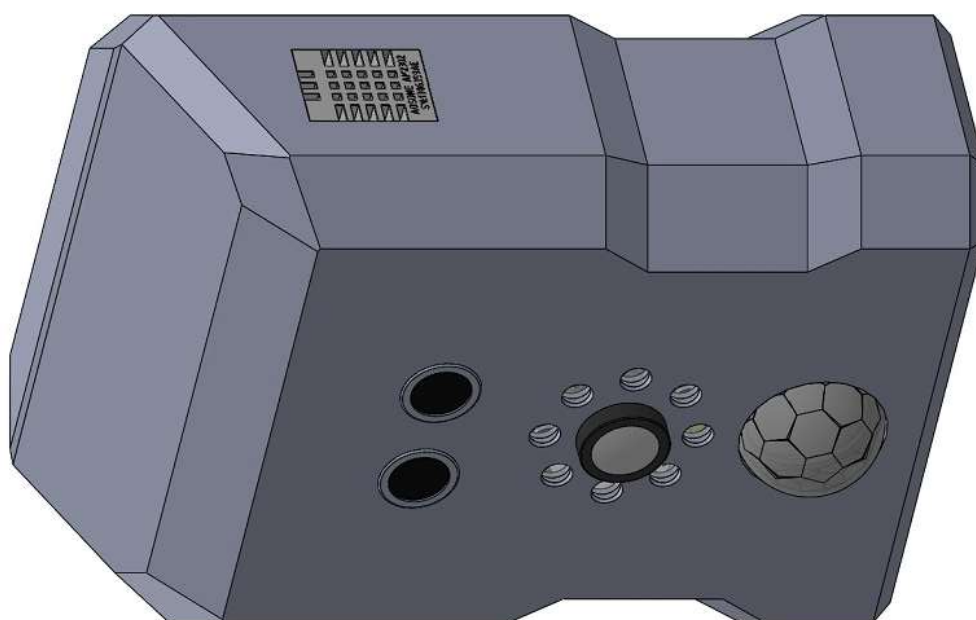
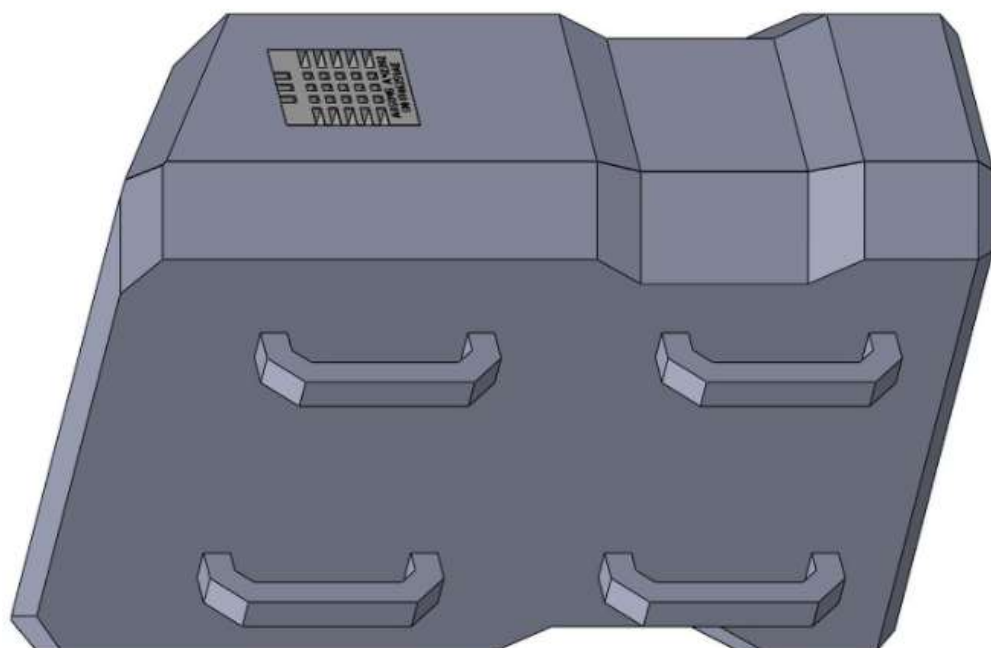


Información tomada de la investigación directa. Elaborado por el autor: Luis Vélez Santana.



Anexos N° 2

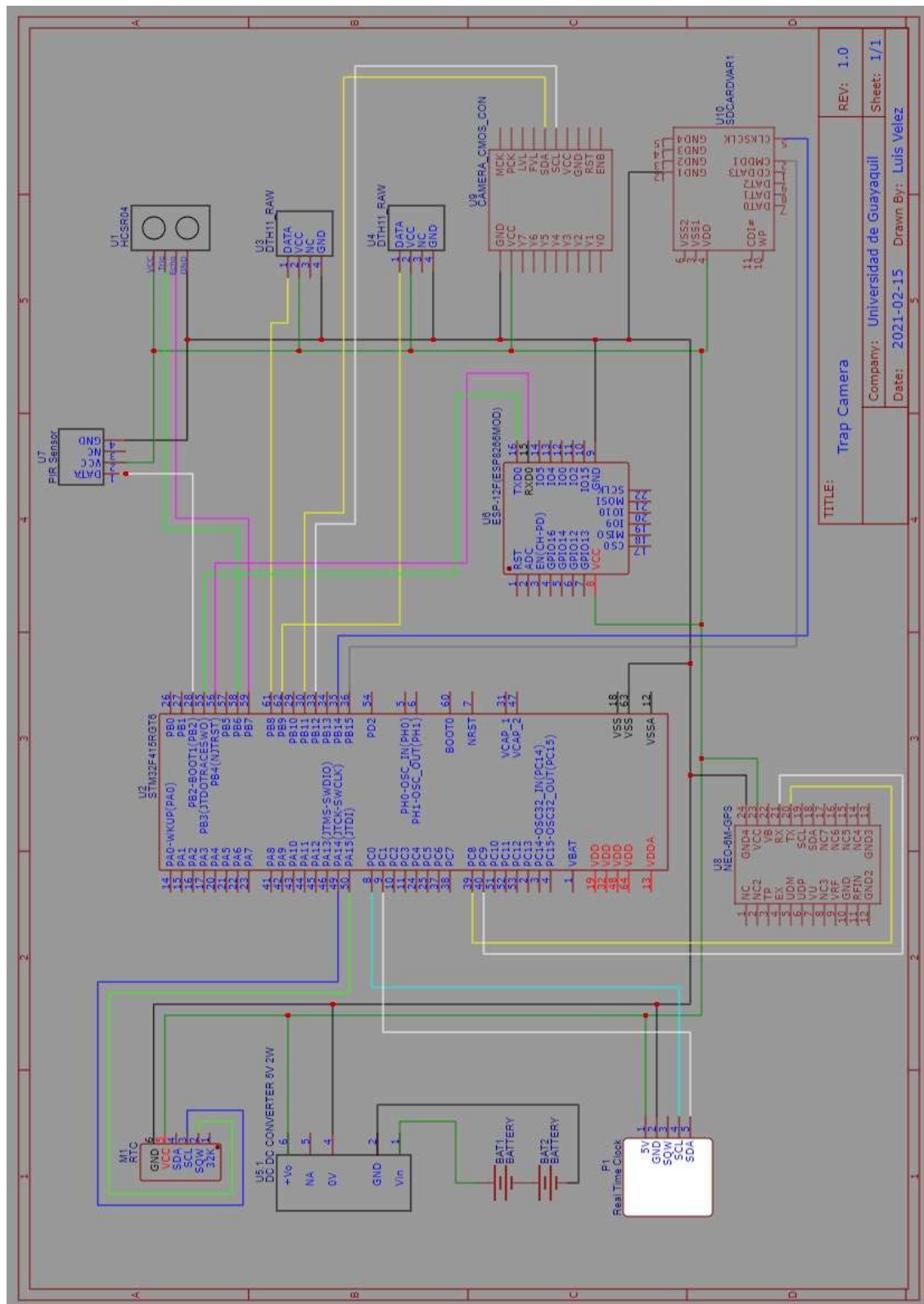
Vista externa del sistema de monitoreo de fauna silvestre.



Información tomada de la investigación directa. Elaborado por el autor: Luis Vélez Santana.

Anexos N° 3

Diseño esquemático del sistema de monitoreo de fauna silvestre.



Información tomada de la investigación directa. Elaborado por el autor: Luis Vélez Santana.

Bibliografía

- AdslZone.** (Marzo de 2021). *ADSLZONE*. Sitio web. <https://www.adslzone.net/reportajes/tecnologia/gps-que-es-redes/>
- Akribis.** (Abril de 2017). *Akribis*. Sitio web. <https://www.akribis.info/>
- Alegsa.** (Junio de 2016). *Alegsa*. Sitio web. <https://www.alegsa.com.ar/>
- Chávez, C., De la Torre, A., Bárcenas, H., Medellín, R., Zarza, H., & Ceballos, G.** (2013). Medios electrónicos. Manual de fototrampeo para estudio de fauna silvestre. El jaguar en México como estudio de caso. México.
- Coello, M. A.** (Mayo de 2016). Medios electrónicos. Factores ambientales que influyen en la abundancia del Caiman crocodilus (Crocodilia: Alligatoridae) en el Refugio Nacional de Vida Silvestre Caño Negro, Costa Rica. Costa Rica.
- Coello, M. A.** (Diciembre de 2016). *Research Gate*. Sitio web. https://www.researchgate.net/publication/311909700_Factores_ambientales_que_influyen_en_la_abundancia_del_Caiman_crocodilus_Crocodilia_Alligatoridae_en_el_Refugio_Nacional_de_Vida_Silvestre_Cano_Negro_Costa_Rica
- Díaz Pulido, A., & Payán Garrido, E.** (2012). Medios electrónicos. Manual de fototrampeo: una herramienta de investigación para la conservación de la biodiversidad en Colombia. Bogotá, Colombia.
- Factor Energía.** (Enero de 2017). *Factor Energía*. Sitio web. <https://www.factorenergia.com/es/blog/eficiencia-energetica/energia-eolica/>
- Havahart.** (2018). *Havahart*. Sitio web. <https://www.havahart.com/articles/weather-affects-animals-yard>
- Hurtado, J., & Soto, C.** (2017). Medios electrónicos. Manual para el Monitoreo Participativo de Vertebrados Terrestres a través de Cámaras Trampa en Costa Rica. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica.
- INECOL.** (2017). *INECOL*. Sitio web. <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/2013-06-05-10-34-10/17-ciencia-hoy/236-las-camaras-trampa-una-herramienta-para-conocer-la-biodiversidad>
- Knape, J., & De Valphine, P.** (Septiembre de 2010). Medios electrónicos. Effects of weather and climate on the dynamics of animal population time series. EE.UU.
- Libropedia.** (Octubre de 2017). *Libropedia*. Sitio web. http://elbibliote.com/libropedia/manual_csnaturales/3grado/capitulo6/tema05.php?g=3&c=6&t=5
- McNally, X. L.** (Septiembre de 2017). Medios electrónicos. Factors Influencing Conservation of Local Wildlife. Meliora: International Journal of Student Sustainability Research. EE.UU. Obtenido de <http://doi.org/10.22493/Meliora.1.1.0005>

Montero Alvarez, P., & Almeyda Zambrano, A. (2018). Medios electrónicos. Protocolo para el Monitoreo de Fauna Silvestre con el Uso de Cámaras Trampa para el ACR Comunal Tamshiyacu Tahuayo, Loreto – Perú. Loreto, Perú.

Sparkfun. (Agosto de 2017). *Sparkfun*. Sitio web. <https://learn.sparkfun.com/>

Trollet, F., Huynen, M.-C., Vermeulen, C., & Hambuckers, A. (2014). Medios electrónicos. Use of camera traps for wildlife studies. A review. *BASE - Biotechnol. Agron. Soc. Reinar.*, 446 - 454.