



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E  
INDUSTRIAL**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y  
COMUNICACIONES**

**TEMA:**

---

**SISTEMA DE MONITORIZACIÓN Y CONTROL DE GANADO  
VACUNO POR MEDIO DE TECNOLOGÍA INALÁMBRICA PARA  
PREVENCIÓN DE ABIGEATO**

---

Trabajo de Graduación. Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones.

**LINEAS DE INVESTIGACIÓN:** Tecnologías de Comunicación

**AUTOR:** Alarcón Ortiz Andrea Libertad

**TUTOR:** Ing. Brito Moncayo Geovanni Danilo Mg.

Ambato-Ecuador

Octubre 2018

## APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del Trabajo de Investigación sobre el tema: **SISTEMA DE MONITORIZACIÓN Y CONTROL DE GANADO VACUNO POR MEDIO DE TECNOLOGÍA INALÁMBRICA PARA PREVENCIÓN DE ABIGEATO**, de la señorita ALARCÓN ORTIZ ANDREA LIBERTAD, estudiante de la Carrera de Ingeniería ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el numeral 7.2 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, Octubre 2018

EL TUTOR



Ing. Mg. Brito Moncayo Geovanni Danilo

## AUTORÍA

El presente Proyecto de Investigación titulado: **SISTEMA DE MONITORIZACIÓN Y CONTROL DE GANADO VACUNO POR MEDIO DE TECNOLOGÍA INALÁMBRICA PARA PREVENCIÓN DE ABIGEATO**, es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, Octubre 2018



Alarcón Ortiz Andrea Libertad

CI: 1804377461

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además autorizo su reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ambato, Octubre 2018



Alarcón Ortiz Andrea Libertad

CI: 1804377461

## APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes Ing. Marco Jurado e Ing. Julio Cuji, revisó y aprobó el Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “*Sistema de monitorización y control de ganado vacuno por medio de tecnología inalámbrica para prevención de abigeato*” presentado por la señorita Alarcón Ortiz Andrea Libertad de acuerdo al numeral 9.1 de los Lineamientos Generales para la Aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.



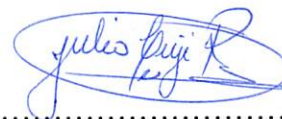
.....  
Ing. Mg. Elsa Pilar Urrutia Urrutia

PRESIDENTA DEL TRIBUNAL



.....  
Ing. Mg. Marco Jurado

DOCENTE CALIFICADOR



.....  
Ing. Mg. Julio Cuji

DOCENTE CALIFICADOR

## **DEDICATORIA**

A Dios que me ha dado la vida, la salud, la sabiduría y la fuerza para seguir preparándome cada día.

A mis padres por el amor que siempre me han brindado, y por el esfuerzo que realizan cada día para darme lo mejor de sí mismos. A mi hermana quien con cariño y consejo ha sabido darme aliento en momentos difíciles.

A mi familia Obrian Espejo y mi hijo Josué Espejo que son el motor de mi vida, y han sacrificado su tiempo para apoyarme a lo largo de mi carrera profesional.

Andrea Libertad Alarcón Ortiz

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por su infinito amor y cuidado, por guiar mis pasos en el camino correcto y hoy ver realizada una meta importante en mi vida.

A mis padres y familia por todo su sacrificio, y entrega.

A la Universidad Técnica de Ambato, a la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial y a la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones por abrirme las puertas del conocimiento y darme los recursos necesarios para mi formación profesional.

A los docentes de esta prestigiosa institución, y de manera especial a mi tutor Ing. Mg. Geovanni Brito quien con paciencia y conocimientos ha sabido guiarme durante el desarrollo de este proyecto.

A mis amigos por ser cómplices de anécdotas y buenos momentos.

Andrea Libertad Alarcón Ortiz

## ÍNDICE

<b>APROBACIÓN DEL TUTOR.....</b>	<b>ii</b>
<b>AUTORÍA.....</b>	<b>iii</b>
<b>DERECHOS DE AUTOR .....</b>	<b>iv</b>
<b>APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA.....</b>	<b>v</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>vi</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>vii</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xiv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xv</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>xvi</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
1.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.3 DELIMITACIÓN.....	3
1.4 JUSTIFICACIÓN .....	4
1.5 OBJETIVOS: .....	5
1.5.1 General.....	5
1.5.2 Específicos .....	5
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>6</b>
2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	6
2.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	8
2.2.1 ABIGEATO .....	8
2.2.2 SISTEMAS DE MONITOREO Y CONTROL .....	9
2.2.3 SISTEMA DE LOCALIZACIÓN .....	18
2.2.4 MODOS DE TRANSMISIÓN.....	21
2.2.5 MEDIOS DE TRANSMISIÓN.....	22



2.2.6 COMUNICACIÓN INALÁMBRICA .....	22
2.2.7 PROPAGACIÓN DE ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS EN AMBIENTES ABIERTOS .....	29
2.2.8 MICROCONTROLADOR .....	32
2.2.9 ALARMAS SONORAS .....	34
2.3 PROPUESTA DE SOLUCIÓN .....	35
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>36</b>
3.1 MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN .....	36
3.2 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN .....	36
3.3 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS .....	37
3.5 DESARROLLO DEL PROYECTO .....	37
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>38</b>
4.1 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD .....	39
4.1.1 Factibilidad Técnica.....	39
4.1.2 Factibilidad Económica.....	39
4.1.3 Factibilidad Bibliográfica .....	39
4.2 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL ABIGEATO EN EL CANTÓN MOCHA.....	39
4.3 SISTEMAS EXISTENTES DE VIGILANCIA Y MONITOREO DE GANADO VACUNO.....	40
4.4 ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES GEOGRÁFICAS Y CLIMATOLÓGICAS DE LA PARROQUIA PINGUILI. ....	44
4.4.1 FINCA MARÍA DANIELA 2.....	<b>45</b>
4.5 ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS TÉCNICOS PARA EL SISTEMA DE COMUNICACIÓN DE LA FINCA MARÍA DANIELA 2. ....	51
4.5.1 SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA INALÁMBRICA .....	51
4.5.2 PARÁMETROS DE LA RED INALÁMBRICA.....	55

4.6 SISTEMA DE MONITORIZACIÓN Y CONTROL DE LA FINCA MARÍA DANIELA 2 .....	60
4.6.1 NODOS DE LOCALIZACIÓN .....	61
4.6.2 UNIDAD DE CONTROL Y MONITOREO .....	70
4.6.3 SERVIDOR DE BASE DE DATOS .....	74
4.7PRESUPUESTO .....	78
4.8 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO .....	80
4.9 DISEÑO INTEGRAL DEL SISTEMA EN LA FINCA MARÍA DANIELA 2 .	86
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>91</b>
5.1 CONCLUSIONES .....	91
5.2 RECOMENDACIONES .....	93
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>94</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>101</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Estructura de un Sistema de Control .....	11
Fig. 2 Sistema de Comunicación Punto a Punto .....	12
Fig. 3 Sistema de Comunicación Multipunto a Punto .....	13
Fig. 4 Sistema de Comunicación de Línea Compartida .....	13
Fig. 5 Estructura de un servidor Web .....	15
Fig. 6 Elementos de un Sistema Celular .....	20
Fig. 7 Esquema de Bloques general de un microcontrolador .....	33
Fig. 8 Mapa de Temperatura del cantón Mocha .....	44
Fig. 9 Organigrama Estructural.....	45
Fig. 10 Ubicación de la Finca María Daniela 2 en la parroquia Pinguili.....	46
Fig. 11 Centro de Ordeño de la Finca María Daniela 2 .....	47
Fig. 12 Vivienda de los cuidadores .....	47
Fig. 13 Establo de los animales.....	47
Fig. 14 Área de pastoreo de la Finca María Daniela 2.....	48
Fig. 15 Animales de la Finca María Daniela 2 .....	48
Fig. 16 Área de pastoreo de la Finca María Daniela 2.....	49
Fig. 17 Distancia desde el centro de control al punto D del área de pastoreo. ....	50
Fig. 18 Determinación de los parámetros bajos los que funciona la red.....	56
Fig. 19 Sistema de comunicación para Punto de Acceso a la Red WI-FI.....	56
Fig. 20 Sistema de comunicación de las unidades móviles ESP32 .....	57
Fig. 21 Código de colores de simulación de radiación con 802.11b.....	58
Fig. 22 Radiación de la señal WI-FI en el área de pastoreo con el protocolo 802.11n .....	58
Fig. 23 Conexión de unidades móviles con el punto de acceso.....	59
Fig. 24 Radioenlace entre el Punto de Acceso y la unidad móvil LD .....	59
Fig. 25 Diagrama de Bloques del Sistema de Monitorización y Control.....	60
Fig. 26 Diagrama de bloque del Nodo de localización con el diseño 1. ....	62
Fig. 27 Diagrama de bloque del Nodo de localización con el diseño 2 .....	62
Fig. 28 Diagrama de flujo del Proceso de funcionamiento del Nodo Localizador ....	67
Fig. 29 Diagrama Esquemático del nodo localizador .....	68

Fig. 30 Circuito de la Placa del Nodo Localizador .....	69
Fig. 31 Placa del Nodo Localizador .....	69
Fig. 32 Collar del nodo localizador .....	69
Fig. 33 Diagrama de Bloque de la Unidad de Control y Monitoreo .....	70
Fig. 34 Diagrama de flujo del funcionamiento del Nodo Central.....	72
Fig. 35 Circuito de la Placa del Nodo Localizador .....	73
Fig. 36 Placa del Nodo Central .....	74
Fig. 37 Nodo Central del sistema.....	74
Fig. 38 Diagrama de uso de la base de datos .....	75
Fig. 39 Submenú en la Interfaz de usuario de la página web.....	77
Fig. 40 Disposición del dispositivo localizador en el ganado .....	81
Fig. 41 Tiempo de respuesta de recepción de SMS .....	82
Fig. 42 Tiempo de respuesta de recepción de Alerta Sonora.....	83
Fig. 43 Respuesta del sistema en base a 100 pruebas diarias .....	84
Fig. 44 Registro en la base de datos de activación de alarmas .....	85
Fig. 45 Registro de datos de cada animal en la base de datos.....	85
Fig. 46 Recepción de mensajes en el celular.....	85
Fig. 47 Niveles de señal de cobertura de la operadora Claro.....	86
Fig. 48 Diagrama Esquemático del nodo localizador con el segundo diseño .....	106
Fig. 49 Diagrama de flujo del Proceso de funcionamiento del Nodo Localizador ..	107
Fig. 50 Diseño de la Placa del nodo localizador .....	118
Fig. 51 Diseño de la Placa del nodo central .....	119
Fig. 52 Detalles de la sección reportes de la página web del sistema.....	130
Fig. 53 Detalle de la sección registro de alertas.....	131
Fig. 54 Collar del nodo localizador vista externa .....	132
Fig. 55 Collar del nodo localizador vista externa .....	132
Fig. 56 Unidad de control y monitoreo del sistema .....	133
Fig. 57 Colocación del dispositivo en el cuello del animal.....	134

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Comparación entre Servidor Apache e IIS .....	16
Tabla 2 Clases de dispositivos Bluetooth .....	23
Tabla 3 Principales Estándares de la Familia 802.11 .....	25
Tabla 4 Resumen de Tecnologías Celulares .....	27
Tabla 5 Tipos de sirenas y sus características .....	35
Tabla 6 Comparación de diferentes sistemas existentes de localización y monitorización de ganado vacuno.....	43
Tabla 7 Comparación de diferentes tecnologías inalámbricas .....	51
Tabla 8 Comparación entre dispositivos de comunicación inalámbrica .....	53
Tabla 9 Comparación de Equipos para puntos de acceso WI-FI outdoor.....	54
Tabla 10 Cuadro comparativo entre módulos GPRS/GSM/GPS .....	64
Tabla 11 Voltaje de alimentación de cada componente del nodo de localización.....	65
Tabla 12 Tabla de Registro de Datos de los Animales .....	76
Tabla 13 Tabla de Registro de Alarmas .....	76
Tabla 14 Detalle de costos de la Unidad de Control y monitoreo .....	78
Tabla 15 Detalle de costos del Nodo de Localización .....	79
Tabla 16 Pruebas de Funcionamiento del prototipo.....	82
Tabla 17 Registro de Pruebas Realizadas .....	83
Tabla 18 Costo de materiales del sistema para la Finca María Daniela 2.....	89
Tabla 19 Costos del sistema y valor total.....	90

## RESUMEN

En las zonas rurales del cantón Mocha de la provincia de Tungurahua, la ganadería es una de las actividades económicas más representativas, sin embargo, se ve afectada por la presencia de delincuentes que cometen el delito de abigeato, lo que genera importantes pérdidas de capital a los ganaderos.

El presente proyecto muestra el desarrollo de un prototipo de sistema de control y monitorización de ganado vacuno por medio de tecnología inalámbrica. El objetivo del Sistema propuesto es la prevención del hurto de ganado vacuno. El funcionamiento del prototipo se basa en la utilización de las tecnologías WI-FI, GPRS y GPS, con la finalidad de activar el Sistema de alarmas cuando el dispositivo se encuentre fuera del rango establecido. El prototipo se compone de nodos localizadores colocados en los animales a ser monitorizados y que permiten enviar mensajes de texto donde se informa las coordenadas de ubicación del animal. El nodo concentrador de la red recepta la información de los nodos localizadores conectados y la transfiere a una base de datos con interfaz web. En una etapa de pruebas controladas de 10 días con 100 pruebas diarias, se obtuvo tiempos de respuesta promedios de 5 segundos para activar la alarma sonora y de 11 segundos para la recepción de una alerta a través de SMS, además la efectividad del sistema fue de un 94%. Las pruebas muestran que los tiempos que se manejan son reducidos y permiten una rápida respuesta por parte del ganadero, lo que se traduce en un sistema confiable.

**Palabras Claves:** ESP32, Abigeato, GPS, Alertas, Tecnología Inalámbrica

## **ABSTRACT**

In the rural areas of the Mocha canton of Tungurahua province, livestock is one of the most representative economic activities, however it is affected by the presence of criminals who commit the crime of cattle rustling, which generates significant capital losses to the cattlemen

This project shows the development of a prototype cattle control and monitoring system through wireless technology. The objective of the proposed System is the prevention of cattle theft. The operation of the prototype is based on the use of WI-FI, GPRS and GPS technologies, in order to activate the alarm system when the device is outside the established range. The prototype consists of locator nodes placed on the animals to be monitored and which allow sending text messages where the location coordinates of the animal are reported. The concentrator node of the network receives the information from the connected locator nodes and transfers it to a database with a web interface. In a 10-day controlled tests stage with 100 daily tests, average response times of 5 seconds were obtained to activate the audible alarm and 11 seconds for the reception of an alert through SMS, as well as the effectiveness of the system. 94% The tests show that the times that are handled are reduced and allow a quick response by the farmer, which translates into a reliable system.

**Keywords:** ESP32, Rustle, GPS, Alerts, Wireless Technology

## **INTRODUCCIÓN**

El Trabajo de investigación presentado a continuación describe la utilización de la tecnología inalámbrica en un sistema de monitorización y control de ganado vacuno para prevención del abigeato, el estudio brinda una herramienta al sector pecuario para prevenir el hurto de los animales. Actualmente los sistemas inalámbricos ofrecen grandes prestaciones en proyectos que requieren movilidad, por lo que se ha considerado la utilización de esta tecnología en el presente proyecto obteniendo resultados satisfactorios.

El Proyecto se encuentra dividido en cinco capítulos, los cuales describen las diversas partes que componen la investigación.

El Capítulo I describe el problema de abigeato que afecta a los pobladores del sector rural, que al no contar con un sistema de alerta temprana son víctimas de los cuatros quienes sustraen los animales y generan pérdidas económicas a los productores. Se presenta la solución al problema de acuerdo con los objetivos que deben cumplirse al finalizar la investigación, la duración, y el lugar de implementación.

El Capítulo II expone los antecedentes investigativos de este proyecto, los fundamentos teóricos necesarios para la sustentación del mismo, y el planteamiento de la solución al problema.

El Capítulo III presenta la modalidad de la investigación, la recolección de información, la manera del procesamiento y análisis de datos, y los pasos que se deben cumplir para lograr el completo desarrollo del proyecto para su implementación.



El Capítulo IV describe el análisis de factibilidad del proyecto, la descripción de los componentes de este, y la selección del software y hardware requerido para el desarrollo. Se diseña e implementa el prototipo del Sistema de monitorización y control de ganado vacuno por medio de tecnología inalámbrica para prevención de abigeato, se realizan las pruebas de funcionamiento y el análisis económico.

El Capítulo V contiene las conclusiones y recomendaciones elaboradas a partir del desarrollo del proyecto, para que puedan ser utilizadas en beneficio de futuras investigaciones.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN**

*“Sistema de monitorización y control de ganado vacuno por medio de tecnología inalámbrica para prevención de abigeato”*

### **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En Ecuador el sector agropecuario representa aproximadamente un 8% del total del Producto Interno Bruto PIB, de los cuales, alrededor de un 7% se debe a las actividades relacionadas con la acuicultura, pesca y producción pecuaria según el Sistema Nacional de Información del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca del Ecuador [1]. De acuerdo con la información proporcionada por la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua realizada por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), en el sector pecuario predomina el ganado vacuno con un total de 4,13 millones de cabezas a nivel nacional, seguido por el ganado porcino con 1,14 millones de cabezas [2]. Según datos del INEC a junio del 2017 un 28.62% de la población económicamente activa, se dedica a la agricultura, ganadería, caza y silvicultura y pesca [3].

El sector ganadero del Ecuador presenta varios problemas entre ellos el abigeato, término utilizado para referirse al hurto de ganado, este delito se contempla en el código orgánico integral penal del país y es condenado con privación de libertad según la gravedad del caso. Sin embargo, las leyes impuestas por el gobierno, no han frenado del todo este crimen, según datos del ministerio del interior en los últimos años se ha

producido un incremento en el robo de ganado, en 2014 se presentaron 2.066 asaltos; y en los primeros meses del año 2015, las quejas sumaron 1.345, de las cuales fueron recuperadas apenas 21 cabezas de ganado vacuno, en el año 2016 las cifras aumentaron en un diez por ciento [4]. En el año 2018 se ha presentado 1309 denuncias de abigeato según estadísticas de la Unidad de Investigación contra el Abigeato. [5]

Desde el año 2015 el país se vio en la necesidad de crear la Unidad de Investigación contra el Abigeato (UICA), para reducir el índice de hurto de ganado. Se han incrementado algunas medidas como el registro del ganado vacuno, la vigilancia en las carreteras, operativos de control, etc., sin embargo en los años posteriores se han seguido registrando varios robos, según lo indicado por la Policía Nacional, además esta institución ha organizado, control policial en ejes viales, y campañas informativas contra abigeato en las provincias más vulnerables como Santo Domingo, Guayas, Manabí, Tungurahua entre otras; por parte del Ministerio de Agricultura se impulsó el programa de areteo para tener un registro del ganado, pero a pesar de todo los ladrones les cortan las orejas; y los animales son trasladados de inmediato a camales clandestinos, donde los destazan y venden la carne al peso, a veces las faenan en el mismo sitio, sin dejar rastro del cuerpo del delito cometido [4].

Los habitantes de la provincia de Tungurahua relacionados con la actividad pecuaria, en su mayoría dedican sus esfuerzos a la crianza de ganado vacuno, contando al año 2016 con 126.154 cabezas de ganado, que representan el 3.07% del total nacional según los datos del INEC [2]. En el cantón Mocha la actividad ganadera es un sector importante para su economía, el 47.8% de sus habitantes se dedican a actividades relacionadas con la agricultura y ganadería [2]. A nivel provincial la realidad del abigeato no es diferente desde el año 2015 hasta la presente fecha se han registrado alrededor de 137 denuncias presentadas en la policía nacional de la provincia, sin embargo los gendarmes informan que la mayoría de casos no son denunciados [6]. A pesar de las rondas nocturnas que realizan los comuneros en varias parroquias de los respectivos cantones de la provincia, los hurtos se siguen cometiendo [7].

En el cantón Mocha se ha registrado 8 casos de abigeato en los últimos tres años, sin embargo la mayoría de casos no son denunciados, según la opinión de los habitantes

de la zona debido a que es complicado dejar sus actividades diarias por hacer los papeles de la denuncia, en el caso de la Finca María Daniela 2 según datos proporcionados por el Señor Danilo Ortiz propietario, quien se ha dedicado a la crianza y venta de ganado, la delincuencia ha sustraído 7 cabezas de ganado en el último año, por lo que se encuentra muy preocupado.

Se considera que el abigeato genera pérdidas entre 700 y 1000 dólares por cada animal robado de entre 550kg a 650kg de peso de acuerdo con los datos del precio por libra registrados en la página oficial de la Asociación de Ganaderos de Santo Domingo [8]. Por lo que es necesario contar con un sistema que permita localizar y monitorizar a las cabezas de ganado en áreas delimitadas, de esta manera los productores podrán recibir alertas y actuar a tiempo, además les permitirá utilizar herramientas tecnológicas para combatir problemas en el sector rural.

### **1.3 DELIMITACIÓN**

#### **Delimitación de contenidos:**

- Área Académica: Comunicaciones.
- Línea de Investigación: Tecnologías de la Información y de la Comunicación.
- Sublínea de Investigación: Comunicación Inalámbrica.

#### **Delimitación espacial:**

La presente investigación se realizó en el barrio Pinguilí-Las Lajas, ubicada en el Cantón Mocha, de la provincia de Tungurahua en Ecuador.

#### **Delimitación temporal:**

La presente investigación se realizó en el periodo enero 2018- agosto 2018 de acuerdo al Reglamento de Graduación para obtener el Título Terminal de Tercer Nivel de la Universidad Técnica de Ambato, aprobado mediante Resolución 0376-P-CD-FISEI-UTA-2018 del 23 de febrero de 2018.

## **1.4 JUSTIFICACIÓN**

En el Ecuador la ganadería es una actividad económica importante en el sector campesino, gran parte de su población se dedica a ella, especialmente a la crianza de ganado bovino. Debido al costo de los animales, la delincuencia se ve atraída a cometer el delito de abigeato, generando pérdidas a los productores y poniendo en riesgo su seguridad e integridad. El gobierno implementó diversas medidas para la prevención del cometimiento de abigeato, como campañas de areteo, vigilias policiales en sectores vulnerables, campañas de capacitación a productores para evitar ser víctimas de los maleantes, así como la creación de unidades especializadas para la prevención del abigeato. En la provincia de Tungurahua en varios sectores se han organizado las personas dedicadas a la agricultura y ganadería para realizar las rondas, en las que un grupo de habitantes del sector, se turnan para salir de vigilia en la noche y así evitar a los cuatreros. Sin embargo, a pesar de los esfuerzos que se realizan el delito de abigeato sigue siendo frecuente, y las medidas que se toman no son totalmente confiables, debido a las facilidades que tienen los ladrones para ingresar a los predios y sustraer los animales. La inseguridad en las zonas rurales pone en riesgo la integridad de las personas que allí habitan, y afecta gravemente su economía, de ahí que se ha creado la necesidad de contar con una forma efectiva de prevenir el hurto de sus animales.

La factibilidad para realizar el proyecto se debe a que las tecnologías con las que se puede desarrollar son estudiadas a profundidad y comprobadas para su uso en diferentes campos, además existen todas las herramientas para la elaboración del prototipo dentro del país, lo que disminuye significativamente los costos de su implementación. Económicamente representa una gran ventaja debido a que su costo-beneficio es relativamente bajo al utilizar software y hardware libre de licencias.

Con el presente tema de investigación se previene el hurto del ganado mediante la transmisión de información directa al ganadero, permitiendo tener registro en una base de datos, y además fue necesario realizar un estudio previo de las condiciones geográficas y de ubicación para la selección de la tecnología correcta y todos los implementos que se necesitaron para cumplir con los objetivos planteados. Se considera que el diseño del sistema es sencillo de comprender y administrar.

Los beneficiarios del proyecto son los ganaderos del sector Pinguilí-Las Lajas del cantón Mocha, así como las familias que dependen económicamente de esta actividad, la comunidad en general, también los consumidores al comprar ganado de procedencia legal, y se facilita el trabajo de los gendarmes en esa zona.

## **1.5 OBJETIVOS:**

### **1.5.1 General**

Implementar un prototipo con tecnología inalámbrica para la localización y monitoreo de ganado vacuno como prevención del abigeato.

### **1.5.2 Específicos**

- Indagar sobre la situación actual del robo de ganado en el cantón Mocha.
- Investigar los sistemas electrónicos existentes para vigilancia y monitoreo del ganado vacuno.
- Diseñar el prototipo del sistema inalámbrico para el control y monitorización de ganado vacuno.
- Diseñar la base de datos para almacenar la información generada por la monitorización y programar la activación de alarmas.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**

Uno de los factores que siempre ha generado preocupación al sector ganadero es la inseguridad que tienen al dejar a sus animales en el pastoreo, sin la vigilancia permanente del propietario o encargado de su cuidado, por lo que en muchos países de América Latina especialmente en Chile, se han desarrollado sistemas de monitorización, así la empresa Montech en 2014 ha implementado dispositivos que pueden ser utilizados por los animales en forma de collar, o de aretes, e indica su temperatura, movimiento, posición y desplazamiento, con antenas de alta potencia colocados en el terreno y enlazados a un dispositivo como servidor, que emite alarmas a las personas indicadas. Sin embargo, el coste por cada 100 animales es de 23740 dólares aproximadamente. También existe un sistema llamado Safe Castle implementado por la Universidad Católica de Temuco y la Universidad de la Frontera, y comercializado por la empresa Sictel, que consiste en un dispositivo colocado en la oreja del animal, permite visualizar la localización, presencia y temperatura, y se visualiza en un ordenador donde se encuentre instalado el software, el sistema funciona con radiofrecuencia y genera alarmas si el animal sale del límite establecido, el precio del sistema cuesta alrededor de 10 dólares mensuales el servicio y la instalación, por cada cabeza de ganado [9]

En Colombia en 2016, un estudio realizado por Róbinson Andrés Jiménez Toledo, Iván Argote Puetaman, y Carolina Meza Báez en el departamento de Nariño, en el que se diseñó e implementó un “Prototipo de sistema de vigilancia para fincas ganaderas como prevención al abigeato”, el proceso investigativo gira en torno a un dispositivo

hardware en una plataforma TIC para el rastreo del ganado en ambientes de pastoreo, convirtiéndose en una estrategia tecnológica que alerta sobre el posible hurto del ganado, el prototipo monitorea variables biológicas y de georreferenciación en bovinos, actividad realizada mediante un dispositivo móvil alojado en el cuello del animal, y un dispositivo administrador que se encarga de adquirir, registrar y transmitir inalámbricamente la variación de temperaturas para ello se utilizó una red de sensores zigbee, cubriendo una distancia de 1600 metros en la Finca Bella Vista donde se realizó el estudio, y a través de la experimentación llevada a cabo con el sistema de monitoreo electrónico MEG, permitió aportar en el proceso de vigilancia continua de las reses en la finca objeto de estudio, previniendo la problemática del abigeato en zonas rurales dedicadas a la ganadería [10].

En el estudio “Prototipo de sistema de vigilancia de ganado usando red de supervisión inalámbrica para prevención de abigeato” desarrollado por Ilbert Ruge, Fabián Jiménez, Oscar Hernández, realizado en Colombia en el año 2016, trata sobre un sistema de monitoreo que está compuesto por un nodo de supervisión y un nodo administrador. El módulo supervisor envía un dato de identificación al nodo administrador mediante comunicación de radiofrecuencia. El nodo administrador se compone de otro módulo de RF receptor, un procesador digital y un módulo de comunicación SMS/GPRS (send message short/general packet radio service) para envío de mensaje de texto a teléfono móvil celular. El prototipo desarrollado se validó para un rango experimental de 100 m de distancia entre emisores/receptor y para un número limitado de 10 unidades. El sistema puede llegar a cubrir una distancia de hasta 1,4 km, según las conclusiones del mismo puede afirmarse que en las pruebas realizadas los resultados fueron excelentes [11].

En el artículo desarrollado en Chile en 2016 por Juan Huircán, Carlos Muñoz, Hector Young, Ludwig Von Dossow, Jaime Bustos, Gabriel Vivallo, Marcelo Toneatti, titulado “Zigbee-based wireless sensor network localization cattle monitoring in grazing fields”, presenta el diseño de un esquema de localización de redes inalámbricas con sensores WSN, en campos de pastoreo, los resultados experimentales muestran un rendimiento de localización aceptable dados a los requisitos habituales a bajo costo y bajo consumo de energía.



Según el estudio “Consideraciones prácticas para redes inalámbricas de sensores en aplicaciones de monitoreo de ganado” publicado en el año 2012 en Japón, el objetivo de diseño utiliza nodos de sensor de bajo consumo de energía como los elementos base de una infraestructura de recopilación de datos y comunicación. Se llevaron a cabo experimentos de laboratorio y ensayos agrícolas para evaluar el rendimiento del protocolo de comunicación de la plataforma, los resultados de los experimentos demuestran que la plataforma funciona eficientemente mientras se ajusta a las limitaciones asociadas con las implementaciones de WSN, concluyendo que las redes de sensores inalámbricos pueden adaptarse con éxito a la aplicación de monitoreo de ganado [12].

En el estudio de 2015 “Desarrollo de un sistema demostrativo de control y monitoreo, para el estudio de un grupo de reses y su entorno, con central en un servidor” realizado por Lisset Belén Jumbo Moreira y Bárbara Jordana Moya Rubio implementado en la provincia de Manabí; en el cual se desarrolló un software con el cual se puede llevar un control más profundo de lo que implica dedicarse al negocio de la ganadería; en el cual se detallan parámetros específicos de cada animal lo que permite al usuario la toma de decisiones en cuanto a medidas preventivas para que sucedan o no ciertos eventos. Adicionalmente se incluye un dispositivo de rastreo para poder conocer la ubicación exacta de cada animal para sobre todo evitar pérdidas de los mismos [13].

## **2.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **2.2.1 ABIGEATO**

Abigeato es un término utilizado para referirse al hurto o robo de ganado caballar, vacuno, porcino o lanar, cometido en sitios destinados para la conservación, cría o ceba de los mismos, sin consideración a la cuantía del ganado sustraído conocido también como cuatrismo. Es una práctica cometida desde la antigüedad y que se mantiene actualmente debido a la calidad del ganado que tienen los productores y sobre todo por su precio. Este tipo de delito es muy fructuoso porque reporta grandes cantidades de dinero para el abigeo. [14]

La existen diversas modalidades en las que se produce este delito, entra las cuales se mencionan las siguientes: [15]

### **-Atraco**

El atraco es cuando el robo surge a través de cualquier tipo de intimidación. Generalmente los delincuentes utilizan un arma de fuego. Durante el suceso se puede incurrir en otro delito que es el secuestro, mientras que los personajes que se roban el ganado cometen el acto, sus cómplices amordazan y atemorizan a sus víctimas [15].

### **-Arreo**

El arreo es conocido como el factor oportunidad, que es cuando el ganadero o administrador deja los semovientes por fuera de los límites de la finca y los delincuentes aprovechan esa situación para espolear uno o varios animales al mismo tiempo y llevárselos [15].

### **-Carneo**

El carneo es la retención de los animales que luego se sacrifican en potreros para extraer solo la carne, también se conoce como pelaje [15].

### **-Robo masivo**

El robo masivo es cuando los delincuentes se llevan todo el ganado de la finca en algún tipo de transporte y en el menor tiempo posible. Se puede presentar por abuso de confianza de los mayordomos, o el exceso de la misma por parte de los productores que dejan sus ganados pastando sin prestarles vigilancia, situación que es aprovechada por las bandas delincuenciales para ingresar de forma ilegal a las fincas y cometer el delito [15].

## **2.2.2 SISTEMAS DE MONITOREO Y CONTROL ELECTRÓNICO**

Los sistemas de monitorización y control electrónicos son aquellos encargados de la supervisión y regulación de variables físicas, puede definirse como aquel que compara el valor de la variable o condición a controlar con un valor deseado y toma una acción de acuerdo con la desviación existente. [16]

La monitorización realizada manualmente se ha tornado una misión complicada debido a la cantidad de datos que se deben registrar en diversos procesos y el tiempo

que esto conlleva. Las tecnologías de información y comunicación (TIC) han reducido efectivamente los desafíos convencionales asociados con la recopilación remota de datos y los sistemas de Monitoreo y Evaluación; algunas de las TIC que han ayudado a reducir dichos problemas, incluyen hardware como los teléfonos móviles y las computadoras portátiles, al igual que aplicaciones para crear encuestas digitales y software que permite a los usuarios cargar datos en tiempo real [17].

### **Componentes de hardware y software**

Un paso crítico en la implementación de un proyecto basado en el uso de las TIC para la recolección de datos es el de elegir el hardware adecuado para ese fin. La recopilación de datos complejos requiere de dispositivos generalmente más sofisticados, pero para las recolecciones de datos más sencillos, puede ser apropiado utilizar vías como mensajes de texto (SMS) de teléfonos móviles. En áreas rurales en las que la conectividad carece, es necesario emplear dispositivos que permitan a los usuarios sincronizar datos sin conexión [17].

### **Sistemas de Telecontrol**

Los sistemas de Telecontrol son aquellos que envían y reciben datos o indicaciones a distancia por medio de un sistema de telecomunicaciones.

La palabra control es un término que no implica sólo el concepto de actuación sino que, también, le añade la idea de monitorización o presentación de datos en el centro de control del sistema, lo que implica la adquisición de datos del campo por las estaciones remotas [18].

### **Características de un Sistema de Telecontrol**

Las características de un sistema de telecontrol son las siguientes:

- **Robustez de los elementos que se van a instalar:** La robustez de los elementos de control se mide en función de la capacidad de soportar niveles altos de humedad relativa, lluvias, polvo transportado por el viento y variaciones de temperatura tanto estacionales como diarias.
- **Seguridad de los sistemas de comunicaciones y procesos de funcionamiento del sistema:** La seguridad de los sistemas de comunicaciones y procesos de funcionamiento de un sistema, se refiere a la capacidad de las

instalaciones de telecontrol para detectar fallos de funcionamiento de los equipos, y que estos sean limitados e identificables.

- **Antivandalismo:** Antivandalismo se refiere a la capacidad de los equipos para dificultar al máximo cualquier tipo de acto vandálico, evitando el atractivo visual o económico de los mismos.
- **Autonomía:** La autonomía del sistema de telecontrol se refiere a la capacidad de tener alimentación autónoma, debido a que en el lugar donde se localizan los sistemas de control y actuación no suelen tener corriente eléctrica cercana.
- **Mantenimiento sencillo y económico:** El mantenimiento del equipo debe ser suficientemente sencillo y amigable, los diferentes dispositivos que forman los elementos de campo de fácil chequeo y sustitución.
- **Escalabilidad:** La escalabilidad se refiere a la capacidad de un equipo a la ampliación o adaptación del telecontrol instalado a las modificaciones que se puedan realizar el proceso.
- **Uso de estándares comerciales:** El uso de estándares comerciales es la característica que facilita la sustitución de un elemento ya sea por averío o fin de vida útil por otros elementos de iguales características, lo que impide la dependencia de un solo fabricante [19].

### Estructura básica de un sistema de control

La estructura básica de un sistema de control puede estar gobernada por un conjunto de centros de control jerarquizado o en paralelo que comparten información o se trasvasa entre ellos. La estructura básica puede describirse en términos de centro de control, unidad de transmisión remota y los medios de comunicación como el esquema mostrado en la Fig. 1. [18]

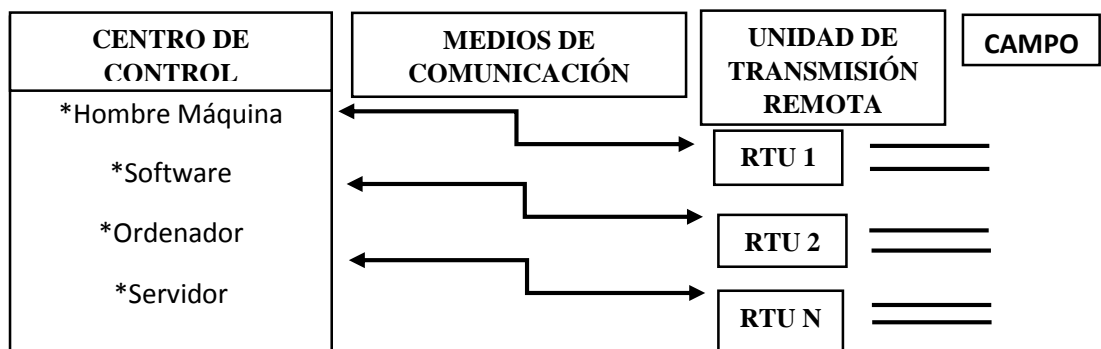


Fig. 1 Estructura de un Sistema de Control [18]

### **a.-) Centro de Control**

El Centro de Control es el conjunto de dispositivos, módulos funcionales e interfaces con los canales de comunicación que permitan llevar a cabo correctamente las funciones de supervisión y monitorización del estado actual de la red, que puede obtenerse mediante la programación de microcontroladores, PLC'S, servidores, ordenadores entre otros. [18]

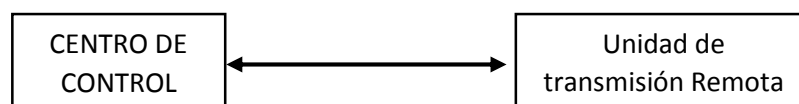
### **b.) Unidad de Transmisión Remota RTU**

Una Unidad de Transmisión Remota (RTU) es un dispositivo electrónico que permite controlar un determinado número de entradas/salidas y enviarlas a un sistema de control superior, generalmente un PLC, o bien directamente a un SCADA. Las funciones de una RTU pueden ir entre la recolección de información o controlar el estatus de las aplicaciones conectadas al sistema en base a los datos de entrada. Las RTU's generalmente están localizadas cerca de los procesos monitoreados y transfieren información a los centros de control; están diseñadas para operar en forma segura en ambientes hostiles, protegidas de la erosión, humedad, polvo y de otros contaminantes atmosféricos [20].

### **c.) Sistema de Comunicación**

Un sistema de Comunicación permite el intercambio de información entre un punto llamado emisor y otro llamado receptor. La calidad y velocidad de la transmisión depende de varios factores entre los cuales se encuentran el número de estaciones remotas, la cantidad de datos que procesa u obtiene, la localización geográfica de cada estación, los servicios y técnicas de comunicación que se manejen. Para poder asegurar la transmisión de información es necesario determinar el tipo de hardware y software que se va a utilizar en el sistema, con el fin de evitar el ruido que suele aparecer en los canales de comunicación.

Dentro de las configuraciones que se manejan en este tipo de sistemas, la más simple es la llamada punto a punto, donde el centro de control se conecta directamente con la unidad remota como el esquema a continuación presentado en la Fig. 2 [18].



*Fig. 2 Sistema de Comunicación Punto a Punto [18]*

La configuración multipunto a punto, es usada cuando las unidades de transmisión remotas están dispersas, y cada una puede transmitir datos a la central de control, como el diagrama de bloque mostrado en la Fig. 3

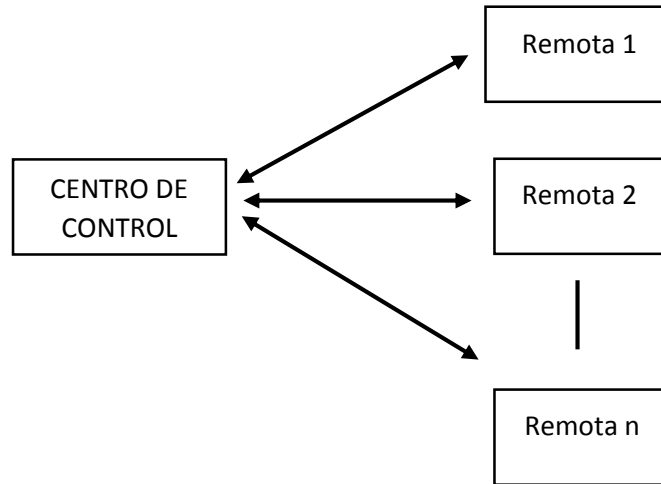


Fig. 3 Sistema de Comunicación Multipunto a Punto [18]

Cuando en un grupo de unidades remotas solamente una de ellas se puede comunicar con la central de comunicaciones, y a su vez está con cualquiera de ellas, es llamada línea compartida, esquema presentado en la Fig. 4.

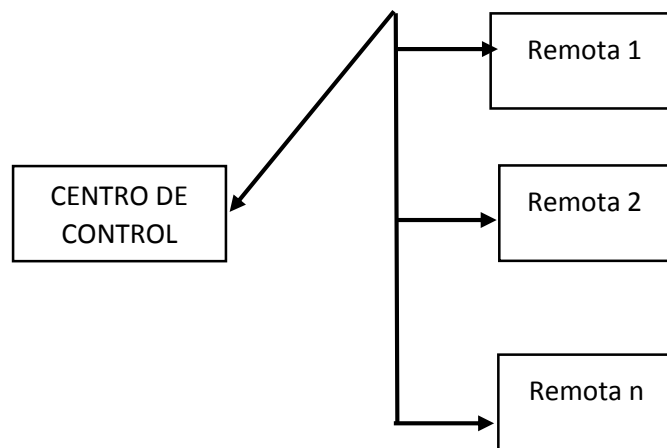


Fig. 4 Sistema de Comunicación de Línea Compartida [18]

## SERVIDORES

Un servidor es un equipo informático robusto que es utilizado en la red para proporcionar servicios a computadores llamados clientes quienes hacen uso de protocolos de comunicación para que se dé la transacción de información. Deben tener

gran capacidad de soportar peticiones de diferentes clientes y emitir una respuesta en un tiempo aceptable. Existen diversos servidores dependiendo su funcionalidad entre ellos se encuentran: [21]

- **Servidores locales:** Los servidores locales son aquellos que ofrecen un servicio dentro de una red local.
- **Servidores globales:** Los servidores globales son aquellos que prestan servicios a través de Internet.
- **Servidor de aplicaciones:** Los servidores de aplicaciones comparte programas a los usuarios de esa red o entre grupo de usuarios.
- **Servidor de impresión:** Los servidores de impresión sirven para compartir la impresora como recurso.
- **Servidor de ficheros:** Los servidores de ficheros como su nombre lo indica comparte ficheros entre grupos o todos los usuarios, cada uno puede tener su espacio de almacenamiento en el servidor.
- **Servidor de correo:** El servidor de correo es aquel que envía y recibe mensajes.
- **Servidor Web:** El servidor web es aquel que almacena un programa que implementa el protocolo HTTP Hyper Text Transfer Protocol. Trabaja en función a las peticiones que le llegan desde un ordenador a través de un navegador de Internet [21].

### **Características de los principales componentes físicos de un servidor**

Las características de los principales componentes físicos de un servidor son las siguientes:

- **Memoria RAM:** La memoria RAM (Random Access Memory) es la encargada de almacenar las instrucciones que pone en ejecución la unidad de procesamiento. Como el servidor es el encargado de escuchar las peticiones de varios usuarios, es importante que la memoria RAM, sea lo suficientemente rápida para mejorar el tiempo de respuesta del servidor [21].
- **Unidad Central de Proceso:** La unidad central de proceso (CPU) es el cerebro del computador, el CPU de un servidor no tendrá recargo extraordinario, debido a que no se realizan grandes operaciones de cálculo u operaciones que

requieran gran cantidad de procesamiento, por lo tanto el CPU debe ser de características normales para un ordenador [21].

- **Placa base:** La placa base es la parte del ordenador que comunica a todos sus componentes, por lo que es importante su calidad para el correcto funcionamiento del servidor [21].
- **Placa de comunicaciones:** La placa de comunicaciones es el punto de conexión entre el computador e Internet, determina la cantidad de información que puede procesar el servidor. Es recomendable usar una placa de 10 o 100 Mbps a un conmutador de 100Mb y si es posible utilizar medios de transmisión sin pérdidas de energía como la fibra óptica para mejorar la rapidez de la red de comunicación [21].

## SERVIDORES WEB

Un servidor web se utiliza para dar acceso a clientes a información contenida en base de datos, aplicaciones web, etc., sin embargo también se puede utilizar para probar aplicaciones web sin la necesidad de subirlas al internet. Utiliza el protocolo HTTP para la comunicación. Su diagrama esquemático se observa en la Fig. 5

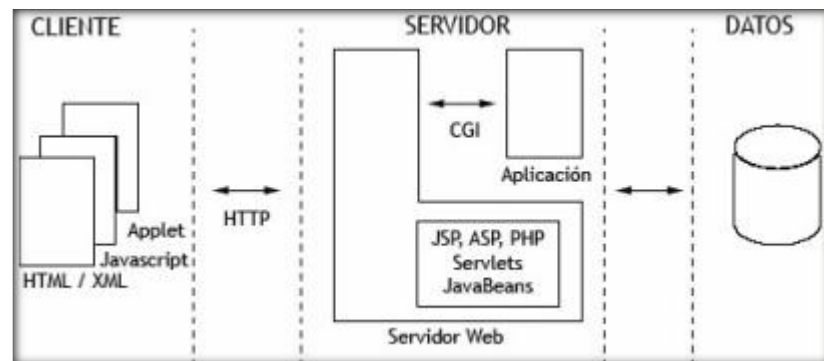


Fig. 5 Estructura de un servidor Web [22]

Existen varios servidores web entre los más destacados se encuentran: El servidor Apache que es de código abierto y es uno de los más utilizados, y el servidor Internet Information Services (IIS) de Microsoft que es un servidor desarrollado exclusivamente para Windows [23].



En la Tabla 1 se puede observar una comparación entre un Servidor Apache y el servidor IIS de software propietario.

*Tabla 1 Comparación entre Servidor Apache e IIS [22]*

<b>APACHE</b>	<b>IIS</b>
Software Libre	Software Propietario
Modular	Modular para versión 6
Utilizado en grandes servidores raíz de Internet	Usado en entornos corporativos

### **Servidor APACHE**

El servidor APACHE es un servidor Web de software libre, que tiene las siguientes características:

- **Estable:** Es estable debido a la profunda robustez que impide caídas o cambios en el servicio.
- **Flexible:** Es flexible debido a que trabaja con estándares HTTP y con varias extensiones web como PHP, SSL, etc.
- **Extensible:** Es extensible porque dispone de módulos que amplían sus servicios.
- **Multiplataforma:** Es multiplataforma porque está disponible para varios sistemas operativos [22].

### **Protocolo de comunicación Hyper Text Transfer Protocol**

El protocolo Hyper Text Transfer Protocol (HTTP) es un protocolo de comunicación utilizado en las transacciones entre los elementos de la arquitectura Web, es decir, clientes, servidores, proxies y demás. La manera de comunicarse se basa en peticiones por parte del cliente a un navegador, los llamados recursos son la información requerida e identificada mediante una URL.

El puerto que se utiliza generalmente es el 80 sobre el protocolo TCP. El cliente envía la información de la siguiente manera:

- a.) Envía el método de petición GET o POST
- b.) El documento que desea recibir
- c.) La versión de HTTP que se va a utilizar en la comunicación
- d.) El tipo de datos que se recibirán [24].

### **Métodos de petición que se utilizan**

GET: El método GET devuelve un fichero, es decir, los campos de un formulario son incorporados a la dirección. No es recomendable si se envía datos delicados como contraseñas o cuentas privadas.

POST: El método POST regresa los datos a un servidor. Es el método apropiado para enviar datos a un formulario con diversos campos [22].

### **Protocolo TCP/IP**

El protocolo TCP/IP es el protocolo más básico de Internet, suministra todos los servicios necesarios para el transporte de datos. Los protocolos son un tipo de software que actúan en la red para poder realizar la comunicación de datos [25].

### **Protocolo IP**

El protocolo IP es un protocolo no orientado a la conexión, se utiliza en el emisor y el receptor de la red, se realiza a través de una red de paquetes. El protocolo IP procesa los paquetes de datos de manera independiente al definir su representación, ruta y envío [25].

## **SERVIDORES DE APLICACIONES**

El servidor de aplicaciones es el encargado de dar acceso a los usuarios a recursos necesario para obtener información de una base de datos, seguridad, mantenimiento y demás. Se basa en un sistema de tres capas.

- Capa 1: La capa 1 es la que interactúa con el usuario, y funciona gracias a navegadores gráficos.
- Capa 2: La capa 2 es el servidor de aplicaciones de la red local
- Capa 3: La capa 3 es el servidor de base de datos.

El servidor de aplicaciones interactúa con el servidor Web para ofrecer la respuesta que desea obtener el usuario y se lo llama Servidor de aplicaciones Web [21].

## **SERVIDOR BASE DE DATOS**

El servidor base de datos es una aplicación instalada en un ordenador que sirve para almacenar y compartir archivos con otros usuarios de la red. Autoriza el acceso remoto a todos los archivos almacenados en él, que pueden ser documentos de texto, hojas de cálculo, imágenes, videos, etc. [25].

Pueden compartir información con muchos clientes, que pueden ser usuarios de un navegador web hasta servidores de aplicaciones, provee gran seguridad y servicios independientemente de la plataforma que se utilice [25].

### **2.2.3 SISTEMA DE LOCALIZACIÓN**

Un sistema de localización es un compendio de tecnologías de posicionamiento que permiten determinar la ubicación geográfica de elementos, personas y demás objetos en movimiento o estáticos [26].

#### **Sistema de Referencia para el posicionamiento**

Un sistema de referencia para el posicionamiento es aquel formado por un sistema de coordenadas en distintos ejes para poder localizar geográficamente a un determinado objeto. Así se puede mencionar los sistemas de referencia más utilizados en aplicaciones de localización.

##### **a.) Sistema de coordenadas geográficas**

El sistema de coordenadas geográficas utiliza dos coordenadas para la ubicación geográfica llamados latitud y longitud.

- **Latitud:** La latitud mide el ángulo que se forma entre un punto específico y la línea del ecuador, los llamados paralelos son líneas imaginarias en la superficie de la Tierra. Sus valores van de 0° a 90°.
- **Longitud:** La longitud mide el ángulo entre cualquier punto de la superficie terrestre y el meridiano. Los meridianos son líneas imaginarias que pasan por los polos terráqueos y a su vez son perpendiculares a los paralelos, el meridiano cero es conocido como meridiano de Greenwich [26].

#### **b.) Sistema de coordenadas UTM**

El sistema de coordenadas UTM, se basa en una proyección cilíndrica del globo terráqueo, su métrica se expresa en metros a nivel del mar. La Tierra se divide imaginariamente en 60 husos separados cada 6° de longitud y 20 zonas separadas en 8° de latitud. La ubicación de un elemento se basa en la posición x y posición y dependiendo el huso y zona de donde se midió [26].

### **CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE LOCALIZACIÓN**

#### **1. SISTEMAS SATELITALES DE LOCALIZACIÓN**

Los sistemas satelitales de localización son aquellos que utilizan un conjunto de satélites para determinar el posicionamiento y localización de un punto en cualquier parte de la superficie terrestre, marina o aire. Estos sistemas se componen básicamente de los satélites como tal y los receptores. La función de los satélites es proporcionar las señales con la información necesaria para que los receptores calculen la posición del objeto. Para poder determinar la posición, es necesario contar con un mínimo de tres satélites trabajando para un mismo sistema [26].

#### **2. SISTEMAS NO SATELITALES**

Los sistemas no satelitales hacen uso de diferentes tecnologías, pueden diferenciarse principalmente entre sistemas para localizar objetos dentro de un área geográfica grande conocidos como outdoor y que generalmente usan las redes de telefonía celular, y para áreas pequeñas conocidas como indoor que hacen uso de tecnologías de corto

alcance. Entre los más utilizados se encuentran los que a continuación se mencionan [26].

- **Sistemas de localización basados en radiofrecuencia de largo alcance**

Un sistema de localización basado en radiofrecuencia de largo alcance utiliza la red celular compuesta por varias células interconectadas entre sí y cada una de ellas con un transmisor y un receptor, su función principal es la comunicación sin embargo se le ha dado servicios añadidos como la localización aprovechando la infraestructura existente, la misma que se compone de:

- Centro de Conmutación Móvil:** El centro de conmutación móvil (MSC) es el centro de control del sistema celular, su función es el interconectar el tráfico entre las diferentes áreas geográficas llamadas células.
- Células:** Las células son las áreas geográficas en las que se divide el área total del sistema.
- Terminal receptor-transmisor:** El terminal receptor-transmisor es el dispositivo final del sistema.
- Estación Base:** La estación Base (BTS) es el aparato receptor y transmisor de señales en una célula [26].

En la Fig. 6 se puede observar un gráfico que describe los elementos de un Sistema Celular.

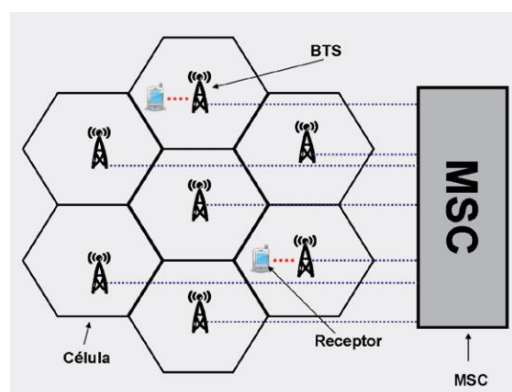


Fig. 6 Elementos de un Sistema Celular [26]

Para realizar la localización un elemento elige la BTS con la mayor potencia, de esta manera se puede determinar en qué célula se encuentra el objeto, y se produce la

localización en tiempo real. Existen diferentes tecnologías que se utilizan para comunicar el objeto y la BTS como GSM, GPRS o UTMS [26].

- **Sistema de localización basados en radiofrecuencia de corto alcance**

Los sistemas de localización basados en radiofrecuencia de corto alcance son apropiados para localizar objetos dentro de un espacio geográfico de unos cuantos metros. Por lo general se pueden dividir en dos modos de funcionamiento, el primero de ellos utiliza tags o etiquetas para ubicar los elementos y se basa en tecnologías como RFid, Bluetooth, Wi-Fi, y el segundo en base a sensores de detección, un ejemplo claro de esto son los radares [26].

#### **2.2.4 MODOS DE TRANSMISIÓN**

El modo de transmisión de la información se refiere a la dirección de los intercambios de los datos al viajar entre los dos nodos de comunicación, de esta manera se pueden encontrar cuatro tipos de modos de transmisión.

**a) Simplex SX**

El modo Simplex realiza la comunicación en un solo sentido, el dispositivo puede hacer únicamente las veces de transmisor o de receptor, pero no de las dos, un claro ejemplo de este tipo de transmisión es la emisión comercial de radio o televisión. [27]

**b) Semidúplex o Half-Duplex HDX**

En el modo semidúplex o Half Duplex los dispositivos son transmisores y receptores, pero no simultáneamente, también es llamado sistemas de cambio y fuera, un ejemplo común son los radios de banda policial o civil [27].

**c) Dúplex Total o Full Dúplex FDX**

En el modo dúplex total o full dúplex la transmisión se da en los dos sentidos y al mismo tiempo, sin embargo, la estación de la que se recibe y se transmite datos debe ser la misma, el ejemplo típico es un sistema teléfono normal [27].

**d) Dúplex Total/general F/FDX**

En el modo dúplex total o general F la transmisión se da en los dos sentidos y simultáneamente, pero no es necesario que sea entre las mismas estaciones, por ejemplo, un dispositivo puede transmitir a un segundo dispositivo y recibir datos de un tercero al mismo tiempo [27].

### **2.2.5 MEDIOS DE TRANSMISIÓN**

El medio de transmisión es utilizado para establecer la comunicación dentro de un sistema entre el emisor y el receptor, son las estructuras por donde se propaga la información. Se divide principalmente en medio guiados y no guiados.

#### **a) Medios de transmisión Guiados**

Los medios de transmisión guiados son conductores físicos que conectan los nodos de comunicación por los que viajan las ondas electromagnéticas o eléctricas, evita de gran manera la dispersión de potencia mientras se acerca a su destino. Los más utilizados son cables par trenzado, coaxial, y fibra óptica [28].

#### **b) Medios de transmisión no guiados**

Los medios de transmisión no guiados llamados también transmisión inalámbrica, no existe ningún tipo de cable o conductor entre las estaciones de comunicación, las señales de información son transportadas por un dieléctrico, es decir, el aire o el vacío [28].

### **2.2.6 COMUNICACIÓN INALÁMBRICA**

La comunicación inalámbrica es el intercambio de información por medio de ondas electromagnéticas y una banda libre o privada para transmitir, es decir, sin la necesidad de cables para la conexión entre el emisor y el receptor. [29].

#### **REDES INALÁMBRICAS**

Las redes inalámbricas son un conjunto de ordenadores, o de cualquier otro dispositivo informático, comunicados entre sí mediante soluciones que no requieran el uso de cables de interconexión [29].

Su instalación es mucho más sencilla que una cableada, para que sea una red confiable debe ofrecer accesibilidad, movilidad, productividad, fácil configuración, escalabilidad y seguridad.

## TECNOLOGÍAS DE TRANSMISIÓN

La tecnología de transmisión es la transferencia física de datos, por un canal de comunicación. Las redes inalámbricas se pueden implementar con diversas tecnologías, las mismas que se encuentran ligadas a estándares que permite y regulan su utilización [29]. Entre las tecnologías de transmisión las más utilizadas son las siguientes:

### BLUETOOTH

Bluetooth es un enlace radio de corto alcance que aparece asociado a las Redes de Área Personal Inalámbricas (WPAN). Este concepto hace referencia a una red sin cables que se extiende a un espacio de funcionamiento personal con un radio de hasta 10 metros. Bluetooth trabaja en el rango de frecuencias de 2,402 GHz a 2,480 GHz (Banda ISM). Los terminales pueden estar en movimiento y no tener línea de vista entre sí; además, las velocidades de transmisión oscilan entre 720kbps y 1 Mbps [29].

Sus principales características son su baja complejidad, bajo consumo de energía y relativamente bajo costo. La clasificación de este tipo de dispositivos, son en base a su potencia de transmisión, y son totalmente compatibles unos con otros. A continuación, se presenta la *Tabla 2* con las características principales de cada clase [30].

*Tabla 2 Clases de dispositivos Bluetooth [30]*

CLASE	POTENCIA MÁX. PERMITIDA (mW)	POTENCIA MÁX. PERMITIDA (dBm)	RANGO APROXIMADO
Clase 1	100 Mw	20 dBm	~ 100 m
Clase 2	2.5 Mw	4 dBm	~ 20 m
Clase 3	1 Mw	0 dBm	~ 1 m



## **ZIGBEE**

ZigBee es una alianza sin ánimo de lucro de varias empresas, con la finalidad de promover el desarrollo e implantación de una tecnología inalámbrica bidireccional de bajo coste vía radio, para usarla en dispositivos de domótica, automatización de edificios, control industrial, periféricos de PC o sensores médicos y demás. Tiene velocidades comprendidas entre 20Kbps y 250Kbps y rangos de 10 m a 75 m. Puede usar las bandas libres ISM de 2,4 GHz, 868 MHz (Europa) y 915 MHz (EEUU). Utiliza el estándar IEEE 802.15.4 para su operación, que regula algunos aspectos en cuanto a la transmisión.

Una red ZigBee puede estar formada por hasta 255 nodos, los cuales tienen la mayor parte del tiempo el transceiver dormido con objeto de consumir menos energía que otras tecnologías inalámbricas [29].

Esta tecnología tiene dos tipos de topología, el tipo estrella en donde los nodos de la red se comunican con un punto central, y punto a punto que puede a su vez ser en malla o árbol de grupo [31].

## **FAMILIA IEEE 802.11**

La familia IEEE 802.11 es un conjunto de estándares para redes locales inalámbricas desarrollada por el Institute of Electrical and Electronics Engineers, que garantiza la interoperabilidad entre diferentes fabricantes, describe la funcionalidad de las capas y subcapas y las relaciones entre ellas, pero no especifica cómo se tienen que hacer; solo indica cómo se debe comportar el equipo y deja vía libre al fabricante en la manera de implementarlo. El estándar 802.11 es una familia de especificaciones, entre las cuales se destacan las descritas en la Tabla 3 [32].

Tabla 3 Principales Estándares de la Familia 802.11 [29]

Estándar	802.11 a	802.11b	802.11g	802.11 n	802.11 ac
Banda de frecuencias	5 Ghz	2.4 Ghz	2.4 Ghz	2.4 Ghz o 5 Ghz	5 Ghz
Tasa máxima	55 Mbit/s	11 Mbit/s	54 Mbit/s	540 Mbit/s	1300 Mbit/s
Tipo de modulación	OFDM	DSSS/FHSS	OFDM	OFDM	OFDM

Existen diversos componentes para un sistema basado en el estándar 802.11, entre ellos están:

- Sistema de distribución
- Punto de acceso
- Controlador de puntos de acceso
- Medio inalámbrico
- Estación [33]

## WI-FI

WI-FI es una tecnología inalámbrica basada en el estándar IEEE 802.11, lo que hace que sea compatible e interoperable con diversos equipos que adoptan este estándar para trabajar. Actualmente ofrece bastantes beneficios a un coste bajo, es económica y puede ser extendida para ofrecer muchas funcionalidades.

### Modos de funcionamiento

Los modos de funcionamiento Los dispositivos WI-FI tienen algunos modos de funcionamiento, entre ellos se encuentran:

- Master: El modo master se usa para instalar un punto de acceso en una red.
- Managed: El modo managed también llamado modo cliente, se unen a una red creada por un master.

- Modo Ad-Hoc: Se usa para crear redes en malla, se comunican entre todos los nodos [34].

## **RADIOFRECUENCIA**

La radiofrecuencia es una tecnología económica que se ha visto beneficiada por la aparición de diversos módulos que simplifican su utilización, al poder conectarlos directamente a un puerto de comunicación de un microcontrolador y darle la capacidad de controlar y ser controlado a distancia.

Para poder formar el sistema de comunicación debe contar básicamente con un transmisor y un receptor. El transmisor por lo general tiene un elemento estabilizador, un pin para recibir los datos, los pines de alimentación. El receptor suele ser regenerativos o super-regenerativos, que detecta un umbral gracias a un comparador a la salida [35].

La distancia de transmisión depende de la potencia de los módulos utilizados y la ganancia de las antenas, así como de la interferencia que exista en el lugar de propagación de las ondas.

## **TECNOLOGÍAS CELULARES**

Las tecnologías celulares o móviles son un medio de comunicación inalámbrico entre un emisor y un receptor que hacen uso de las ondas electromagnéticas para cumplir con su objetivo. Son utilizadas en las redes de telefonía celular cuyo equipo terminal es un teléfono celular [36].

En la Tabla 4 se muestra un resumen de las tecnologías celulares existentes y sus principales características.

Tabla 4 Resumen de Tecnologías Celulares [36]



### **GSM Global System for Mobile Communications**

- Estandar internacional de comunicaciones inalámbricas.
- Usa tecnología de radiocomunicaciones digital inalámbrica de segunda generación 2G.
- Opera en las bandas 900 Mhz, 1800 Mhz y 1900Mhz.
- Ofrece servicios de voz y datos [36].



### **GPRS Global Packet Radio Service**

- Mejora de GSM conocida como 2.5 G
- Transmite datos por conmutación de paquetes y no de circuito como GSM, por ende la velocidad aumenta y el costo disminuye.
- Usa la red solamente cuando se transmite o recibe un paquete por lo que descongestiona la red [36].



### **UTMS Universal Mobile Telecommunications System**

- Es la tercera generación 3G en telefonía.
- Altas velocidades de transmisión de datos de hasta 2Mbit/s
- Prestación de servicios multimedia [36].



### **4 G LTE LOW TERM E**

- Velocidad de descarga hasta 60Mbps y de envío hasta de 40Mbps
- Usa OFDM para la modulación lo que permite gran cantidad de usuarios y mayor cobertura [36].

## **GSM Global System Mobile Communications**

Global System Mobile Communications GSM fue creado en 1990 por el ETSI (European Telecommunications Standards Institute) con el objetivo de presentar una tecnología eficiente, con cobertura internacional y que permitiera obtener un mercado abierto y extenso como el actual. Sus principales características son:

-Baja tasa de transferencia de datos 9.6Kbps.

-Área de cobertura de la célula limitada por la distancia de reutilización de frecuencias, por lo que, en áreas muy pobladas, con una alta densidad de células, esta área es pequeña.

-Gran movilidad, permitiendo en algunas circunstancias velocidades cercanas a los 200 Km/h.

-Dos zonas del espectro posibles para su uso. La banda de 900 MHz y posteriormente la de 1800 Mhz [29].

### **GPRS General Packet Radio Service**

General Packet Radio Service (GPRS) es una tecnología descendiente de GSM que utiliza la conmutación de paquetes, paralelo a la conmutación de circuitos [37].

#### **Características**

Las características de GPRS son las siguientes:

- Mantiene la misma estructura que la red GSM, por lo tanto la misma cobertura.
- Transmite los datos a mayor velocidad que GSM.
- Velocidad de transferencia teórica de 171.2 Kbps.
- Pago por la cantidad de información transmitida [37].

#### **Aplicaciones**

Las aplicaciones de GPRS son las siguientes:

- Transmisión poco frecuente de tráfico de datos.
- Telemetría
- Telealarma
- Control de tráfico vehicular [37]

### **SERVICIO DE SHORT MESSAGE SERVICE SMS**

El servicio de Short Message Service SMS es un servicio que permite el envío y recepción de mensajes en modo texto de hasta 160 caracteres. El mensaje contiene:

-Mensaje de texto

-Número de emisor y hora de emisión [38].

### **2.2.7 PROPAGACIÓN DE ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS EN AMBIENTES ABIERTOS**

La propagación de ondas electromagnéticas en lugares cerrados o abiertos depende de diversos factores relacionados con el entorno de transmisión, especialmente de los obstáculos que existan entre el transmisor y el receptor, que modifican la trayectoria de la señal, dando lugar a eventos como la refracción, reflexión y difracción, provocando efectos multitraectoria y desvanecimiento de la señal [39].

### **MODELOS DE PROPAGACIÓN EN REDES INALÁMBRICAS**

Los modelos de propagación en redes inalámbricas son un conjunto de expresiones matemáticas, algoritmos y diagramas, utilizados para representar la característica de radio de un ambiente determinado y para estimar la propagación de una señal. La ventaja que proporciona es conocer la viabilidad de los proyectos y poder hacer una estimación de las necesidades, costos y capacidad que deben manejar los equipos para una transmisión óptima de la señal.

Los modelos de propagación de radio se pueden clasificar según la zona de cobertura, así encontramos los modelos outdoor y modelos indoor, los primeros a su vez, se dividen en modelos de propagación en macroceldas y microceldas de acuerdo al tamaño de cobertura [29].

### **MODELO DE PROPAGACIÓN OUTDOOR**

El modelo de propagación outdoor es utilizado para grandes áreas de cobertura de la transmisión llamadas macroceldas, las mismas que trabajan con emisiones de potencias elevadas. Entre los modelos que se utilizan están el modelo de Bullington, el modelo de Okumura, el modelo ITU (CCIR), el modelo Hata, el modelo Ericsson

9999, el modelo Lee, el modelo COST 231-Walfisch-Ikegami, el modelo ANN, entre otros.

Las microceldas cubren áreas de entre 200 a 1000 metros, con potencias del orden de 10mW y 1W, los modelos utilizados son: modelo de dos rayos, modelos basados en UTD, el modelo Lee para microceldas, etc [29].

- **MODELO DE PROPAGACIÓN DE ESPACIO LIBRE**

El modelo de propagación de espacio libre es un modelo usado como referencia para los demás modelos de propagación. En espacio libre la energía radiada por una antena omnidireccional se propaga por la superficie de una esfera terrestre, predice que la potencia recibida decae mientras la distancia entre el transmisor y el receptor crece. Su ecuación matemática se observa a continuación [29].

$$Prx = 32.45 + 20 \log(F) + 20 \log(d) \quad (1)$$

**Donde:**

Prx = Potencia recibida en Db.

F= Frecuencia de la portadora en Mhz

d= Distancia entre el transmisor y el receptor en Km

- **MODELO DE DOS RAYOS**

El modelo de dos rayos se basa en la óptica geométrica y se toman en consideración la reflexión de las señales sobre la Tierra. Se debe tomar en cuenta la altura de la antena trasmisora y de la antena receptora [40].

$$Pr = \frac{P_t G_r G_t h_r^2 h_t^2}{d^4} \quad (2)$$

**Donde:**

Pr = Potencia recibida en Watts.

Pt = Potencia transmitida en Watts.

Gr=Ganancia de la antena receptora

Gt=Ganancia de la antena trasmisora

hr= Altura de la antena receptora  
ht= Altura de la antena transmisora  
d= Distancia entre el transmisor y el receptor en Km

### **Pérdidas por propagación**

$$L_p(dB) = 40\text{Log}d - (10\text{Log}G_t + 10\text{Log}G_r + 20\text{log} + 20\text{log}h_r + 20\text{log}h_t) \quad (3)$$

#### **Donde:**

Lp = Pérdida por trayectoria en DB  
d= Distancia en kilómetros  
Gr=Ganancia de la antena receptora dB  
Gt=Ganancia de la antena transmisora dB  
hr= Altura de la antena receptora en metros  
ht= Altura de la antena transmisora en metros

- **MODELO DE LEE**

El modelo de Lee es un modelo que predice las pérdidas de la señal por trayectoria, considera diversos parámetros como la densidad de los árboles, la altura de las antenas, entre otros. Las pérdidas varían de acuerdo a la frecuencia y la distancia. Su ecuación matemática es descrita a continuación: [39]

$$PL = 40 \log(d) + 20 \log(F) - 20 \log(h_t * h_r) \quad (4)$$

#### **Donde:**

PL = Pérdida de la señal en dB.  
d= Distancia entre el transmisor y el receptor en m  
F= Frecuencia de la portadora en Mhz  
ht= Altura de la antena transmisora  
hr= Altura de la antena receptora



## **2.2.8 MICROCONTROLADOR**

Un microcontrolador es un microcomputador en un circuito integrado, utilizado en diversas aplicaciones puntuales dentro de diversos campos como en comunicaciones telefónica, aparatos electrónicos, electrodomésticos, etc., donde la cantidad de instrucciones a ejecutar son pocas. El microcontrolador ejecuta un programa cargado en su memoria previamente, y utiliza algunos datos temporales para interactuar con el exterior [41].

### **Características que debe tener un microcontrolador**

Las características que debe tener un microcontrolador son las siguientes:

- Recursos de entrada y salida
- Microcontrolador idóneo para la aplicación, la diversidad de usos de los microcontroladores han hecho que los fabricantes desarrollen diversas familias con características similares que difieren por componentes de hardware, para que el usuario pueda elegir a su conveniencia el microcontrolador que se ajuste de mejor manera a sus requerimientos.
- Bajo consumo de energía [41].

### **Componentes de un microcontrolador**

Los componentes de un microcontrolador son la Unidad Central de Procesamiento CPU, la memoria, los recursos para periféricos de entrada y salida, el oscilador. Estos componentes le permiten ofrecer servicios como un pequeño computador.

El oscilador sirve para sincronizar operaciones internas del cual depende la velocidad de ejecución de instrucciones del microprocesador. La CPU contiene la Unidad Aritmética Lógica ALU, que realiza todos los cálculos matemáticos y lógicos, también cuenta con registros de propósito general y de propósito específico, que permiten su correcto funcionamiento [41]. El esquema de bloques se presenta a continuación en la Fig. 7.

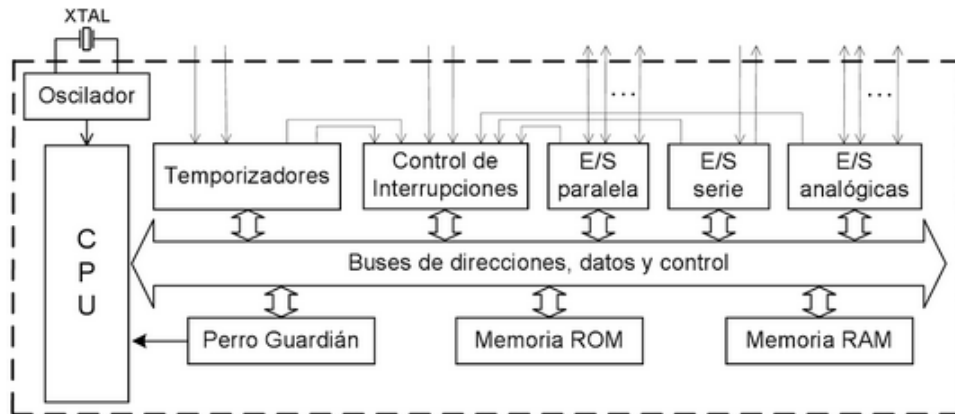


Fig. 7 Esquema de Bloques general de un microcontrolador [41]

Los microcontroladores son fabricados y desarrollados por diversas compañías, entre las cuales destacan los PIC'S de la familia 68HC producida por Freescale, PIC producido por Microchip, y AVR producido por Atmel [42].

### Familia de microcontroladores PIC

La familia de microcontroladores PIC, son utilizadas en diversas aplicaciones por las características que facilitan su utilización, entre ellas se puede mencionar las siguientes:

- Cuentan con un número pequeño de instrucciones que facilitan la programación al usuario, todas ellas son palabras entre, 12,14 o 16 bits.
- Aplican la técnica del segmentado en la ejecución de las instrucciones, las mismas que se ejecutan en un solo ciclo de instrucción, y las instrucciones de transferencia de control que se demoran dos ciclos de instrucción.
- Cuenta con una gama amplia de dispositivos de entrada y salida.
- Tienen puertos paralelos de 8 bits, temporizadores, convertidores A/D y convertidores D/A, puertos síncronos y asíncronos, moduladores de ancho de pulso [41].

Los microcontroladores se clasifican de acuerdo al número de instrucciones que manejan y también respondiendo a cinco grandes familias. En la familia de gama baja se encuentran los PIC10, PIC12X5, PIC16X5, tienen una memoria de programa de 2048 palabras, con 33 instrucciones de 12 bits. La familia de gama media tiene 35 instrucciones de 14 bits con una memoria de programa de 8192 palabras a los que

corresponde los PIC12 y PIC16. Los PIC17 y PIC18 son de la familia de gama alta que tiene una memoria de programa de 1024 registros y 4k registros de 8 bits respectivamente, con instrucciones de 16 bits [41].

### **Microcontroladores Arduino**

Los microcontroladores Arduino tienen una plataforma de hardware y software libre, muy flexible en el que se pueden crear varias aplicaciones con prototipos electrónicos, fácil de utilizar debido al entorno de desarrollo que presenta. Tiene diversas entradas y salidas tanto digitales como analógicas, además puede interactuar con distintos dispositivos como pantallas LED, motores, y varios dispositivos complejos como GPS, GSM, etc. La programación es sencilla y la información existente es abundante, desde el sitio web se puede descargar el programa de desarrollo que es compatible con sistemas operativos Windows, Linux y MAC.

Existen diversos modelos de placas Arduino, diferenciados por su tamaño, capacidad de almacenamiento, número de entradas, salidas y componentes o funciones adicionales que permiten adaptarse a diferentes proyectos [43].

Actualmente el desarrollo de proyectos orientados a la conexión con Internet, ha impulsado la creación de nuevos microcontroladores que ofrecen servicios integrados adicionales como la comunicación WI-FI. Entre ellos los módulos ESP32, ESP8266 de la compañía Espressif, quienes han desarrollado estos microcontroladores para redes de sensores de baja potencia y con software gratuito [44].

### **2.2.9 ALARMAS SONORAS**

Las sirenas sonoras son aparatos generadores de sonido mediante interrupciones periódicas de una corriente de aire o vapor. Son utilizadas frecuentemente para la activación de alarmas, en emergencias, defensa civil, entre otras. Existen diversos tipos de sirenas entre ellos la clasificación más común son las electrónicas, mecánicas y electromecánicas [45]. Las características principales de estas sirenas se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5 Tipos de sirenas y sus características [45]



### **SIRENAS MECÁNICAS**

- Las sirenas mecánicas tiene un motor conectado a un ventilador especial provisto de dientes de circunferencia que al salir el aire provocan un sonido.
- La corona dentada es la responsable de la generación del sonido [44].



### **SIRENAS ELECTROMECAÑICAS**

- Las sirenas electromecánicas tienen trompetas de membrana alimentadas por un compresor equipado con un dispositivo rotativo que gestiona la secuencia de tonos.
- Requieren mantenimiento periódico y se debe comprobar el nivel para evitar un sobrecalentamiento de la unidad [44].



### **SIRENAS ELECTRÓNICA**

- Las sirenas electrónicas se componen de una unidad de control que ha almacenado en el interior una secuencia de tonos, con altavoces conectados.
- Tienen un bajo consumo eléctrico, y no requieren mantenimiento
- Actualmente existe sirenas muy potentes de hasta 200 W [44].

## **2.3 PROPUESTA DE SOLUCIÓN**

La implementación del prototipo de control y monitoreo para ganado vacuno por medio de tecnología inalámbrica como prevención del abigeato, permite cubrir el área de pastoreo y generar alarmas al propietario en caso de que el animal salga de los límites establecidos o si el dispositivo es sustraído del animal.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN**

En el presente proyecto se realizó una investigación aplicada, debido a que se diseñó e implementó un prototipo de control y monitoreo como prevención de abigeato.

Además, se desarrolló una investigación bibliográfica a través de libros, revistas y publicaciones, para dar el correspondiente sustento científico al proyecto, recopilar información necesaria para su desarrollo y tomar en consideración las experiencias existentes relacionadas con el tema planteado en este proyecto.

Se presentó una investigación de campo en la que se analizó las condiciones en las que se desarrolló el problema, y fue necesario la recolección de información de todas las variables presentes como las climáticas y geográficas del lugar donde se implementó dicho sistema.

Se realizó la investigación experimental para el diseño de los elementos de control del prototipo realizado sistema de monitorización y control de ganado vacuno por medio de tecnología inalámbrica para prevención de abigeato.

#### **3.2 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN**

La recolección de información para el presente proyecto fue por medio de encuestas a los involucrados en el problema, libros, revistas científicas, trabajos de investigación, datos estadísticos, publicaciones científicas e Internet, además de la guía del docente tutor para el desarrollo del prototipo.

### **3.3 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS**

Para el procesamiento y análisis de datos se realizó de la siguiente manera:

- Se recolectó la información por medio de entrevistas a los involucrados en el problema.
- Se recopiló información bibliográfica relacionada con el problema y con la solución, además de experiencias relacionadas con el tema de investigación.
- Se realizó la interpretación de resultados, para detección de errores o respuestas contradictorias.

### **3.5 DESARROLLO DEL PROYECTO**

Para poder desarrollar el prototipo del sistema, se realizaron los siguientes pasos:

1. Investigación sobre las formas en las que operan las bandas dedicadas al abigeato en el cantón con las autoridades correspondientes.
2. Indagación en diversas fuentes bibliográficas, sobre temas relacionados con la vigilancia y monitoreo del ganado vacuno.
3. Comparación de diferentes sistemas existentes de localización y monitorización de ganado vacuno.
4. Análisis de parámetros importantes para el diseño del sistema de acuerdo con las condiciones del terreno.
5. Selección de la tecnología inalámbrica y los componentes electrónicos adecuados para el funcionamiento del sistema.
6. Construcción del prototipo.
7. Determinación de los parámetros necesarios para el diseño de la base de datos.
8. Diseño de la interfaz de la base de datos requerida.
9. Realización de pruebas y comprobación del correcto funcionamiento del prototipo de control y monitoreo para ganado vacuno como prevención del abigeato.
10. Redacción del informe final.

## **CAPÍTULO IV**

### **PROPUESTA**

El presente proyecto consiste en la construcción de un prototipo de sistema de control y monitoreo para ganado vacuno, con tecnología WI-FI para prevención del abigeato. El sistema permite la activación de alertas en caso de que un animal salga del área de pastoreo establecida, informando inmediatamente al propietario de lo ocurrido a través de alarma sonora y mensajes de texto con la respectiva ubicación del animal. El dispositivo de control se coloca en el cuello del ganado y contiene los módulos de comunicación y procesamiento de datos, si este es retirado del animal inmediatamente se dispara la alerta al celular del usuario y a la alarma sonora ubicada en el centro de control.

El sistema de monitorización y control de ganado vacuno por medio de tecnología inalámbrica para prevención de abigeato cuenta con una base de datos donde se almacena las notificaciones producidas por la activación de las alertas con la fecha y hora, esta base de datos se encuentra almacenada en un servidor LAMP ubicado en el centro de ordeño de la Finca María Daniela 2 y desde ahí se puede realizar el monitoreo del ganado.

El diseño del sistema se basa en los requerimientos del propietario de la finca y tiene como principal objetivo prevenir el robo de los animales y por ende pérdidas económicas para el productor.

## **4.1 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD**

El presente proyecto tiene una factibilidad técnica, económica y bibliográfica las mismas que se detallan a continuación.

### **4.1.1 Factibilidad Técnica**

La factibilidad técnica para realizar el proyecto se debe a que las tecnologías con las que se desarrolla han sido estudiadas a profundidad y comprobadas para su uso en diferentes campos, además existen todas las herramientas para la elaboración del prototipo dentro del país.

### **4.1.2 Factibilidad Económica**

El presente proyecto es económicamente factible debido a que su costo-beneficio es relativamente bajo al utilizar software y hardware libre de licencias y que la investigación es financiada con los recursos económicos del investigador.

### **4.1.3 Factibilidad Bibliográfica**

La investigación presente tiene factibilidad bibliográfica porque la información necesaria para su desarrollo se encuentra en libros, publicaciones científicas, revistas, tesis de ingeniería, sitios web, entre otros.

## **4.2 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL ABIGEATO EN EL CANTÓN MOCHA**

Según el último censo en el año 2010 del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos el cantón Mocha de la provincia de Tungurahua cuenta con 6777 habitantes, de los cuales el 82.4% reside en zonas rurales, en donde, las actividades económicas principales son la ganadería, agricultura, caza, pesca y silvicultura [2].

En las zonas ganaderas del cantón, el abigeato es un delito constante que aqueja a la población, motivo por el cual se creó la Junta de Seguridad de la Zona Baja, que es la



encargada de planificar estrategias para reducir el robo de ganado. Según la información proporcionada por Ana Paredes, presidenta de la Junta de Seguridad, se sustraen aproximadamente 20 cabezas de ganado cada tres meses, sin embargo, la mayoría de los casos no son denunciados porque las víctimas creen no obtener ningún beneficio al hacerlo.

Gran parte de los robos de ganado han sucedido en la noche, y por lo general se sustraen una o dos cabezas de ganado, que son llevados en camionetas por lugares alternos, evadiendo los controles, e incluso se han encontrado restos de animales despostados en el bosque de la parroquia Yanahurco.

La Junta de Seguridad por su parte organiza rondas nocturnas esporádicamente, que cuenta con la presencia de 6 a 7 personas no armadas en cada parroquia, sin embargo, según la presidenta de la junta se supone que podría existir algún tipo de filtración de información y por ello en ninguna de las rondas realizadas el último año se ha logrado la identificación de los cuatrerros. La Junta cuenta con equipos de radio de dos vías (Handys) a través de los cuales informan sobre robos en el sector o cualquier novedad que afecte a la población, también tienen un convenio con la Policía Nacional, con el sistema llamado TIA POLI, el cual consiste en un botón de emergencia, a través del celular marcando el número 5, al ser activado la policía acude inmediatamente al lugar; sin embargo, en muchas ocasiones, llegan después de que se cometió el delito.

La presidenta de la Junta de Seguridad también informó que, en la zona baja del cantón, la forma más común de protegerse de la delincuencia es teniendo perros guardianes que alertan de cualquier novedad a sus propietarios, y sistemas de alarmas comunitarias que no siempre son activadas; por lo que la seguridad se ve fácilmente vulnerada y se cometen varios delitos de robo. Esta situación hace que los campesinos pierdan sus inversiones en ganado y otros bienes que les resultan difíciles recuperar.

#### **4.3 SISTEMAS EXISTENTES DE VIGILANCIA Y MONITOREO DE GANADO VACUNO.**

Actualmente existen diversos sistemas de vigilancia y monitoreo de ganado vacuno, con tecnologías y precios diferentes, en Latinoamérica la mayoría se comercializan en países como Chile, Argentina y Uruguay por tener grandes zonas ganaderas.

## **SISTEMA SAFE CATTLE**

Safe Cattle es un sistema de monitoreo que permite realizar la localización en tiempo real de los animales que se encuentran en los potreros y su principal aplicación es evitar la pérdida de estos.

Su funcionamiento se basa en insertar un crotal, que es una especie de pendiente de plástico que se pone en las orejas del ganado, el mismo que envía información a un computador central, el cual muestra de forma gráfica la ubicación del animal. La tecnología que utiliza es por radiofrecuencia y crea un perímetro virtual que cubre el área de pastoreo, si el animal cruza este perímetro emite una señal al computador, y suena una alarma, además envía una alerta por mensaje de texto o correo electrónico al responsable de los animales.

Para dar cobertura al lugar se colocan varias antenas a lo largo del campo, aproximadamente una antena por hectárea en campos sin obstáculos, el margen de error con el que se manejan es de 9 metros máximo.

Además de la localización el sistema cuenta con un sensor de temperatura que ayuda en el diagnóstico de algunas enfermedades presentes en el animal.

En cuanto al costo, el alquiler del sistema se oferta en aproximadamente 10 dólares mensuales por cabeza de ganado que incluye el servicio de monitoreo y la instalación [46].

## **SISTEMA MONTECH**

El sistema permite la localización de los animales en tiempo real. Se puede instalar en un collar con el que se puede determinar su posición y movimiento, o en forma de arete donde también se adiciona la medición de temperatura, sin embargo, el dispositivo tiende a perderse con facilidad porque puede desprenderse de la oreja debido al movimiento del animal.

El sistema cuenta con un software de control el mismo que debe ser instalado en un computador o en un celular inteligente. El software crea un área permitida para el

pastoreo, si el animal sale de esa cobertura se genera una alarma que se recibe en el computador o celular predeterminado.

Para el funcionamiento del sistema se instalan antenas de alta potencia alrededor del predio, para amplificar la potencia del dispositivo y llevarlo hasta el dispositivo que tiene el software. Se utiliza radiofrecuencia para cubrir el sitio y según su creador se instala aproximadamente una antena cada 10 km, en caso, de hurto el productor podrá saber porque zona se llevaron a su animal. Posee un rango de error de aproximadamente 2 metros.

El sistema se comercializa en un paquete básico de 100 dispositivos, las antenas que se requieran para cubrir el área de pastoreo, el software y el mantenimiento gratuito por un año, en un precio de aproximadamente 22600 dólares [9].

### **CHIPSAFER**

El sistema CHIPSAFER consiste en un chip colocado en forma de collar que monitoriza la ubicación del ganado, y parámetros fisiológicos como cantidad de movimiento y temperatura corporal.

Utiliza tecnología satelital y una plataforma en la web, en la que el usuario puede ingresar y modificar el espacio que servirá de pastoreo para sus animales, si alguno rebasa estos límites se genera una alarma por medio de SMS, y correo electrónico. La forma de carga es por medio de paneles solares y baterías [47].

### **LOCALIZADOR DE GANADO DE LA EMPRESA TRAXCO**

El localizador de ganado comercializado por la empresa TRAXCO, tiene forma de un collar colocado en el animal, el cual utiliza tecnología GPS para su monitorización las 24 horas del día, también tiene un contrapeso para mantener en su lugar al dispositivo y un sensor de temperatura para hacer el seguimiento del estado de salud del animal. El collar se comercializa en diferentes tamaños, para toros collares de 1.60 metros de longitud de circunferencia, 1.50 metros para vacas y 0.86 metros para ovejas, hay que destacar que todos los collares son regulables para poder ajustar perfectamente al

cuello del animal. Cuenta con una plataforma Web que puede ser utilizada en cualquier computador o en forma de aplicación para teléfonos Android, en donde se puede llevar el registro de vacunas, celos e información que el productor considere relevante. El sistema muestra de forma gráfica la ubicación del animal, y permite colocar cercos virtuales que al ser superados emite un mensaje en la plataforma de información.

El costo del dispositivo incluido las baterías son de aproximadamente 239 dólares, sin contar con los gastos de importación [48].

En la Tabla 6 se muestra la comparación de los sistemas descritos anteriormente bajo diversos criterios de selección.

*Tabla 6 Comparación de diferentes sistemas existentes de localización y monitorización de ganado vacuno.*

*Elaborado por Investigadora basado en [46] [9] [47] [48]*

<b>SISTEMA</b>	<b>SAFE CATTLE</b>	<b>MONTECH</b>	<b>CHIPSAFER</b>	<b>LOCALIZADOR TRAXCO</b>
<b>Tecnología de transmisión de información</b>	Radiofrecuencia	Radiofrecuencia	Radiofrecuencia	Radiofrecuencia
<b>Área de cobertura</b>	1 hectárea por antena colocada	10 km por antena colocada	Indefinida	Indefinida
<b>GPS</b>	NO	NO	SI	SI
<b>Servicio de mensajería</b>	SI	SI	SI	SI
<b>Alerta Sonora</b>	SI	NO	NO	NO
<b>Registro de datos</b>	SI	SI	SI	SI
<b>Servidor Web</b>	NO	NO	SI	SI
<b>Disponibilidad para Ecuador</b>	NO	NO	NO	NO
<b>Costos</b>	120 dólares por año por animal	22600 dólares por 100 animales	200 dólares aproximados por animal	239 dólares por animal

Los sistemas analizados prestan servicios de localización utilizando radiofrecuencia o GPS, además las bases de datos que registran dependen del costo pueden ser accesibles desde cualquier lugar del mundo o únicamente en el computador en el que está instalado el software que se comercializa juntamente con el dispositivo.

En cuanto a costos el valor depende de la cantidad de servicios que ofrece, sin embargo, no son muy accesibles para pequeños ganaderos y la gran mayoría no se comercializa dentro del país.

#### 4.4 ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES GEOGRÁFICAS Y CLIMATOLÓGICAS DE LA PARROQUIA PINGUILI.

El cantón Mocha de la provincia de Tungurahua, va desde los 2500 hasta los 4965 m.s.n.m., con una temperatura promedio anual de 10 a 15°C, el cantón está conformado por las parroquias Matriz Mocha y Pinguilí.

La parroquia PingUILI se encuentra al noreste del cantón, el poblado se concentra a 2900 m.s.n.m., el clima corresponde al ecuatorial mesotérmico semi-húmedo con temperaturas promedio anuales de 12 a 14 °C. La humedad relativa del lugar está comprendida entre el 65 y 85% y las precipitaciones anuales van de 500 a 800 mm [49]. En la Fig. 8 se puede observar los lugares que conforman el cantón Mocha y su temperatura.

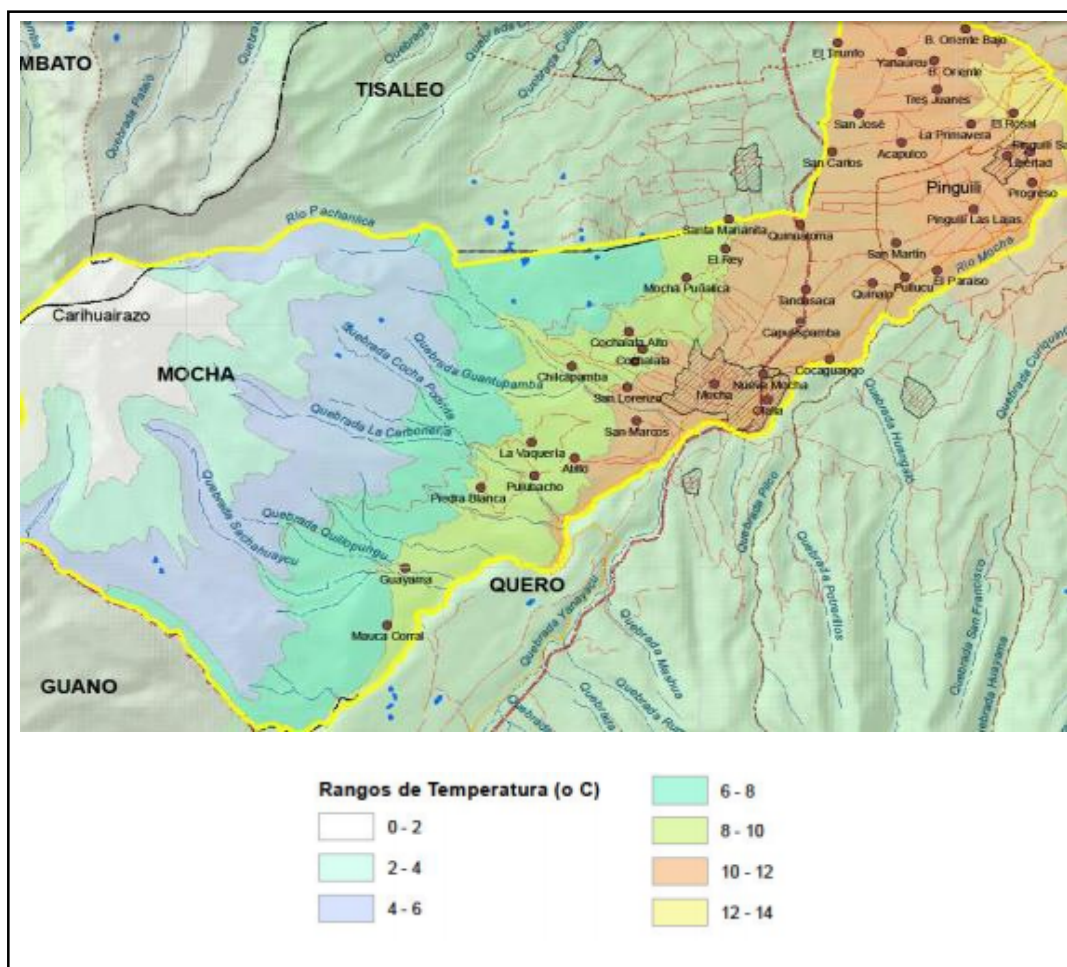


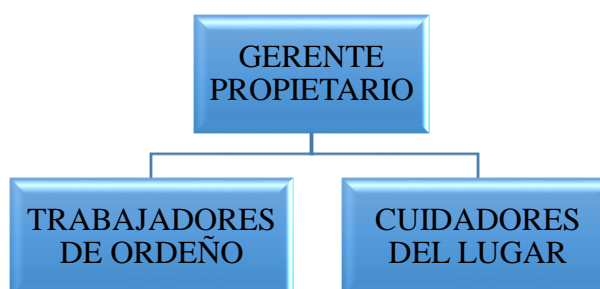
Fig. 8 Mapa de Temperatura del cantón Mocha [49]

#### 4.4.1 FINCA MARÍA DANIELA 2

La Finca María Daniela 2, se encuentra ubicada en la parroquia Pinguili, en las coordenadas 1°24'1.44''S, 78°38'5.28''W.

#### Organigrama Estructural

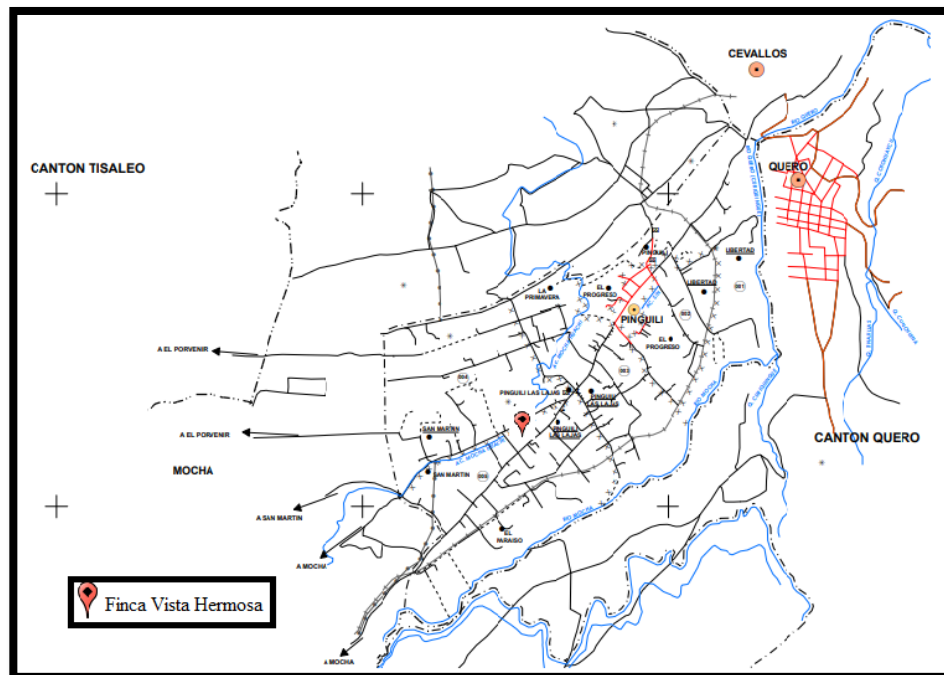
El Ingeniero Danilo Ortiz es el dueño del lugar, administrador de la Finca, y jefe de los trabajadores, dos personas son encargadas del proceso de ordeño de las vacas, y una de ellas se encarga del cuidado de los animales y de la Finca en general por lo que reside en la misma. El diagrama estructural del lugar se puede observar en Fig. 9



*Fig. 9 Organigrama Estructural  
Elaborado por Investigadora*

#### Vías de Acceso

La Finca María Daniela 2 está ubicada en la Av. Vicente Rocafuerte, de la Parroquia Pinguili Las Lajas por donde es su acceso principal, y cuenta con otro acceso por la vía Leonidas Plaza Gutiérrez. Las calles de acceso a la Finca son asfaltadas y tienen la señalética adecuada. La ubicación de la Finca se encuentra en la Fig. 10



*Fig. 10 Ubicación de la Finca María Daniela 2 en la parroquia Pinguili  
Elaborado por Investigadora*

### **Servicios Básicos**

Los servicios básicos con los que cuenta la Finca son: Luz y Agua Potable, además de agua de regadío para el terreno con un sistema de aspersión. No tienen línea telefónica ni servicios de Internet.

Dentro de la Finca se encuentran las siguientes construcciones: el centro de ordeño donde se localiza el contenedor de producto lácteo y el equipo de ordeño, la vivienda de los cuidadores de la Finca y el establo. Las mismas que se pueden observar en las Fig. 11, Fig. 12 y Fig. 13.



*Fig. 11 Centro de Ordeño de la Finca María Daniela 2  
Elaborado por Investigadora*



*Fig. 12 Vivienda de los cuidadores  
Elaborado por Investigadora*



*Fig. 13 Establo de los animales  
Elaborado por Investigadora*



### **Cantidad de Animales dentro de la Finca**

La cantidad de Animales promedio que tienen en la Finca es de 40 vacas que permanecen de tres a cuatro años aproximadamente antes de su venta.

### **EXTENSIÓN DE LA FINCA**

Su perfil topográfico, es regular rodeado de un bosque que indica la finalización del área de pastoreo de los animales, la cual es de aproximadamente 12 hectáreas, como se puede observar en las Fig. 14 y Fig. 15



*Fig. 14 Área de pastoreo de la Finca María Daniela 2*

*Elaborado por Investigadora*



*Fig. 15 Animales de la Finca María Daniela 2*  
*Elaborado por Investigadora*

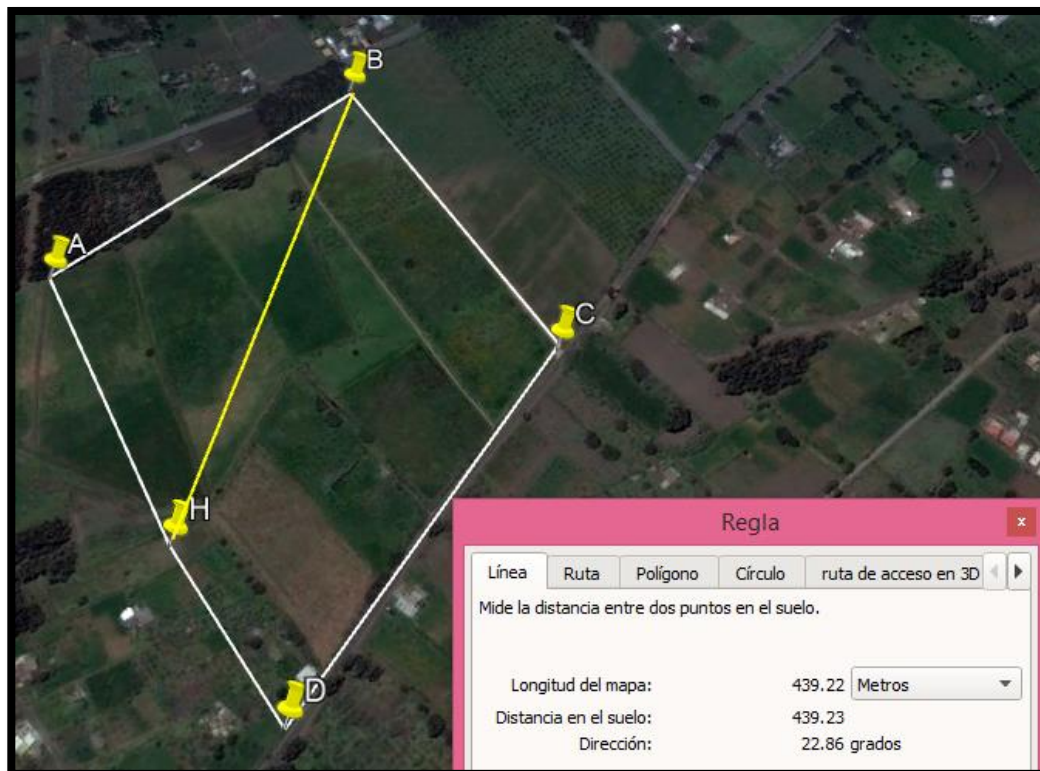
Utilizando el software de Google Earth Pro se localizan las coordenadas del terreno y se trazan las líneas AB, BC, CD y DA que son los límites de la Finca. Los animales

utilizan el área indicada para el pastoreo. En el punto H de la Fig. 16, se ubica el centro de ordeño.



*Fig. 16 Área de pastoreo de la Finca María Daniela 2  
Elaborador por Investigadora*

Como los animales pueden pastar por toda el área es necesario conocer su extensión, con la finalidad de seleccionar una tecnología inalámbrica que sea capaz de dar cobertura a todo el sitio; por lo que se consideran las distancias entre los puntos más lejanos del centro de ordeño. De esta manera se puede observar en la Fig. 17 que la distancia entre el punto B y el centro de ordeño es de 439,23 metros.



*Fig. 17 Distancia desde el centro de control al punto D del área de pastoreo.*

*Elaborado por Investigadora*

## **REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA EN LA FINCA MARÍA DANIELA 2**

El propietario de la Finca el Ing. Danilo Ortiz cuenta con 40 cabezas de ganado, para las cuales requirió que se implemente un sistema de seguridad que le permita conocer si alguna de ellas salió del área definida para el pastoreo, además de contar con una base de datos en la cual pueda almacenar información importante sobre su ganado, como lo es la fecha de ingreso del animal a la finca, las vacunas que se le han aplicado y la raza del animal.

También informó que la mejor alternativa para conocer sobre una alerta es a través de mensajes de texto debido a que en su Finca no cuenta con el servicio de Internet. Adicionalmente una sirena que ayuda a identificar el intento de hurto de manera rápida.

En base a estas peticiones se procedió al diseño del sistema de monitorización y control de ganado vacuno por medio de tecnología inalámbrica para prevención de abigeato.

## 4.5 ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS TÉCNICOS PARA EL SISTEMA DE COMUNICACIÓN DE LA FINCA MARÍA DANIELA 2.

### 4.5.1 SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA INALÁMBRICA

Una vez analizadas las condiciones geográficas y climatológicas de la Finca María Daniela 2 se procedió a la selección de la tecnología adecuada para el diseño y construcción del prototipo. Cabe recalcar que es necesaria la utilización de tecnología inalámbrica debido a que proporciona la movilidad requerida por los animales al momento del pastoreo y la posibilidad de adicionar dispositivos a la red.

En la Tabla 7 se puede observar el análisis de diferentes tecnologías inalámbricas con sus principales características.

*Tabla 7 Comparación de diferentes tecnologías inalámbricas [50] [51]*

PARÁMETRO	BLUETOOTH	ZIGBEE	WI-FI	GSM-GPRS
<b>Estándar</b>	802.15.1	802.15.4	802.11	GSM
<b>Frecuencia de la Señal</b>	2.4 Ghz	2.4 Ghz 915 Mhz 868 Mhz	2.4 – 5 Ghz	300-1200 Mhz Banda Privada
<b>Ancho de banda</b>	1 Mbps	20-250Kps	2-100 Mbps	20- 100 Mbps
<b>Número de nodos por red</b>	7	65000	255	Dependiente de la operadora celular
<b>Distancia de transmisión sin interferencias</b>	10-100 m	1 -75 m	50-100 m	Depende de la operadora
<b>Memoria</b>	100KB	32-60KB	100KB	Dependiente de los dispositivos que se utilicen
<b>Topología</b>	Punto a punto, estrella, árbol	Punto a punto, estrella, malla, árbol, clúster	Bus, anillo, estrella, árbol	Topología celular

Existen diversas tecnologías inalámbricas con las que se pueden realizar la implementación del proyecto, sin embargo, se descarta la utilización de Bluetooth debido a la distancia de cobertura y el número máximo de nodos conectados a la red. Los parámetros de la tecnología Zigbee están acorde con los requerimientos del proyecto, pero a pesar de ello los módulos de comunicación Zigbee tienen un costo

muy elevado. WI-FI basada en el estándar 802.11 tiene diversas variantes y se pueden encontrar en el mercado módulos que satisfacen las necesidades del proyecto con precios accesibles. La tecnología GSM/GPRS por su parte tiene una cobertura mucho mayor a las anteriores, sin embargo, es necesario contar con un chip celular con tiempo o minutos para poder realizar la comunicación, lo que resulta costoso si se transmiten datos constantemente.




Para la realización del prototipo se consideró la utilización de dos tecnologías. Dentro del área de pastoreo, la comunicación se diseñó con WI-FI debido a sus prestaciones de transmisión orientada a conexión y a su capacidad de medir los niveles de potencia de señal. Fuera del área de pastoreo se utiliza la tecnología celular GPRS para enviar los datos de la ubicación del ganado a su propietario.

## **MÓDULOS WI-FI PARA EL SISTEMA DE COMUNICACIÓN**

Para el sistema de comunicación fue necesario determinar los equipos a utilizarse, la topología adecuada y el modo de transmisión de la información.

En el apartado anterior se señaló a la tecnología WI-FI como la adecuada y económica para el desarrollo del proyecto dentro del área de pastoreo, en la Tabla 8 se puede observar la selección del módulo apropiado en base a diferentes parámetros técnicos y económicos. Se ha tomado en consideración la Shield WI-FI para Arduino HDG204, la tarjeta ESP8266 y la tarjeta ESP32, considerando la accesibilidad que se tienen a estos módulos dentro del país. Los factores claves a considerar son la potencia de transmisión, umbrales de recepción, consumo de corriente, costo, entre otros.

Tabla 8 Comparación entre dispositivos de comunicación inalámbrica [52] [53] [44]

PARÁMETROS	DISPOSITIVOS WI-FI		
	SHIELD WI-FI ARDUINO HDG204 	ESP8266 NODEMCU 	ESP32 WROOM-32 
Estándar	802.11 b/g	802.11 b/g/n	802.11 b/g/n
Potencia de Tx	17 dBm	20 dBm	20.5 dBm
Umbral de Recepción	-88 dBm (11Mbps)	-91 dBm (11Mbps)	-93 dBm (MSC0, HT20)
Voltaje de Alimentación	3.3 V – 1.2 V	3.3 V	3.3 V
Frecuencia de Operación CPU	Depende del microprocesador que se utilice	160Mhz	2x240 Mhz
Rango de Frecuencia WIFI	2.4 Ghz	2.412 - 2.484 GHz	2.4 – 2.5 Ghz
Protocolo de Red	IPv4, HTTP	IPv4, TCP/UDP HTTP/FTP/	IPv4, IPv6, SSL, TCP/UDP HTTP/FTP/WQTT
Microprocesador	Depende del microprocesador que se utilice	16 bits	32 bits
Consumo de Corriente mín.	250 mA	80 Ma	80 Ma
Tipo de comunicación	SDIO/SPI and UART	SPI, UART, I2C, I2S, IR Remote Control, PWM, GPIO	UART, SPI, SDIO, I2C, PWM, I2S, IR
Número de entradas/salidas digitales utilizables	12 Entrada/salida	9 GPIO	4 entrada, 2 de salida, 19 GPIO
Seguridad	WPA2, WEP	WPA, WPA2	WPA/WPA2/WPA2-Enterprise/WPS
Temperatura	-50 a 125 °C	-40 a 125 °C	-40 a 85 °C
Modo ahorro de energía	Power Save Mode	Ultra Low Power	Low Power
Costo	ALTO (80 dólares)	BAJO (11 dólares)	BAJO (12 dólares)
Requiere microcontrolador externo para el envío de datos	SI	NO	NO
Disponibilidad en Ecuador	SI	SI	SI



Los tres dispositivos comparados tienen características similares. La tarjeta Shield WI-FI de Arduino tienen la menor potencia de transmisión además de un costo elevado, el módulo ESP8266 ofrece mejores prestaciones en cuanto a cobertura y consumo de corriente se refiere y a un menor valor, sin embargo la tarjeta ESP32 tiene mayor potencia de transmisión trabajando con el protocolo 802.11n HT20 MCS0, modo ahorro de energía con un bajo consumo de corriente, y su propio microcontrolador para la transmisión de datos, por lo tanto este fue el dispositivo seleccionado para el desarrollo del prototipo. Los detalles de las características se pueden observar en el Anexo A.

Para poder utilizar el módulo ESP32, se debe trabajar con el software de programación FreeRTOS mediante el kit de desarrollo propietario ESPF-IDF, o a su vez importar este programa como una librería del software Arduino, que es la opción adoptada en este proyecto debido a la extensa cantidad de librerías que este software puede manejar.

## PUNTO DE ACCESO A LA RED

Para poder dar cobertura a la red es necesario contar con un equipo de acceso que tenga un bajo umbral de recepción, y alta ganancia en la antena para que pueda cubrir toda el área de pastoreo de la Finca María Daniela 2. Como se puede observar en la Tabla 9, se compara tres antenas omnidireccionales con frecuencia de trabajo a 2.4 Ghz outdoor para su trabajo en el campo, debido a que la frecuencia de operación del Access Point es compatible con la de los módulos ESP32.

*Tabla 9 Comparación de Equipos para puntos de acceso WI-FI outdoor [54] [55] [56]*

PARÁMETROS	PUNTOS DE ACCESO WI-FI OUTDOORS		
	Mikrotik RB2011UiAS2HnD-IN	Ubiquiti Picostation M2-HP	Ubiquiti RocketM2
Estándar	802.11 b/g/n	802.11 b/g/n	802.11 b/g/n
Potencia de Tx	28 dBm	28 dBm	27 dBm
Umbral de Recepción	-80 dBm (11Mbps)	-96 dBm (11Mbps)	-96 dBm (MCS0, HT20)
Ganancia de la Antena	4 dBi	5 dBi	Hasta 10 dBi con diversidad de espacio
Disponibilidad en Ecuador	SI	SI	SI

El equipo que se seleccionó para la red, es Ubiquiti RocketM2 que trabaja en el estándar 802.11n con un umbral de recepción adecuado, aunque la potencia de transmisión es menor al de las otras antenas soporta hasta 10dBi de ganancia dependiendo de la antena externa que se utilice, estas características permiten tener un mayor alcance en la red inalámbrica WI-FI, las mismas que se pueden encontrar en el Anexo B.

## **TOPOLOGÍA DE LA RED WI-FI**

La topología de una red inalámbrica depende principalmente de los dispositivos de transmisión y recepción que se pretende utilizar, así como el tráfico de red, la capacidad de expansión, entre otros. Una vez analizada la cobertura de los módulos ESP32, para este proyecto se ha considerado realizar una red con topología tipo estrella donde uno de los módulos se ubicó en la mitad del área a cubrir y es usado como acceso a la red por los diferentes equipos colocados en cada animal.

### **4.5.2 PARÁMETROS DE LA RED INALÁMBRICA**

#### **ANÁLISIS DE COBERTURA**

Los módulos ESP32 que se utilizaron en la construcción del prototipo, tienen una potencia de transmisión de 20 dBm y un umbral de recepción de -91dBm trabajando con el protocolo 802.11b, bajo el estándar 802.11n en HT20 MSC0 posee una potencia de transmisión de 20.5 dBm con un umbral de recepción de -93dBm constituyendo las unidades móviles del sistema. Para el punto de acceso se cuenta con el equipo Ubiquiti RocketM2 con una potencia de transmisión de 27dBm y un umbral de recepción de -93 dBm., para determinar los radios de cobertura teóricos con cada uno de los dispositivos se realizó una simulación en el software Radio Mobile. Se puede observar en la Fig. 18 la red que se encuentra trabajando en el canal 7 con frecuencias entre 2432- 2452 MHz. Se simula la red móvil con las peores condiciones que se puedan encontrar en el lugar, como neblina y lluvia.



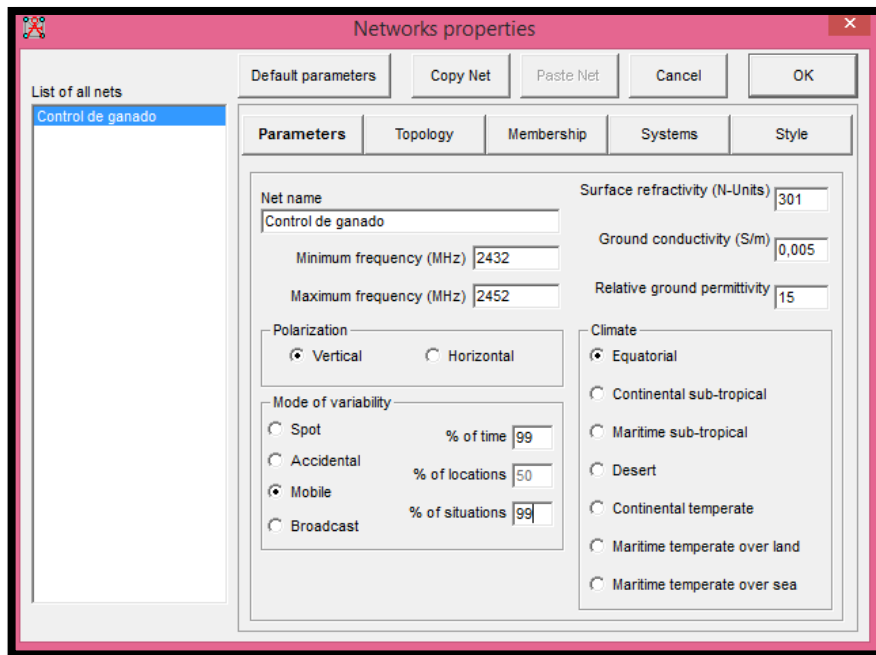


Fig. 18 Determinación de los parámetros bajos los que funciona la red  
Elaborado por Investigadora

Para crear los sistemas de comunicación se simula las características del Access Point a seis metros de altura y las características de los ESP32 a dos metros de altura como se puede observar en las Fig. 19 y Fig. 20

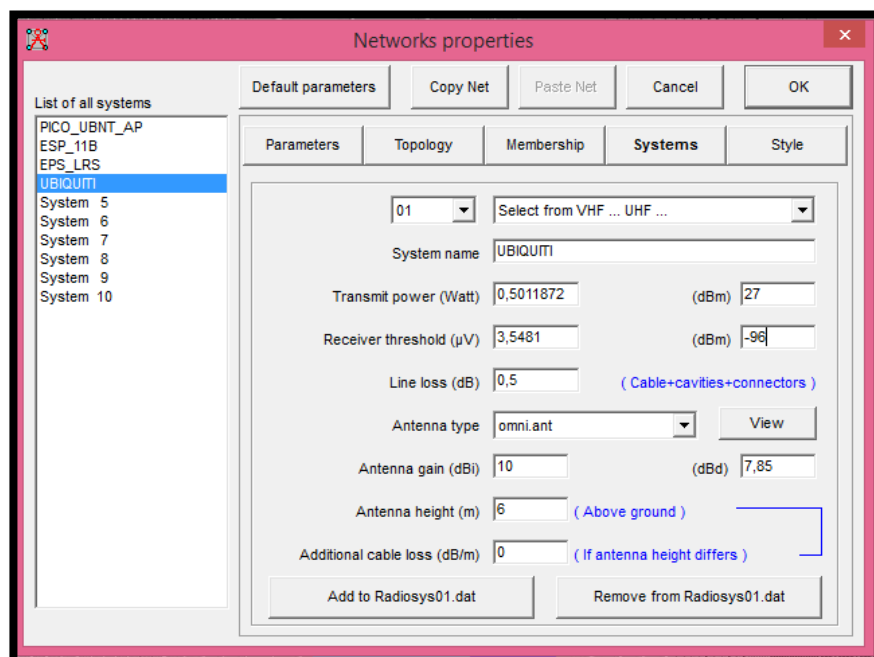
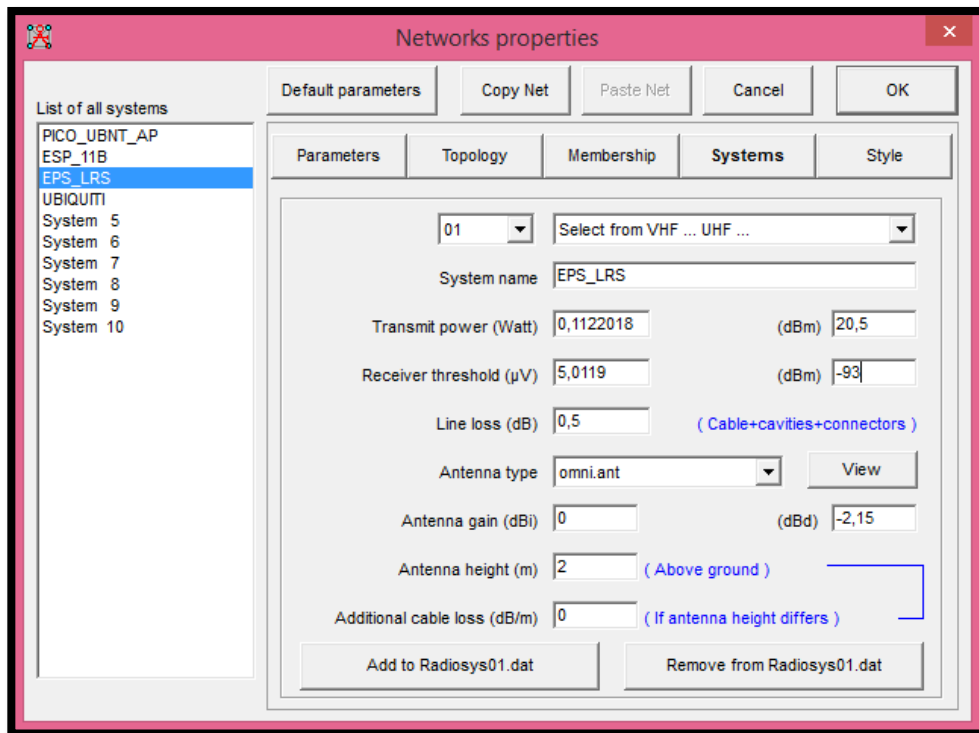


Fig. 19 Sistema de comunicación para Punto de Acceso a la Red WI-FI  
Elaborado por Investigadora



*Fig. 20 Sistema de comunicación de las unidades móviles ESP32  
Elaborado por Investigadora*

Para poder interpretar la cobertura de la señal que ofrece la red inalámbrica se utiliza un patrón de distintos colores que van desde el blanco hasta el rojo. De esta manera el color rojo indica un nivel máximo de señal que corresponde a -30dBm, las zonas de color verde y celeste indican un nivel de señal medio entre -62 dBm y -81.2 dBm, la zona azul tiene un nivel bajo de señal de -94 dBm, y las zonas blancas tienen un nivel de señal nulo inferior a -94 dBm. En la Fig. 21 se muestra detalladamente el código de colores utilizado para crear el patrón de radiación de la red en la simulación.

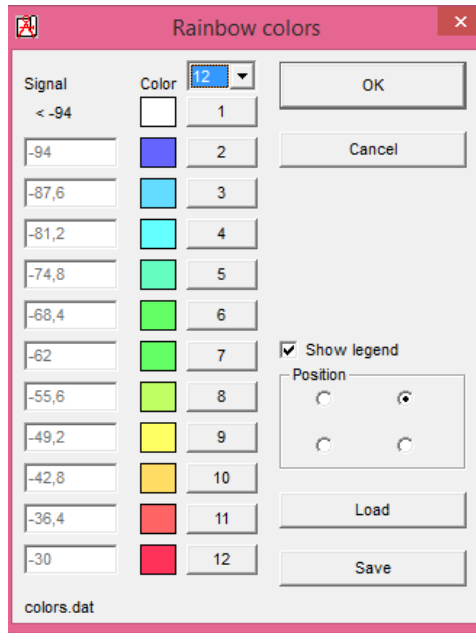


Fig. 21 Código de colores de simulación de radiación con 802.11b  
Elaborado por Investigadora

La Fig. 22 muestra el mapa de radiación bajo el protocolo 802.11n generado con el software Radio Mobile. Los puntos LA, LB, LC, LD, LH representan las fronteras del área de pastoreo de la Finca. La mayor parte del terreno se encuentra en un rango de -74 dBm identificado con el color celeste.

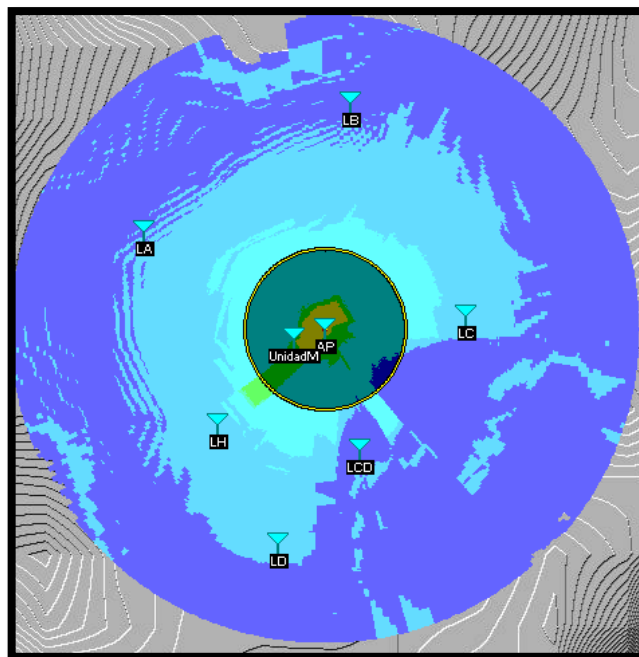


Fig. 22 Radiación de la señal WI-FI en el área de pastoreo con el protocolo 802.11n  
Elaborado por Investigadora

Se realiza la conexión con los puntos descritos para comprobar la calidad de señal que se transmite. Como se puede observar en la Fig. 23, y también el radioenlace de la Fig. 24 muestra la conexión del punto LD por ser uno de los más lejanos con el AP, donde el receptor presenta una señal  $-78,5$  dBm, asegurando la transmisión de la información.

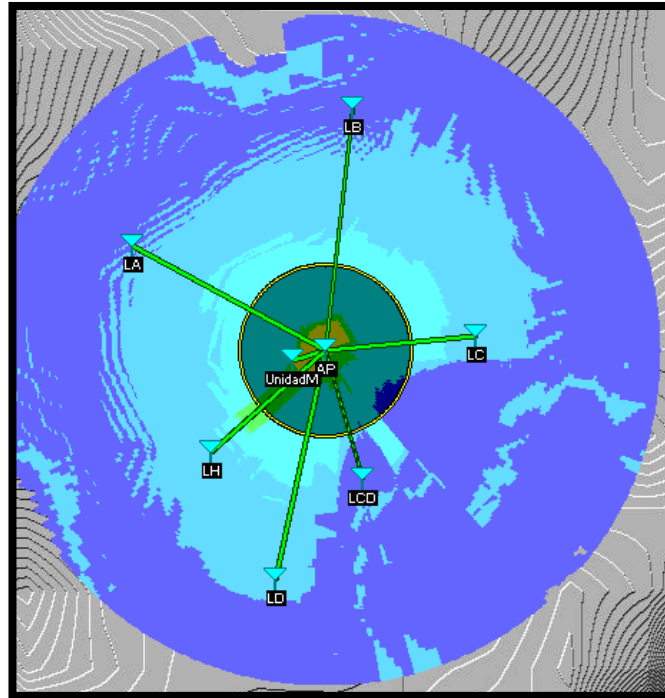


Fig. 23 Conexión de unidades móviles con el punto de acceso  
Elaborado por Investigadora

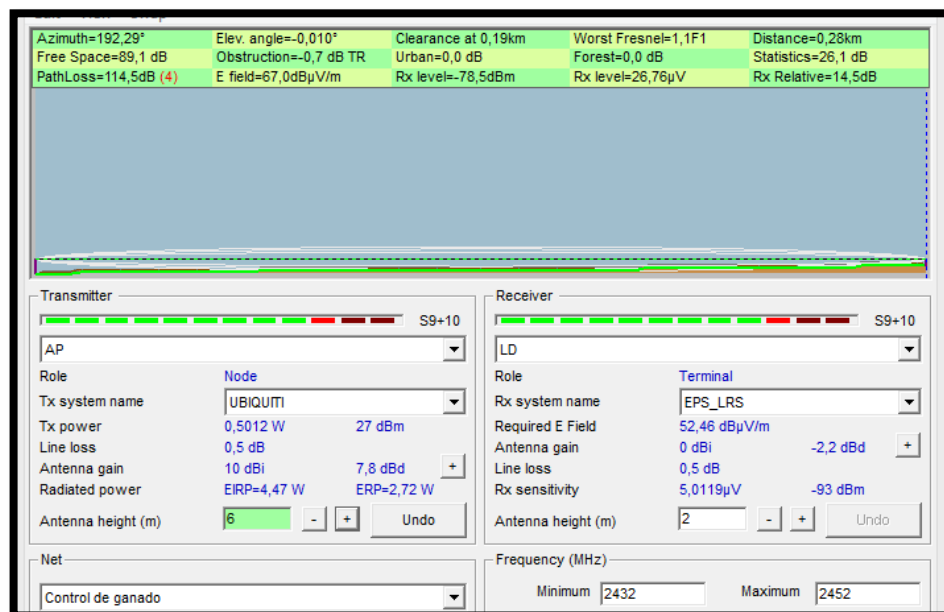


Fig. 24 Radioenlace entre el Punto de Acceso y la unidad móvil LD  
Elaborado por Investigadora

Por lo tanto, se trabajó con los módulos indicados, con las alturas de antena establecidas, las mismas que fueron probadas en simulación, al igual que la ubicación de Punto de Acceso.

#### 4.6 SISTEMA DE MONITORIZACIÓN Y CONTROL DE LA FINCA MARÍA DANIELA 2

Una vez determinada la tecnología y la topología de la red, se puede conocer el diagrama de bloque del sistema de monitorización y control expuesto en la Fig. 25. El prototipo está conformado por el sistema de comunicación, los nodos de localización y la unidad de monitorización y control.

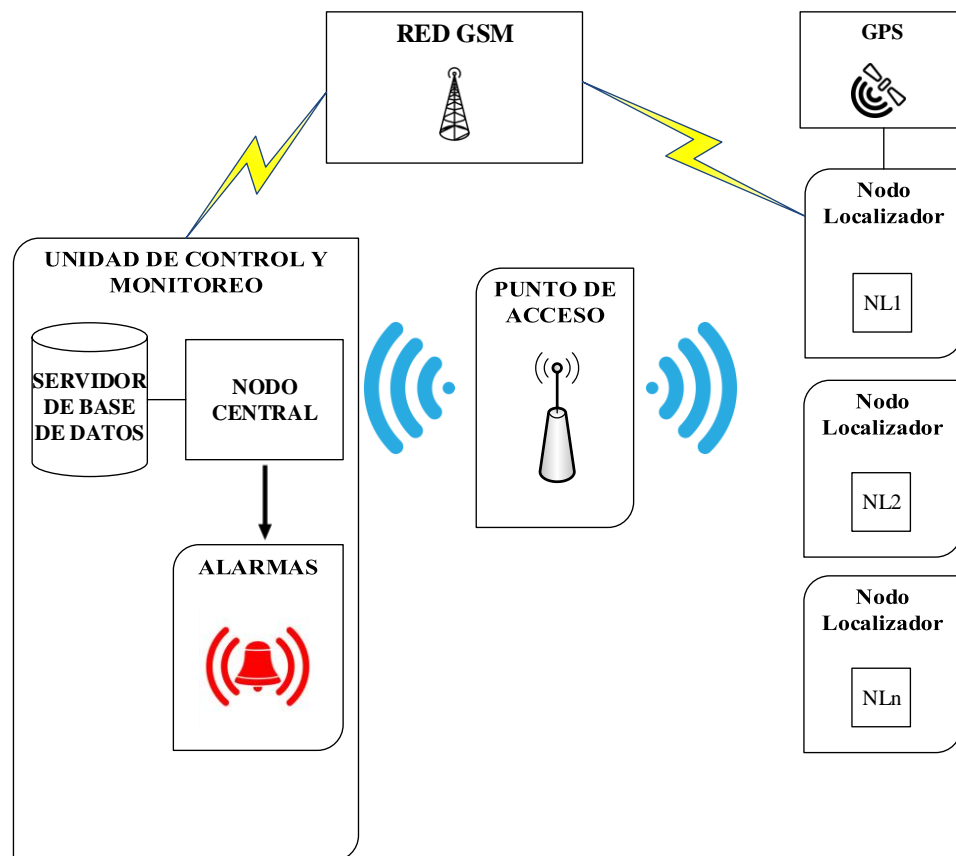


Fig. 25 Diagrama de Bloques del Sistema de Monitorización y Control

Elaborado por Investigadora

La Unidad de Control está conformada por un módulo de comunicación de la red WI-FI, que comanda la información y tiene los elementos electrónicos necesarios para la activación de la alarma sonora. El monitoreo se realiza mediante un equipo terminal donde se aloja la base de datos y donde el cliente accede para generar los reportes además de almacenar los registros de cada animal y de alertas producidas. Los nodos de localización son aquellos ubicados en los animales, cada uno contiene los módulos de comunicación de la red WI-FI, para interactuar con la unidad de control, que es la que determina el encendido de las alarmas sonoras; el módulo GPS/GPRS para el envío de la ubicación del animal.

#### **4.6.1 NODOS DE LOCALIZACIÓN**

Los nodos de localización se ubican en cada animal a ser monitoreado, y es necesario considerar las dimensiones del dispositivo para que no afecte el desenvolvimiento normal del ganado. Para el desarrollo del prototipo se ha construido un nodo de localización, pero se proponen dos diseños para este equipo que difieren en las prestaciones que ofrecen. El primero contiene los módulos de comunicación de la red WI-FI en conjunto con un terminal GPS que permite el envío de las coordenadas de ubicación por medio del chip GSM/GPRS en caso de que se presente una alerta; y el segundo que contiene los módulos de comunicación de la red y que al llegar a la central de control activa la alarma sonora en caso de que algún dispositivo pierda la conectividad. Estos diseños se han hecho en base a las consideraciones económicas del prototipo. En la Fig. 26 y la Fig. 27 se puede observar el diagrama de bloque del nodo de localización con el primer y segundo diseño respectivamente. En el presente trabajo se hace referencia al funcionamiento del primer diseño al ser el que ofrece más servicios y beneficios para el ganadero. Otras características del segundo diseño se puede observar en el Anexo C.

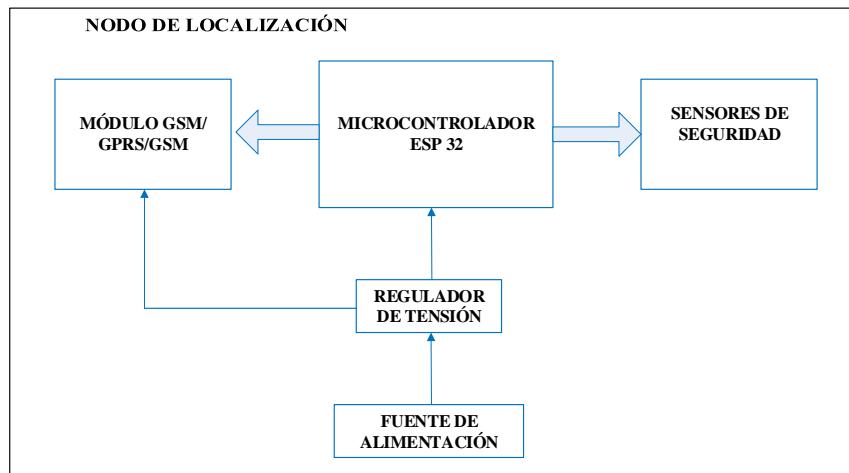


Fig. 26 Diagrama de bloque del Nodo de localización con el diseño 1.  
Elaborado por Investigadora

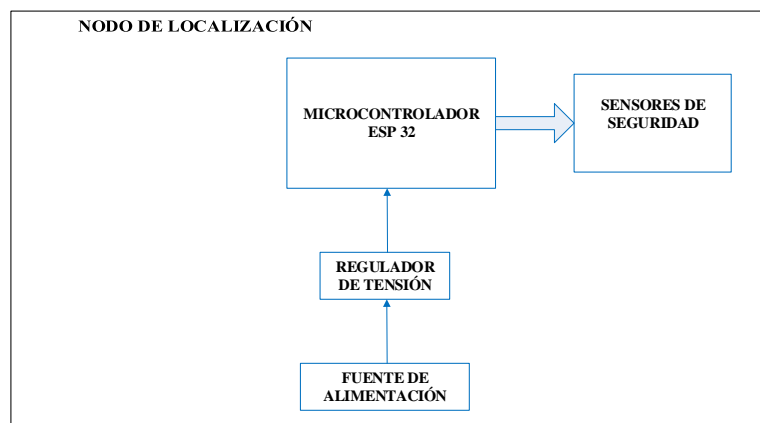


Fig. 27 Diagrama de bloque del Nodo de localización con el diseño 2  
Elaborado por Investigadora

## ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES DE HARDWARE REQUERIDOS

Para la construcción del nodo de localización, fue necesario definir la manera en cómo los animales portarán el dispositivo para lo cual se ha considerado las experiencias de trabajos similares mencionados en el marco teórico, los mismos que marcan dos formas comunes; la primera en forma de collar y la segunda colocados en las orejas en forma de aretes. La primera se considera la manera más adecuada para la colocación del nodo de localización debido a que han existido casos de robo de animales en los que los cuatros cortan las orejas del ganado para eliminar cualquier tipo de areteo que tenga el animal. Una vez definido la forma exterior del dispositivo, se procede a escoger los dispositivos electrónicos que conforman el nodo de localización, el

microcontrolador que se utilizó es el ESP32 cuyas características fueron mencionadas anteriormente.




## **MÓDULO GSM/GPRS/GPS**

Para el diseño se requiere un módulo GPRS y GPS para el envío de la localización del animal una vez que salga del área de pastoreo. Actualmente existe en el mercado comercial diferentes dispositivos electrónicos que cumplen estas funciones por separado, sin embargo se consideró el uso de placas que tengan integradas estas dos tecnologías permitiendo el ahorro de espacio y de recursos económicos. En la Tabla 10 se puede observar un cuadro comparativo de las características técnicas de los módulos A7 GSM/GPS/GPRS, SIM 908 y SIM 808, que son placas que integran las tecnologías necesarias para el desarrollo del proyecto, y las más accesibles de acuerdo a los recursos económicos que se disponen.

Los módulos GSM/GPRS/GPS que se tomaron en consideración para la comparación tienen características comunes. Sin embargo, el SIM 808 tiene mejores parámetros de sensibilidad que las otras dos placas, con un tiempo de primera respuesta bajo, y al ser clase 12 tiene más slots temporales TDMA asignados, mejorando la velocidad de la comunicación GPRS. Soporta el protocolo de recepción GPS NMEA lo que permite obtener las coordenadas geográficas dentro de este estándar, además es la más económica y comercial, por lo que es de fácil accesibilidad en el Ecuador. En el Anexo D se encuentra la especificación de las características técnicas.



Tabla 10 Cuadro comparativo entre módulos GPRS/GSM/GPS [57] [58] [59]

PARÁMETROS	MÓDULOS GSM Y GPS		
	A7 GSM/GPS/GPRS 	SIM 908 	SIM 808 
Potencia de Tx	* 2W Class 4 850/900 MHz * 1W Class 1 1800/1900MHz	* 2W Class 4 850/900 MHz * 1W Class 1 1800/1900MHz	*2W Class 4 850/900 MHz *1W Class 1 1800/1900MHz
Bandas de Frecuencia	Quad Band 850/900/1800/1900 Mhz	Quad Band 850/900/1800/1900 Mhz	GSM 850, EGSM 900, DCS 1800, PCS 1900,
Voltaje de Alimentación	3.3 V – 4.2 V	3.2 V – 4.8V	3.4 V – 4.4V
Temperatura	-30°C a 80 °C	-30°C a 80 °C	-40°C a 85 °C
GPRS conectividad	GPRS class 10.	GPRS multi-slot class 10.	GPRS multi-slot class 12.
Transferencia de enlace descendente de datos de GPRS	85.6 kbps	85.6 kbps	85.6 kbps
Transferencia de enlace ascendente de datos de GPRS	42.8 kbps	42.8 kbps	85.6 kbps
Protocolo Integrado	TCP/IP	TCP/IP	TCP/IP
Consumo de energía	2 A	2 A	2 A
Velocidad UART	115200 bps	1200 bps a 115200 bps	1200 bps a 115200 bps
Modo de comunicación	Comandos AT	Comandos AT	Comandos AT
Tiempo de primera respuesta de GPS	40 s	30 s	30 s
Sensibilidad de Rastreo de GPS	-105 dBm	-143 dBm (adquisición autónoma) -160 dBm (rastreo)	-147 dBm (adquisición autónoma) -165 dBm (rastreo)
Protocolos de recepción GPS	NMEA	NMEA, OSP	NMEA
Precio	\$60	\$54	\$ 40

## ALIMENTACIÓN DEL CIRCUITO

Para realizar la alimentación del nodo localizador se debe considerar el voltaje que requieren todos los componentes para su correcto funcionamiento, los mismos que se muestran en la Tabla 11.

*Tabla 11 Voltaje de alimentación de cada componente del nodo de localización*

*Elaborado por Investigadora basado en [44]*

	<b>VOLTAJE ALIMENTACIÓN</b>	<b>CORRIENTE ELÉCTRICA</b>
<b>ESP32</b>	5 - 9 V	200 mA
<b>SIM 808</b>	5 - 26 V	2 A
<b>TOTAL</b>	5 - 9 V	2,2 A

El rango común del voltaje de alimentación que soportan los dos dispositivos va de 5 a 9 Voltios, por lo tanto, se requiere una batería con este suministro de voltaje. En cuanto a corriente se refiere, se requiere de al menos 2,2 Amperios para el funcionamiento del nodo. Por lo tanto, se utiliza una batería de 9 V recargable.

## SENSORES DE SEGURIDAD

Es necesario contar con un sistema de seguridad para prevenir que el collar sea retirado o cortado por los cuatros. Con este propósito se coloca en el collar de los dispositivos conectores a las entradas del microcontrolador. A través de ellos se envía una señal eléctrica de 3.3 V que indica al microcontrolador que el sistema se encuentra en condiciones adecuadas, cuando el collar es cortado las resistencias pull down colocadas en los pines 27, 25, 20 y 18 del microcontrolador indica que el sistema ha sido vulnerado.

Para asegurar que el dispositivo no pueda ser desconectado de su fuente de alimentación, en la caja donde se aloja el dispositivo se coloca un final de carrera, conectado a un pin del microcontrolador si se abre el case se dispara la alarma.

## **OPERACIÓN DEL NODO LOCALIZADOR**

En la Fig. 28 se puede observar el diagrama de flujo del Proceso de funcionamiento del Nodo Localizador, el cual sirve de base para la programación en el entorno IDE de Arduino, la cual se encuentra en el Anexo E. Es necesario conocer que el microcontrolador ESP32 tiene un software propietario, por lo que se debe importar la librería en el entorno de desarrollo.

El programa comienza con la configuración de los parámetros de identificación dentro de la red, habilita el puerto serial, las entradas de los sensores de seguridad y gestiona la conexión WI-FI. Si no se establece la conexión se inicia la activación de alerta o activación del módulo GSM/GPS que es explicado más adelante.

Si se produce exitosamente la conexión a la red, entra en un ciclo repetitivo en el que compara cada 2 segundos el nivel de potencia de la señal recibida desde el AP y envía mensajes al concentrador para indicar que se encuentra activo en la red. Si detecta una variación menor a -93dBm o igual a 0dBm, se activa el módulo GSM/GPRS/GPS.

El sistema de seguridad funciona a través de la programación de eventos, como se conoce cada sensor de seguridad se conecta a un pin digital del ESP32, si se produce un cambio de estado en estos pines, se traduce en que se ha cortado, o desprendido el collar del animal por tanto, cualquier parte del programa que se esté desarrollando se detiene para dar paso a las acciones del evento, en este caso, a la activación del módulo GSM/GPRS/GPS o al envío de la alerta. Si la batería del módulo se deteriora también se produce un mensaje de alerta al usuario.

Si se activa el módulo GSM/GPS SIM 808 se envía un pulso en alto durante 3 segundos desde el microcontrolador, se inicializa la operación del GPS con un tiempo de activación de 8 segundos, posteriormente se obtiene las coordenadas bajo el estándar NMEA y esta información es procesada por el microcontrolador que cambia el formato a uno compatible con aplicaciones de búsqueda de coordenadas como Google Maps, y es enviada vía SMS al número del propietario previamente almacenado en el microcontrolador. El proceso de obtención y envío de coordenadas se realiza cada 30 segundos. Permiéndole al usuario hacer un rastreo efectivo hasta hallar al animal.

Para detener el proceso es necesario, enviar un mensaje desde el número del propietario, y el microcontrolador recibirá este SMS como un evento con el que el

programa inmediatamente permite la finalización de la utilización del módulo, y el regreso a la detección de la red.

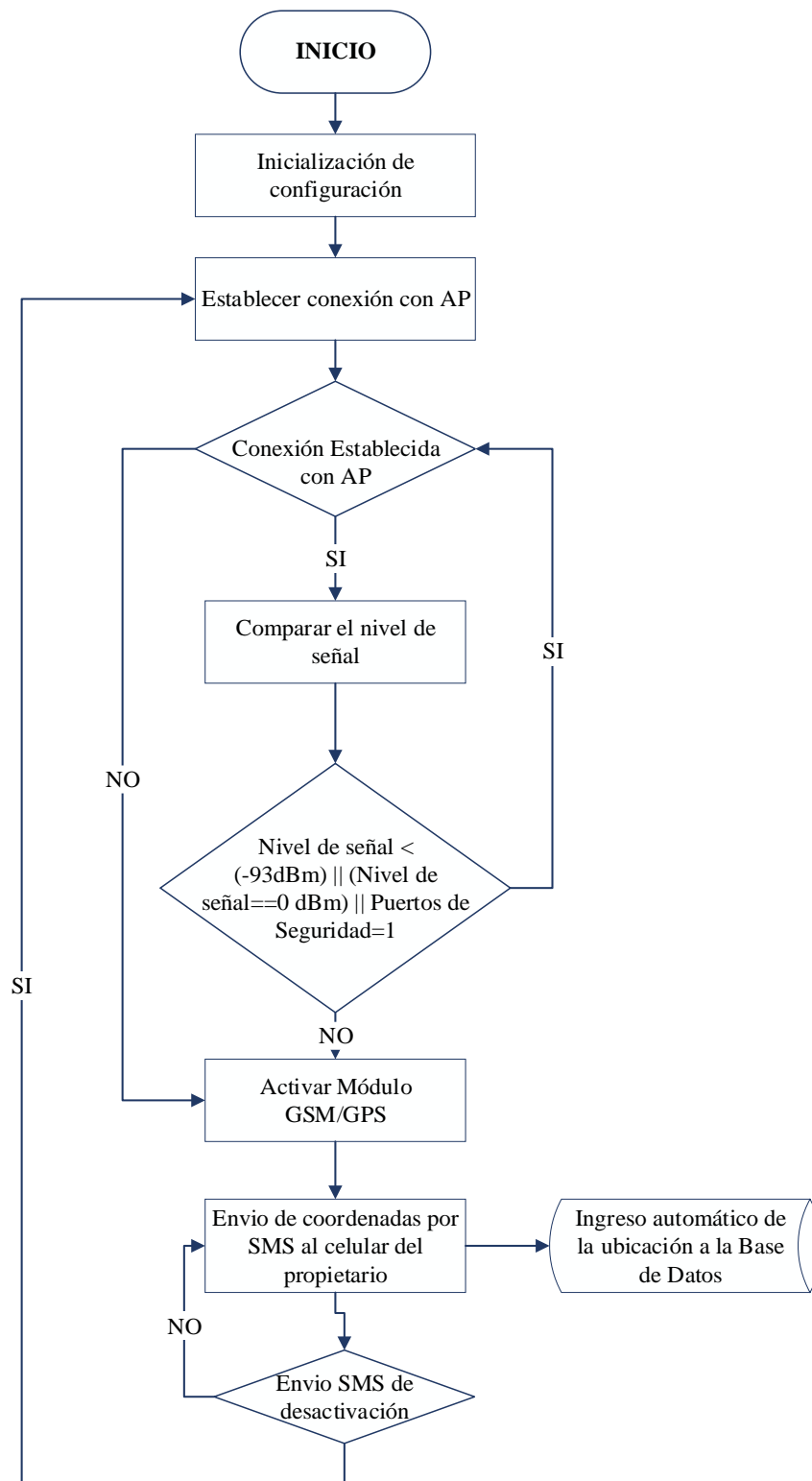


Fig. 28 Diagrama de flujo del Proceso de funcionamiento del Nodo Localizador

Elaborado por Investigadora

## DISEÑO DE LA PLACA DEL CIRCUITO DEL NODO LOCALIZADOR

Para realizar el diseño de la placa del circuito del nodo localizador fue necesario trazar el diagrama esquemático para posteriormente hacer la placa electrónica.

En la Fig. 29 se puede observar el diagrama esquemático del nodo localizador con las conexiones S1, S2 y S3 que representan los puertos utilizados para la conexión de los sensores de seguridad tanto del cinturón como de la caja del dispositivo al módulo ESP32, y sus respectivas conexiones a tierra. También se observa el módulo SIM808 con las conexiones correspondientes para su alimentación y para la transmisión y recepción de datos con el módulo ESP32. Las resistencias R1, R2, R3, R4 son resistencias pull down que mantiene un valor de cero lógico cuando el circuito de los sensores del collar está abierto y de uno lógico cuando está cerrado. Estas resistencias tienen un valor de  $330\Omega$  el mismo que es recomendado por el fabricante del dispositivo.

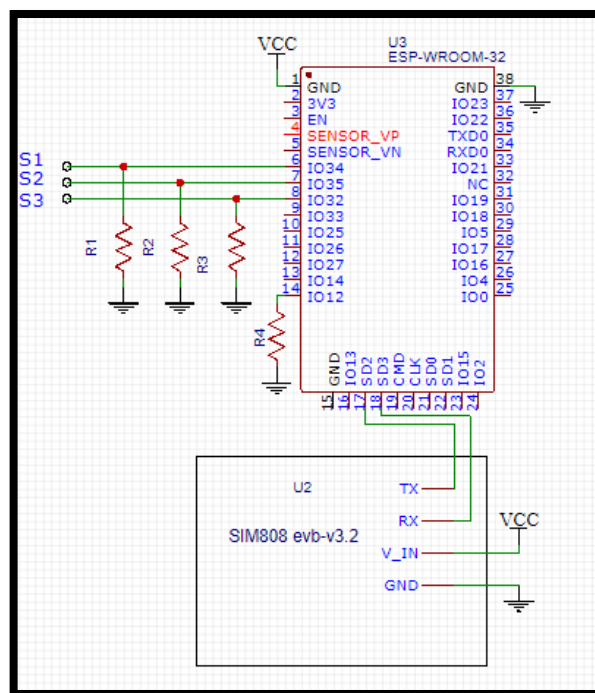
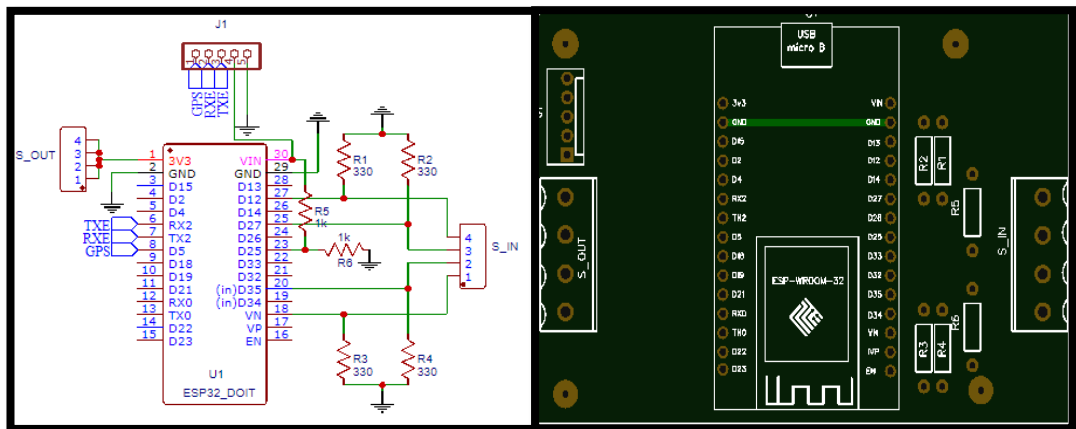


Fig. 29 Diagrama Esquemático del nodo localizador  
Elaborado por Investigadora

En la Fig. 30 se muestra el diseño de la placa para su impresión e implementación, donde se puede observar los elementos que se utilizan. Se puede encontrar la placa de forma más detallada en el Anexo F.

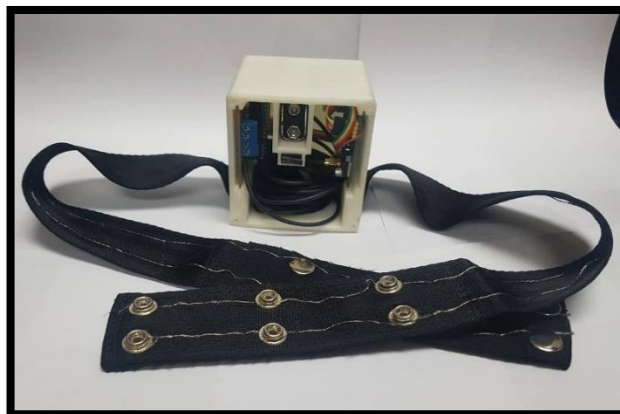


*Fig. 30 Circuito de la Placa del Nodo Localizador  
Elaborado por Investigadora*

El nodo localizador quedo implementado de la forma mostrada en la Fig. 31 y en la Fig. 32.



*Fig. 31 Placa del Nodo Localizador  
Elaborado por Investigadora*

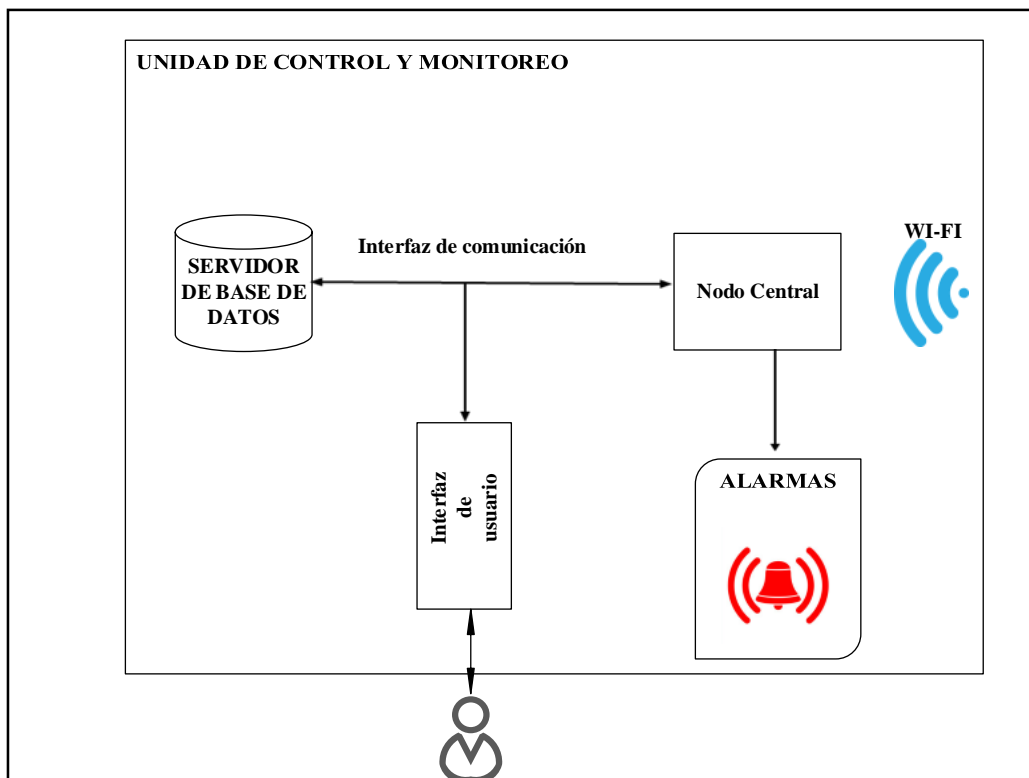


*Fig. 32 Collar del nodo localizador  
Elaborado por Investigadora*

#### 4.6.2 UNIDAD DE CONTROL Y MONITOREO

La unidad de control y monitoreo se localiza en el centro de ordeño de la Finca María Daniela 2, por ser un lugar cubierto y con personal de servicios donde existe una mejor seguridad que en el campo abierto. Esta unidad está conformada por la base de datos con la interfaz de usuario, el nodo central de la red y el circuito de activación de la alarma sonora.

En la Fig. 33 se puede observar el diagrama de bloque de la unidad de control y monitoreo.



*Fig. 33 Diagrama de Bloque de la Unidad de Control y Monitoreo  
Elaborado por Investigadora*

#### NODO CENTRAL

En la Unidad de control y monitoreo se encuentra el microcontrolador ESP32 que constituye el nodo central de la red, cuyas funciones son: conectarse a la red WI-FI dentro de la finca, gestionar el servidor TCP, hacer un broadcast de la red, controlar la activación y desactivación de la alarma sonora, y recibir la información desde la base

de datos. En la Fig. 34 se puede observar el diagrama de flujo del funcionamiento del nodo central, y la programación de este en el Anexo G.

El programa inicia con las configuraciones iniciales como el establecimiento de la dirección de red que se va a identificar y la habilitación del puerto serial para comunicarse con el servidor de base de datos. Posteriormente se gestiona la conexión a la red, si no se conecta se reintenta el enlace.

Una vez establecida la conexión se recibe cada 2 segundos el mensaje de conexión de cada nodo localizador, si algún nodo localizador no se encuentra conectado, se emite la alerta colocando en ALTO al pin 26 del microcontrolador, la misma que accionará el circuito de potencia que se describirá más adelante.

También es necesario configurar el servidor TCP que para que pueda recibir las peticiones de los clientes TCP, provenientes de los nodos localizadores, los mismos que lo generaran en caso de que se encuentre en los límites de la cobertura de señal o si se ha generado inconvenientes en los sensores de seguridad.

Al comprobarse la petición se enciende la sirena. La información de activación y desactivación de la alarma se comunica a la base de datos. Una vez desactivada la alarma, se reinicia el proceso y se continúa con el ciclo programado.



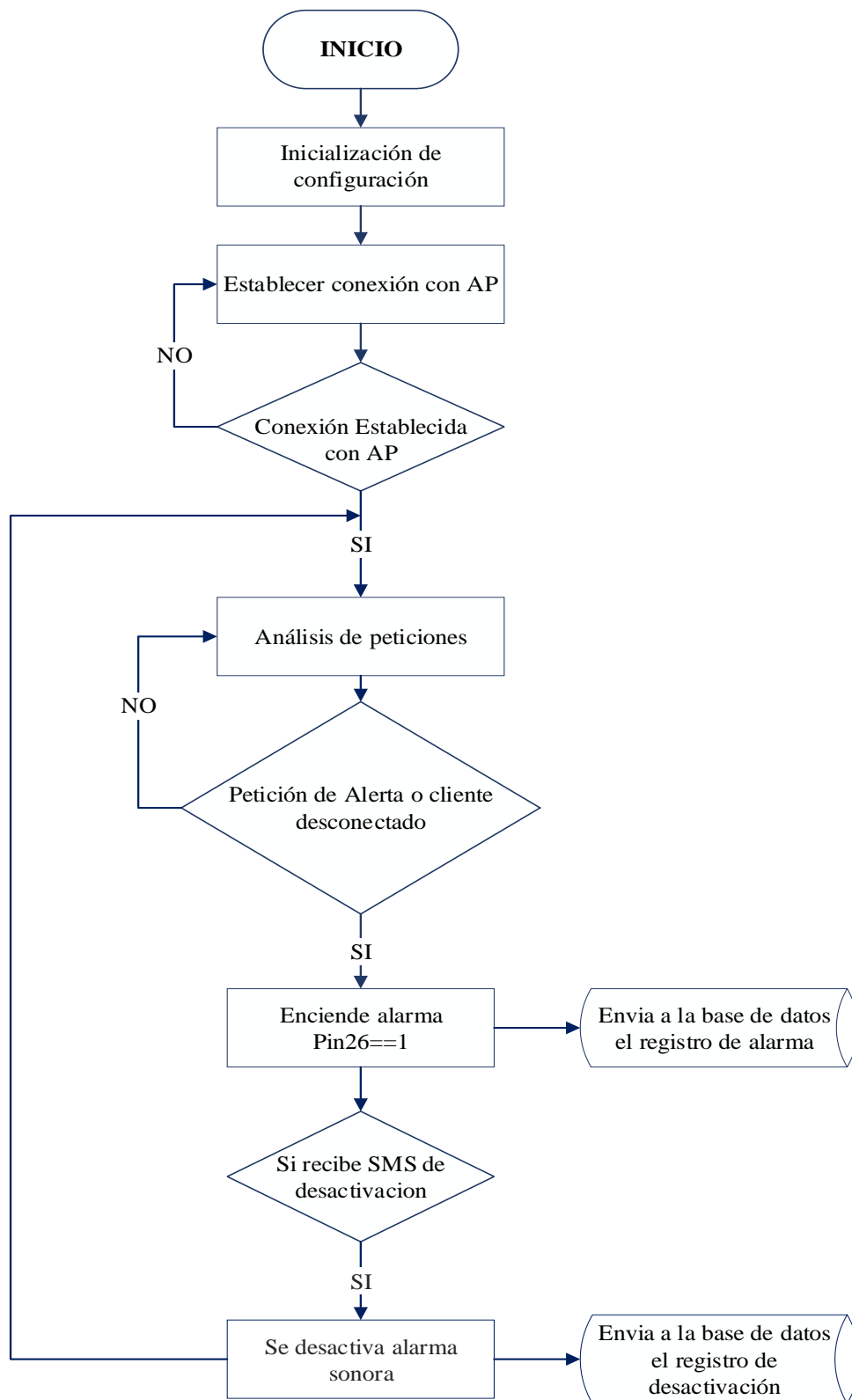


Fig. 34 Diagrama de flujo del funcionamiento del Nodo Central

Elaborado por Investigadora

## ALARMA SONORA

Para la generación de la alarma sonora se utilizó una sirena electrónica debido a que no requieren un mantenimiento continuo y su precio es accesible, la misma que está ubicada en el centro de ordeño de la Finca María Daniela 2 por ser el lugar más cercano al propietario. Para la activación de la sirena, es necesario recibir una señal en alto desde el PIN26 del microcontrolador ESP32, y acoplarlo al circuito de potencia mostrado en la Fig. 35 Para el prototipo se colocó la sirena DSC SD20W DUAL TONE, debido a que tienen un nivel de sonido de 110 dBm, y su precio es muy accesible, y funciona con un voltaje de alimentación de 6 a 12V.

## DISEÑO DE LA PLACA DEL CIRCUITO DE LA UNIDAD DE CONTROL Y MONITOREO

En la Fig. 35 muestra el diseño de la placa para su impresión e implementación. Se puede observar el módulo ESP32 con las conexiones para la activación de la alarma, y su alimentación. El transistor sirve para la activación de la sirena. La resistencia R1 es de  $47\Omega$  para garantizar que el transistor trabaje en la zona de saturación sin que sufra algún daño.

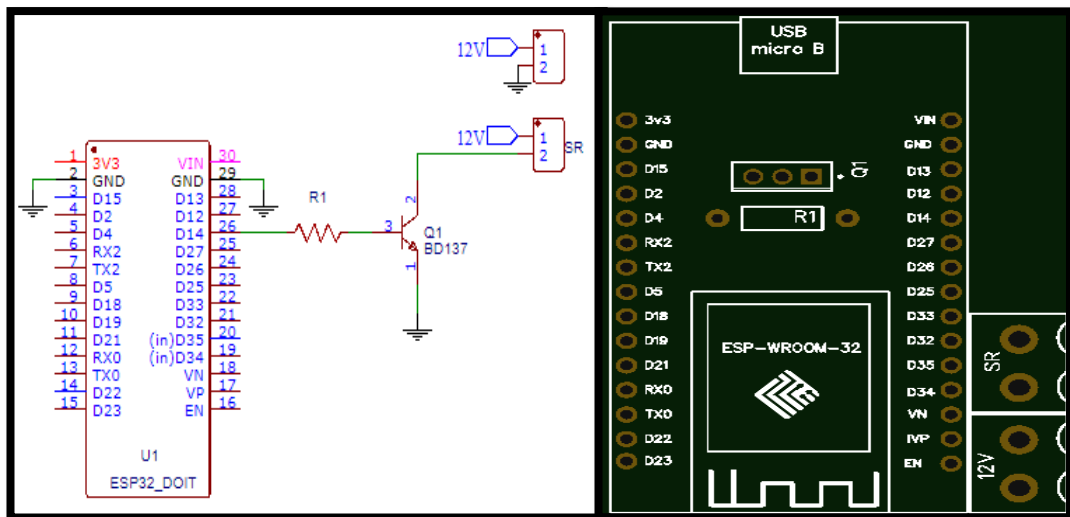
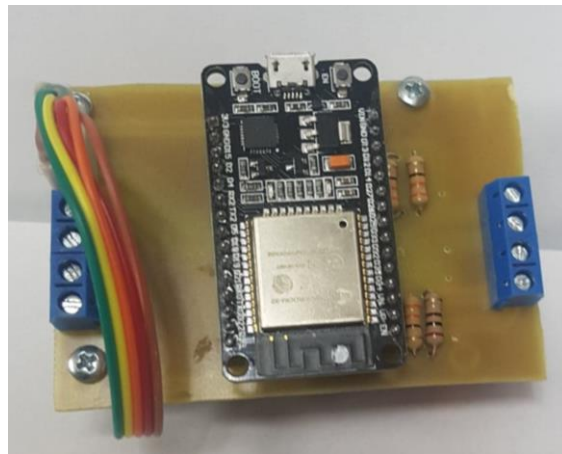


Fig. 35 Circuito de la Placa del Nodo Localizador

Elaborado por Investigadora

La Fig. 36 y la Fig. 37 muestra la implementación del prototipo de nodo central. En el Anexo F se puede encontrar más detalles.



*Fig. 36 Placa del Nodo Central*

*Elaborado por Investigadora*



*Fig. 37 Nodo Central del sistema*

*Elaborado por Investigadora*

### **4.6.3 SERVIDOR DE BASE DE DATOS**

La base de datos se ha desarrollado en un servidor LAMP debido a que es un servidor de código abierto y gratuito.

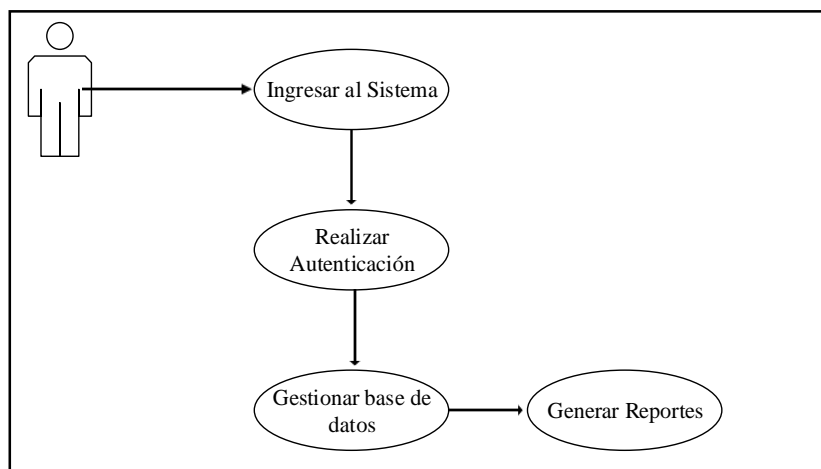
Este servidor se encarga de almacenar información relevante de cada uno de los animales del ganado y asociarla a la identificación dentro de la red, lo que permite al

usuario llevar un control preciso de factores que afectan al desarrollo del animal y la seguridad de este.

El presente proyecto propone la construcción de un prototipo para un sistema de monitorización y control de ganado vacuno, por lo que las características del servidor de base de datos son irrelevantes. Para cumplir con el objetivo planteado se hace uso de un computador de placa reducida, que permita ingresar, almacenar y gestionar datos relacionados con el proceso. La Raspberry Pi3 es un computador de placa reducida conocido a nivel mundial, cuenta con un procesador Broadcom BCM2837 CPU de 1.2GHz 64-bit quad-core ARMv8, con un juego de instrucciones de RISC de 64 bits, con conectividad a la red cuenta con una tarjeta 10/100 Ethernet (RJ-45) vía hub USB, Wifi 802.11n, Bluetooth 4.1, por sus características y alta disponibilidad en el mercado ecuatoriano, es el dispositivo que se utiliza para crear el servidor LAMP de base de datos. Se puede observar más información de datos técnicos de la placa en el Anexo H.

## **FUNCIONAMIENTO DE LA BASE DE DATOS**

La Base de Datos es manipulada únicamente por el dueño de la Finca, por lo que es necesario tener un control de acceso por medio de contraseña encriptada para el ingreso y visualización de la información de la base de datos. En la Fig. 38 se observa el diagrama uso de la base de datos.



*Fig. 38 Diagrama de uso de la base de datos*

*Elaborado por Investigadora*

Dentro de los registros que administra la base de datos se encuentran los factores presentados en la Tabla 12. Para la identificación del collar que le corresponde a cada animal, es necesario, la creación de un código, en este caso se ha considerado una secuencia de 4 caracteres alfanuméricos, los mismos que se almacenan en la columna ID de la tabla.

La columna IP contiene la dirección IP que se asigna a cada dispositivo, y que permite la comunicación dentro de la red WI-FI.

En la base de datos también se incluyen datos del animal, divididos en columnas: fecha de ingreso, vacunas, peso y observación, los mismos son datos de tipo String. Y contienen la información que el propietario requiere conocer.

*Tabla 12 Tabla de Registro de Datos de los Animales*

*Elaborado por Investigadora*

ID	IP	DATOS DEL ANIMAL			
		FECHA DE INGRESO	PESO KG	FECHA VACUNAS	OBSERVACION
Tipo varchar 4	Tipo varchar 15	String	String	String	String

Cuando se registra una activación de la alerta, la base de datos registra en otra tabla la fecha y hora en la que se produjo y contiene un cuadro donde se puede registrar alguna observación que le sea útil al cliente. Ver Tabla 13 Tabla de Registro de Alarmas

*Tabla 13 Tabla de Registro de Alarmas*

*Elaborado por Investigadora*

ID	TIPO DE ALERTA	FECHA Y HORA
	Activada/Desactivada	

## INTERFAZ DE USUARIO

Para que el usuario pueda acceder a la información de la base de datos, se ha creado una página web, a la cual accede mediante la URL ([http://dirección\\_IPservidor/ControlGanado/](http://dirección_IPservidor/ControlGanado/)). Al ingresar es necesario realizar la autenticación de usuario, en caso de ser incorrecto se debe reintentar el ingreso. En el servidor se crea una carpeta html que contiene los siguientes archivos:

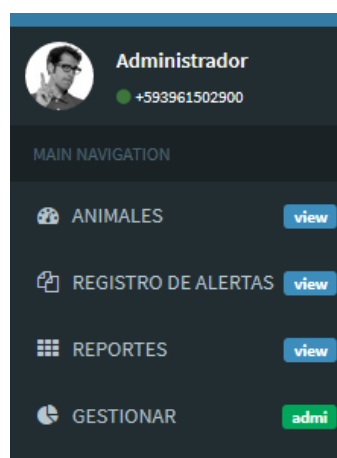
- login.php
- conectarBase.php
- insertarDatos.php
- ControlGanado.html

El archivo login.php permite la autenticación del usuario, si es exitoso el archivo conectarBase.php realiza la conexión a la base de datos, de esta manera se puede observar los datos provenientes de los nodos localizadores. El archivo insertarDatos.php permite que se ingresen datos correspondientes a los animales.

El archivo ControlGanado.html incluye el lenguaje javascript que crea la interfaz gráfica de usuario. Los códigos de cada archivo se pueden observar en el Anexo I.

Como se puede observar en la Fig. 39 se encuentra un submenú gráfico con las opciones que tiene el usuario para el ingreso o visualización de los datos. Cada opción se conecta con los archivos descritos para que se pueda ejecutar la acción requerida.

La información que se muestra al usuario se puede observar en el Anexo J.



*Fig. 39 Submenú en la Interfaz de usuario de la página web  
Elaborado por Investigadora*

#### 4.7PRESUPUESTO

El presente apartado analiza los costos de la implementación del nodo localizador del sistema de monitorización y control de ganado vacuno por medio de tecnología inalámbrica para prevención de abigeato.

Los costos del proyecto se analizan de acuerdo a las partes que componen el mismo, la unidad de control y monitoreo, y los nodos localizadores.

La Tabla 14 muestra los costos de la implementación de la Unidad de control y monitoreo, considerando el nodo central, el servidor la base de datos y la alarma sonora.

*Tabla 14 Detalle de costos de la Unidad de Control y monitoreo  
Elaborado por Investigadora*

<b>UNIDAD DE CONTROL Y MONITOREO</b>					
<b>NODO CENTRAL</b>					
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
1	Módulo de comunicación ESP32	c/u	1	\$12	\$12
2	Fuente 5V/2 A	c/u	1	\$16	\$16
3	Bornera	c/u	1	\$0,10	\$0,10
4	Resistencia	c/u	1	\$0,10	\$0,10
5	Transistor BD137	c/u	1	\$0,50	\$0,50
6	Sirena	c/u	1	\$17,89	\$17,89
7	Molex 2 pines	c/u	1	\$1,00	\$1,00
8	PCB de 10X20	cm	2	\$3,00	\$6,00
<b>Subtotal</b>					<b>\$53,59</b>
<b>SERVIDOR</b>					
9	Raspberry PI 3 B incluye cargador, disipadores, Micro SD tipo 10 de 16GB	c/u	1	\$99,10	\$99,10
<b>Subtotal</b>					<b>\$99,10</b>
10	Sirena	c/u	1	\$15,30	\$15,30
11	Cable Timbre	m	0,5	\$0,20	\$1,00
<b>Subtotal</b>					<b>\$16,30</b>
<b>TOTAL</b>					<b>\$168,99</b>

Para el prototipo se requiere una sola unidad de control y monitoreo independientemente del número de nodos de localización con los que cuente el sistema.

La Tabla 15 muestra los costos de implementación de un nodo localizador, es decir, para cada animal que requiera monitorización se debe realizar la siguiente inversión.

*Tabla 15 Detalle de costos del Nodo de Localización*

*Elaborado por Investigadora*

<b>NODO DE LOCALIZACIÓN</b>					
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
1	Módulo de comunicación ESP32-WROOM	c/u	1	\$12	\$12
2	Batería de 9V recargable	c/u	1	\$12	\$12
3	Módulo Shield SIM 808 GSM/GPRS/GPS	c/u	1	\$40	\$40
4	Resistencias	c/u	4	\$0,10	\$0,40
5	Sensor Final de Carrera	c/u	1	\$0,15	\$0,15
6	Hilo conductor de Acero Inoxidable	m	3	\$1,50	\$4,50
7	Case	c/u	1	\$10	\$10
8	Correa	m	1	\$10	\$10
9	PCB	c/u	1	\$3,50	\$3,50
10	Borneras	c/u	2	\$0,10	\$0,20
<b>TOTAL</b>					<b>\$92,75</b>

Los precios descritos en la investigación han sido obtenidos de tiendas electrónicas en Ecuador. El costo de los materiales del prototipo del sistema de comunicación propuesto es de \$168,99 y de \$92,75 por cada animal que se desee controlar.

### **Costo del diseño**

Para determinar el costo del diseño del sistema, se considera el número de horas empleadas, y la remuneración que un Ingeniero Electrónico percibe mensualmente, para ello se toma en cuenta la tabla de salarios mínimo-sectoriales 2018 del Ministerio del Trabajo del Ecuador que es de \$415,35 y salarios ofertados en la red socio empleo



del Ecuador que fluctúan entre 750 a 1000 dólares, obteniendo un salario promedio de \$710. La siguiente ecuación deduce el salario que se percibe por cada hora de trabajo considerando 21 días laborales al mes con 8 horas diarias de trabajo.

$$Salario_{hora} = \frac{Salario_{mensual}}{Días_{laborables} * Horas_{laborables}} \quad (8)$$

$$Salario_{hora} = \frac{710}{21 * 8}$$

$$Salario_{hora} = \$ 4.22$$

Por lo tanto, el costo del diseño es igual al número de horas que se trabajó en su programación y diseño multiplicado por el salario de cada hora, como se puede observar en la siguiente ecuación.

$$Costo_{diseño} = Horas_{empleadas} * Salario_{hora} \quad (9)$$

$$Costo_{diseño} = 110 * 4.22$$

$$Costo_{diseño} = \$ 464.20$$

Por lo tanto, el costo estimado del diseño es de \$464.20.

#### **4.8 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO**

En la Fig.40 se puede observar la forma en como se ha dispuesto colocar el dispositivo en los animales. Se puede encontrar también información en el Anexo K.



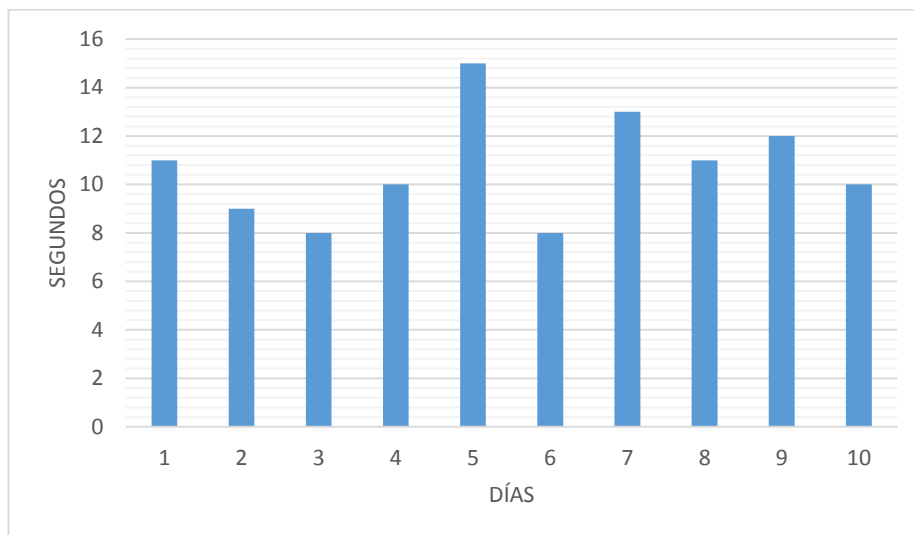
*Fig. 40 Disposición del dispositivo localizador en el ganado  
Elaborado por Investigadora*

Para realizar la comprobación del funcionamiento del prototipo del sistema planteado en la investigación, se ha simulado casos en los que los animales han salido del área de pastoreo, se ha levantado la tapa del dispositivo, o se ha intentado cortar el collar. Estas pruebas fueron realizadas por 10 días con 100 pruebas diarias que muestran los resultados observados en la Tabla 16.

*Tabla 16 Pruebas de Funcionamiento del prototipo  
Elaborado por Investigadora*

Día	Tiempo Máximo de Respuesta	
	Recepción de SMS	Recepción Alerta Sonora
1	11	5
2	9	6
3	8	4
4	10	5
5	15	4
6	8	6
7	13	7
8	11	5
9	12	4
10	10	5
<b>Promedio</b>	<b>11</b>	<b>5</b>

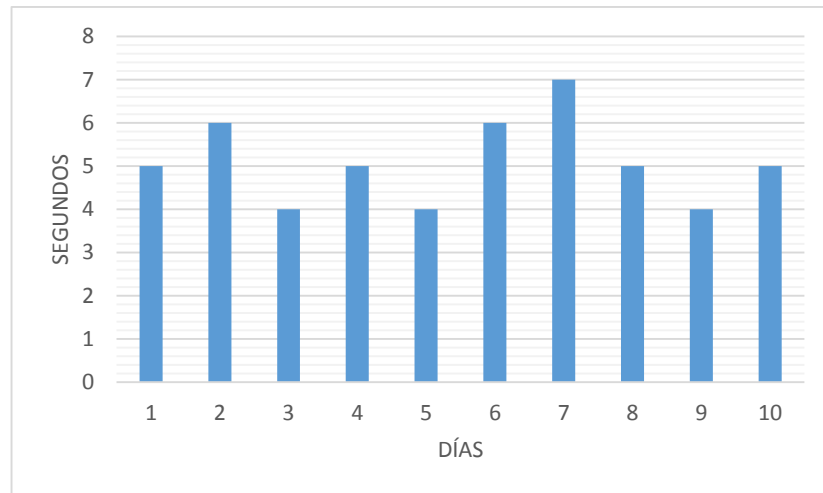
A partir de los datos obtenidos en las pruebas realizadas se puede observar en la Fig. 41, que el sistema cuenta con un tiempo de respuesta máximo promedio de 11 segundos hasta llegar al usuario por vía SMS.



*Fig. 41 Tiempo de respuesta de recepción de SMS  
Elaborado por Investigadora*

Se puede observar en la Fig. 42 la respuesta del sistema de activación de alarma sonora es menor que el de activación de SMS, debido a que la señal de activación de la primera

alarma se emite a través de la red WI-FI la cual está en permanente conexión, mientras que en la segunda se debe esperar unos segundos para que se estabilice la señal de GPS. Sin embargo, al tratarse de un prototipo los tiempos que se manejan son reducidos y permiten una rápida respuesta por parte del ganadero.



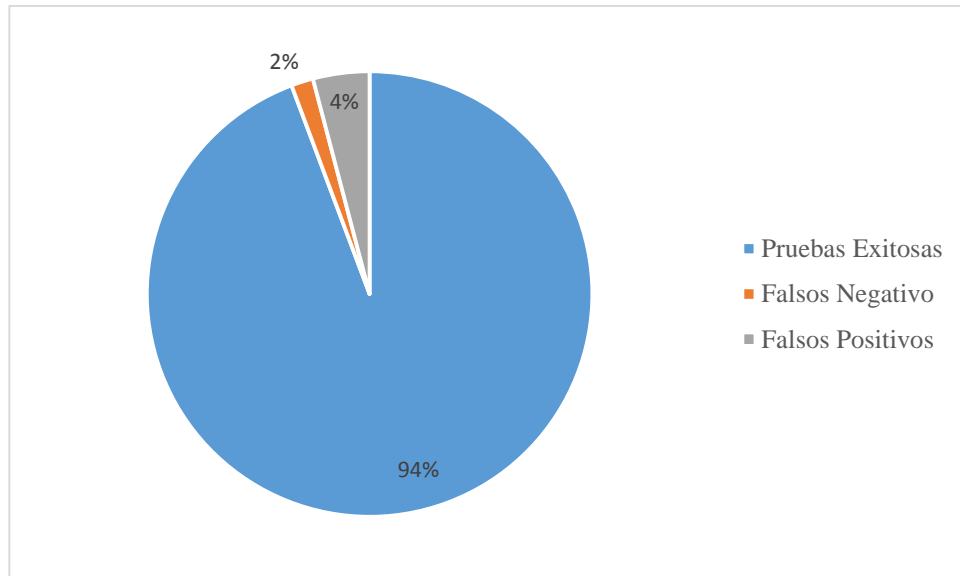
*Fig. 42 Tiempo de respuesta de recepción de Alerta Sonora  
Elaborado por Investigadora*

En la Tabla 17 se puede observar el número de pruebas realizadas cada día con el número de falsos negativos y falsos positivos que se registraron.

*Tabla 17 Registro de Pruebas Realizadas  
Elaborado por Investigadora*

Día	Respuestas del sistema		
	Pruebas Exitosas	Falsos Negativo	Falsos Positivos
1	95	1	4
2	94	2	4
3	92	3	5
4	95	2	3
5	92	2	6
6	93	2	5
7	94	1	5
8	94	2	4
9	96	0	4
10	98	1	1
<b>Promedio</b>	<b>94,3</b>	<b>1,6</b>	<b>4,1</b>

En la Fig. 43 se puede observar que en los resultados correctos arrojados por el sistema fueron del 94,3%, mientras que los falsos positivos del 4% y falsos negativos un 1,6%. Lo que resulta en un sistema confiable.



*Fig. 43 Respuesta del sistema en base a 100 pruebas diarias  
Elaborado por Investigador*

### **Registro en la base de datos**

Al realizar las pruebas de funcionamiento, se genera información la misma que se almacena en la base de datos, e indica que evento es el que se ha producido, RANGO representa la salida del animal del área de pastoreo, CORTE que se ha tratado de vulnerar la seguridad del dispositivo colocado en el animal, TAMPER indica que la tapa del nodo se ha retirado. Ver Fig. 44

ID	TIPO	FECHA	OBSERVACION	COLLAR
12	RANGO	2018-07-20 01:28:50		TO01
13	CORTE	2018-07-20 01:30:30		TO01
14	RANGO	2018-07-20 01:30:30		VA01
15	RANGO	2018-07-20 01:30:54		TA01
16	RANGO	2018-07-20 01:30:54		VA01
19	TAMPER	2018-07-20 01:31:37		TE01
20	RANGO	2018-07-20 01:31:37		VA01
21	CORTE	2018-07-20 01:32:01		TO01
22	TAMPER	2018-07-20 01:32:01		TA01
23	RANGO	2018-07-20 01:32:24		TA01
24	RANGO	2018-07-20 01:32:24		VA01
25	CORTE	2018-07-20 01:32:47		TA01

Fig. 44 Registro en la base de datos de activación de alarmas  
Elaborado por Investigadora

En la Fig. 45 se puede observar el ingreso de los datos de los animales, en una de las tablas de la base de datos.

ID	IP	F_INGRESO	PESO_KG	VACUNA	OBSERVACION	ESTADO
TA01	192.168.4.101	2018-07-20 01:07:28	350	1804268		1
TE01	192.168.4.104	2018-07-20 01:08:48	380	1804345		1
TO01	192.168.4.102	2018-07-20 01:08:48	700	1804278		1
VA01	192.168.4.100	2018-07-20 01:07:28	400	1804267		1

Fig. 45 Registro de datos de cada animal en la base de datos  
Elaborado por Investigadora

Los datos de las coordenadas de ubicación del animal llegan al celular del usuario como se puede observar en la siguiente Fig. 46.

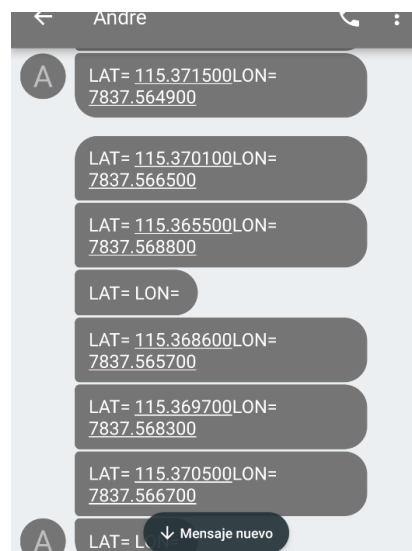


Fig. 46 Recepción de mensajes en el celular  
Elaborado por Investigador

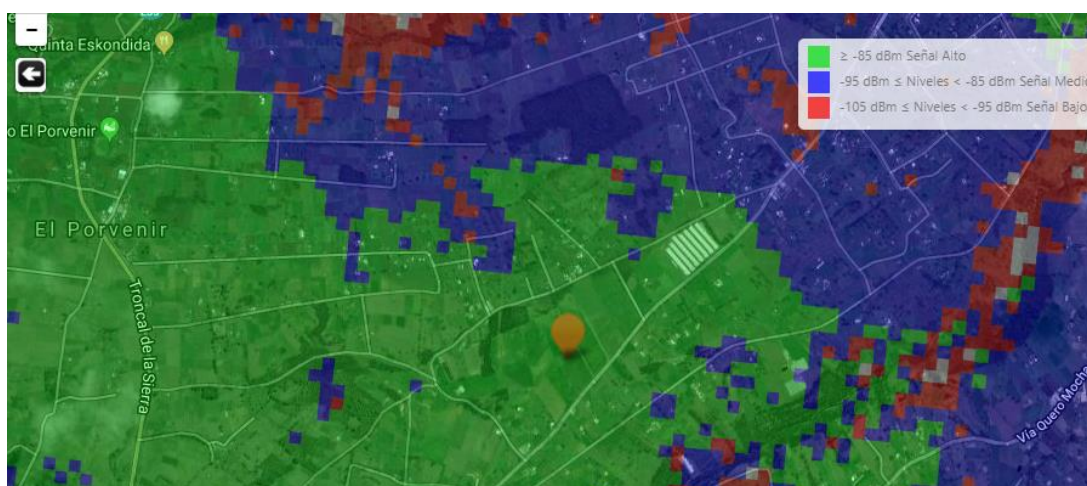


## 4.9 DISEÑO INTEGRAL DEL SISTEMA EN LA FINCA MARÍA DANIELA 2

En el presente apartado se muestran los equipos necesarios para la completa implementación del sistema en todos los animales de la Finca María Daniela 2, junto con la red de comunicación y el servidor LAMP para el control y monitoreo del ganado vacuno.

### NODOS LOCALIZADORES

Los nodos localizadores mantienen el diseño del prototipo, utilizando los equipos descritos anteriormente. Para permitir el uso del SIM 800 GPRS/GSM/GPS es necesario contar con un CHIP de operadora celular, para el proyecto se ocupan los servicios de la operadora CLARO debido a que brinda una cobertura total en la zona donde se realiza el monitoreo, como se puede observar en la Fig. 47.



*Fig. 47 Niveles de señal de cobertura de la operadora Claro  
Elaborado por Investigadora*

Para que el sistema pueda enviar SMS al propietario en caso de activación de alertas, el CHIP celular debe tener saldo, para el proyecto se considera un mínimo de 10 dólares en cada nodo localizador, lo que permite tener 125 mensajes disponibles que solo se consumen si se activa algún tipo de alerta.

### UNIDAD DE CONTROL Y MONITOREO

En la unidad de control y monitoreo, se mantiene el diseño del nodo central. Para el servidor LAMP se requiere adicionar un monitor y un teclado a la raspberry Pi3 para que sea más fácil su utilización, las características de ambos dispositivos deben ser básicas.

Para la colocación de la sirena en la parte exterior del centro de Ordeño se necesita una caja metálica de protección, y cinco metros de cable gemelo número 14 para su colocación, y canaleta para interior para pasar el cable hacia afuera.

Además, se necesita un Sistema de Energía Ininterrumpida (UPS) en caso de fallas en el sistema eléctrico, para ello se debe considerar los equipos conectados al UPS, el módulo WI-FI, la raspberry Pi3, la alarma sonora. El tiempo de suministro de energía de un equipo UPS trabajando a su máxima capacidad de consumo en modo de batería, es determinado por la siguiente ecuación [60].

$$t_{UPS} = 60 * \frac{N * A * V * Eff}{S} \quad (5)$$

Donde:

$t_{UPS}$  = Es el tiempo que funciona un UPS sin alimentación eléctrica.

N = Número de baterías del regulador.

A = Valor de amperios de la corriente nominal de la batería

V = Valor en Voltios de la tensión nominal de la batería

Eff = Eficiencia del regulador UPS, que toma valores entre 90 y 98% dependiendo del fabricante.

S = Valor de la potencia aparente del regulador UPS dado en VA

En el proyecto se propone la utilización de un UPS Pro-1500 de APC que tiene 2 baterías de plomo ácido de 9AH a 12VDC, con potencia aparente de 1500VA. Consumo máximo que soporta 865 W. De esta manera con una eficiencia del 90% con consumo máximo el tiempo es de 7.78 minutos suministrando energía a su carga máxima.

$$t_{UPS} = 60 * \frac{2 * 9 * 12 * 0.9}{1500}$$

$$t_{UPS} = 7.78 \text{ minutos}$$

En la siguiente ecuación se puede hallar el equivalente de potencia máxima consumida en la unidad de monitoreo y control.



$$P_{m\acute{a}x} = P_{ESP32} + P_{Rasp} + P_{Sirena} \quad (6)$$

Donde:

$P_{ESP32}$  = Potencia de los m3dulos ESP32=2.5W

$P_{Rasp}$ = Potencia de la Raspberry Pi3 = 12.5 W

$P_{Sirena}$  = Potencia de la alarma sonora = 12 W

$P_{m\acute{a}x}$  = Potencia m\acute{a}xima = 27 W

Para calcular el tiempo de suministro de energ\iacia del UPS, se debe realizar el c\alculo con la potencia de los dispositivos, dando como resultado 4.15 horas de suministro, seg\un la ecuaci3n desarrollada a continuaci3n.

$$t_{UPSUC} = \frac{865W * 7.78 minutos}{27W} \quad (7)$$

$$t_{UPSUC} = 249,24 minutos = 4,15 horas$$

Este tiempo es suficiente para que el due\no de la Finca guarde todos los registros de la base de datos si se est\an modificando y ponga a buen recaudo a sus animales. Adem\as, hay que considerar que el tiempo de funcionamiento obtenido del UPS se ha calculado con la sirena encendida, si no se requiere de su uso, el tiempo aumenta a 7.47 horas.

## PUNTO DE ACCESO

El Punto de Acceso a la red WI-FI se coloca en las coordenadas 1°23'59.18"S 78°38'0.68"O, el equipo que se instala es la Ubiquiti RocketM2 colocada sobre un tubo poste galvanizado de 1 pulgada de grosor y una altura de 6 metros, con cableado UTP Cat.6 para exteriores, para la transmisi3n de datos y alimentaci3n por su puerto POE, considerando una distancia de 20 metros con 4 conectores RJ45 para su conexi3n con el equipo, adem\as de los respectivos capuchones. Tambi3n se requiere un UPS para asegurar la conexi3n, si hay un corte de energ\iacia el3ctrica, se propone el uso del UPS usado en la unidad de control y monitoreo, con un tiempo de suministro de energ\iacia para el punto de acceso de 4.67 horas, considerando la Potencia de consumo de la Ubiquiti RocketM2 de 24W.

## PRESUPUESTO TOTAL DEL SISTEMA INTEGRAL DE LA FINCA

Para el presupuesto total del sistema integral de la Finca María Daniela 2 se considera dos partes importantes, la primera el costo de materiales y equipos, y la segunda el coste del diseño e instalación. En la Tabla 20 se muestra los materiales y equipos que se requieren para la instalación y funcionamiento del sistema.

Tabla 18 Costo de materiales del sistema para la Finca María Daniela 2

Elaborado por Investigadora

<b>COSTO DE LOS MATERIALES DEL SISTEMA</b>					
<b>Unidad de control y monitoreo</b>					
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
1	Nodo Central	c/u	1	\$53,59	\$53,59
2	Caja metálica de protección	c/u	1	\$14,16	\$14,16
3	Cable Gemelo #14	m	5	\$0,35	\$0,35
4	Canaleta para Interiores de 1,3X0,04	m	3	\$1,68	\$5,04
5	Sirena	c/u	1	\$15,30	\$15,30
6	Cable Timbre	m	0,5	\$0,20	\$1,00
<b>Servidor</b>					
7	Raspberry PI 3 B incluye cargador, disipadores, Micro SD tipo 10 de 16GB	c/u	1	\$99,10	\$99,10
8	Monitor Lg Hdmi/ Samsung Led 20 U	c/u	1	\$95	\$95
9	Teclado USB	c/u	1	\$8	\$8
10	UPS Pro-1500 de APC	c/u	1	\$204,06	\$204,06
<b>Nodo de localización</b>					
11	Nodo localizador	c/u	40	\$92,75	\$3710
<b>Punto de acceso</b>					
12	Ubiquiti RocketM2		1	\$346,21	\$346,21
	Tubo poste Galvanizado de 1 pulgada	m	6	\$4,97	\$29,83
13	Cable UTP Cat. 6 para exteriores	m	20	\$0,62	\$12,40
14	Conectores RJ45	c/u	4	\$0,25	\$1,00
15	Capuchones	c/u	4	\$0,15	\$0,60
16	UPS Pro-1500 de APC	c/u	1	\$204,06	\$204,06
<b>TOTAL</b>					<b>\$4783,40</b>

Los costos detallados del Nodo Central y del Nodo Localizador se encuentran en el apartado anterior Presupuesto. El precio estimado es de \$4778,4 para los 40 animales de la Finca.

Se determina el costo de instalación tanto del punto de acceso como de la unidad central de control y monitoreo debido a que se invierte un tiempo considerable en su realización. Se considera adecuado un precio de \$30 cada uno. Y por la configuración de cada nodo localizador un valor de \$10.

El costo total del sistema esta detallado en la Tabla 19.

*Tabla 19 Costos del sistema y valor total  
Elaborado por Investigadora*

<b>INSTALACIÓN COMPLETA DEL SISTEMA</b>	<b>COSTO</b>
Materiales	\$4783,40
Costo del diseño	\$464,20
Costo de configuración e instalación del punto de acceso	\$30
Costo de unidad central de control y monitoreo	\$30
Costo de configuración de los 40 nodos localizadores	\$400
<b>TOTAL</b>	<b>\$5707,60</b>

Por lo tanto, el costo total del sistema, incluido materiales, configuración e instalación es de \$5707,60, para los 40 animales de la Finca María Daniela 2.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

- Existen varios sistemas de control y monitoreo para prevención del abigeato, haciendo uso de tecnologías como radiofrecuencia y localización GPS, sin embargo, actualmente en el Ecuador algunos de ellos no se comercializan, y en otros casos su importación representa una gran inversión para el ganadero. El sistema propuesto en el trabajo de investigación ofrece una solución al problema de abigeato en las zonas ganaderas del país con un sistema autónomo de generación de alarma y posicionamiento, haciendo uso de tecnología WI-FI con el estándar 802.11n con MSC0, GPRS y GPS.
- En el prototipo se presenta la convivencia de tres tipos de tecnología inalámbrica, la primera trabaja en el área de pastoreo de la Finca María Daniela 2, WI-FI fue la seleccionada para esta actividad, por la transmisión orientada a conexión que posee, la capacidad de medir los niveles de potencia de la señal, la cobertura que ofrece bajo el estándar 802.11n. La tecnología GPRS fue la elegida para el trabajo fuera de la Finca, debido a que hace uso de la red Celular presente en el lugar, y es la encargada de transmitir los datos del localizador GPS al usuario vía SMS. La razón principal para la utilización de diferentes tecnologías es el ahorro de consumo de batería que se produce al no encender permanentemente el módulo del sistema de posicionamiento global.

- El nodo localizador es un sistema móvil que se coloca en el cuello de los animales, tiene un módulo de comunicación WI-FI ESP32 que al trabajar bajo el estándar 802.11n MCS0 con una potencia de transmisión de 20dBm, establece conexión con el punto de acceso Wifi de largo alcance hasta una distancia de 270m, con un nivel de señal de -93dBm. El nodo localizador genera alertas al detectar un nivel de señal menor a -85dBm, equivalente a una distancia promedio al punto de acceso de 240m.
- El nodo central colocado en el Centro de Ordeño de la Finca María Daniela 2 del sistema utiliza el módulo ESP32 para comunicarse con la red WI-FI y para conectarse directamente a la base de datos. Este nodo realiza la gestión del encendido de la sirena con tiempo promedio de 5 segundos después de ejecutado un evento de alerta en el nodo de localización. El tiempo promedio de recepción de una alerta a través de un mensaje de texto después de la ejecución de un estado de alerta es de 11 segundos.
- La gestión de la base de datos se realizó en MySQL con programación PHP, y una interfaz HTML, que permite registrar datos informativos de los animales como fecha de ingreso al sistema, peso, fecha de vacunación, observaciones y registro de información relevante de alertas generadas. Los datos registrados en las alertas incluyen fechas y ubicaciones, que permiten generar un análisis de los sectores vulnerables de la finca y las características fundamentales de los bovinos que son propensos al abigeato.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Es recomendable utilizar un módulo con comunicación 4G como reemplazo en la transmisión de datos de la red GSM/GPRS, debida al bajo consumo de potencia que estos equipos requieren, se aumenta la autonomía de la batería cuando se requiere utilizar funciones de localización. Actualmente el costo de importación de este tipo de módulos a Ecuador es elevado por lo que no se ha utilizado en la presente investigación.
- Es necesario contar con un sistema de respaldo eléctrico para la sirena en caso de existir alguna falla en la red eléctrica, por lo que se requiere una tarjeta que permite el acople de la red eléctrica con una batería de 12 V. En el nodo concentrador se recomienda colocar una UPS Pro de 1500 BR de APC. Debido al costo que representa en el prototipo, no se lo ha implementado en la Finca María Daniela 2, pero se sugiere su utilización.
- El sistema puede reducir considerablemente sus costos, sin el uso de la comunicación GPS/GPRS, activando las alertas en función del nivel de potencia de la señal WI-FI emitida por los Puntos de Acceso, con una reducción considerable del consumo de batería lo que se traduce en ahorro económico para el productor, sin embargo, no se tienen las prestaciones de localización GPS.
- Se recomienda hacer pruebas de sonido, con equipos de medición específicos, para comprobar el alcance de la alarma sonora, y asegurar que se pueda escuchar en cualquier punto de la Finca. El análisis sonoro esta fuera del alcance de este estudio.
- Para trabajos futuros se recomienda desarrollar una aplicación celular para que la información pueda observarse desde cualquier lugar que se encuentre el propietario. De acuerdo con los requerimientos del proyecto no se tiene Internet en el lugar por lo que no fue factible el desarrollo de la aplicación móvil.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. Monteros Guerrero y S. Salvador Sarauz, «Panorama Agroeconómico del Ecuador,» 2015. [En línea]. Available: [http://sinagap.agricultura.gob.ec/pdf/estudios\\_agroeconomicos/panorama\\_agro\\_economico\\_ecuador2015.pdf](http://sinagap.agricultura.gob.ec/pdf/estudios_agroeconomicos/panorama_agro_economico_ecuador2015.pdf). [Último acceso: 23 10 2017].
- [2] Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC, «Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua,» 2016. [En línea].
- [3] Banco Central del Ecuador, «Estadísticas Macroeconómicas Presentación Coyuntural,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.bce.fin.ec/index.php/component/k2/item/776>. [Último acceso: 23 10 2017].
- [4] F. Sandoval, «21 miembros de bandas de abigeato, detenidos,» 17 08 2015. [En línea]. Available: <http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/judicial/13/21-miembros-de-bandas-de-abigeato-detenidos>. [Último acceso: 24 10 2017].
- [5] M. C. Villacís, «Un vacío legal para castigar el abigeato,» *Diario Expreso* , 2018 08 15.
- [6] Sistema David, «Incidencia Abigeatos,» 2017. [En línea]. Available: <http://www.policiaecuador.gob.ec/innovador-sistema-optimiza-gestion-de-control-desde-intendencias-y-comisarias-a-nivel-nacional/>.
- [7] G. Giacometti, «Los policías de Ambato detuvieron a una persona que es investigada por robo de ganado,» 16 02 2016. [En línea]. Available: <http://www.elcomercio.com/actualidad/policias-ambato-investigacion-robodeganado.html>. [Último acceso: 25 10 2017].
- [8] ASOGAN-SD, «Asociación de Ganaderos de Santo Domingo, Ecuador,» 2017. [En línea]. Available: <http://asogansd.com/bascula/>. [Último acceso: 25 10 2017].

- [9] L. Muñoz, «Sistemas de monitoreo electrónico, una herramienta para mejorar la gestión del negocio ganadero,» 18 07 2014. [En línea]. Available: <http://www.elmercurio.com/Campo/Noticias/Redes/2014/02/26/Sistemas-de-monitoreo-electronico-una-herramienta-para-mejorar-la-gestion-del-negocio-ganadero.aspx>. [Último acceso: 11 11 2017].
- [10] R. A. Jiménez Toledo, I. Argote Puetaman y C. Meza Báez, «Prototipo de sistema de vigilancia para fincas ganaderas,» 29 05 2014. [En línea]. [Último acceso: 13 11 2017].
- [11] I. A. Ruge Ruge, F. R. Jiménez López y O. M. Hernández Gómez, «Prototipo de sistema de vigilancia de ganado usando red de supervisión inalámbrica para prevención abigeato,» 2016. [En línea]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/313560355\\_Prototipo\\_de\\_sistema\\_de\\_vigilancia\\_de\\_ganado\\_usando\\_red\\_de\\_supervision\\_inalambrica\\_para\\_preve\\_ncion\\_de\\_abigeato](https://www.researchgate.net/publication/313560355_Prototipo_de_sistema_de_vigilancia_de_ganado_usando_red_de_supervision_inalambrica_para_preve_ncion_de_abigeato). [Último acceso: 29 11 2017].
- [12] «Consideraciones prácticas para redes inalámbricas de sensores en aplicaciones de monitoreo de ganado,» 2012. [En línea]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169911002419>. [Último acceso: 29 11 2017].
- [13] L. B. Jumbo Moreira y B. J. Moya Rubio, «Desarrollo de un sistema demostrativo de control y monitoreo, para el estudio de un grupo de reses y su entorno, con central en un servidor,» 2015. [En línea]. Available: <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/4475/1/UDLA-EC-TIERI-2015-03.pdf>. [Último acceso: 13 11 2017].
- [14] J. O. T. Betancourt, «La sustanciación de los juicios por delitos de abigeato en las fiscalías, juzgados y tribunales de garantías penales de Quito, período 2009-2011 y su incidencia económica, jurídica y social, en los ofendidos por la falta de celeridad en su tramitación,» Quito, 2012.
- [15] CONtextogadero, «5 modalidades de abigeato que todo ganadero debe conocer,» 16 02 2016. [En línea].



- [16] SIAPA, «Sistemas de Control y Monitoreo,» 2014. [En línea]. Available: [http://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo\\_12.\\_sistemas\\_de\\_control\\_y\\_monitoreo\\_automatizado.pdf](http://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo_12._sistemas_de_control_y_monitoreo_automatizado.pdf). [Último acceso: 10 09 2018].
- [17] N. Palmer, «Las TIC para la recopilación de datos, el monitoreo y la evaluación,» 2012. [En línea]. Available: <http://santic.rds.hn/wp-content/uploads/2013/06/Las-TIC-para-la-recopilacion-de-datos-el-monitoreo-y-la-evaluacion.pdf>. [Último acceso: 16 11 2017].
- [18] J. I. Escudero Fombuena y J. Luque Rodríguez, «Telecontrol de Redes Eléctricas,» Sevilla, 1994.
- [19] A. Ruiz Canales y J. M. Molina Martínez , Automatización y telecontrol de sistemas de riego, Barcelona: Marcombo, 2010.
- [20] C. M. Silva, «Revista ElectroIndustria,» 11 2009. [En línea]. Available: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=1303&edi=68&xit=unidades-de-transmision-remota-control-y-supervision-remota-en-tiempo-real>. [Último acceso: 25 01 2018].
- [21] M. Colobran Huguet, J. M. Arqués Soldevila y E. M. Galindo, Administración de sistemas operativos en red, Barcelona: UOC, 2008, pp. 24-30.
- [22] E. Mifsuf Talón, «Apache,» [En línea]. Available: <http://descargas.pntic.mec.es/mentor/visitas/Apache.pdf>. [Último acceso: 04 02 2018].
- [23] J. Niño, «Servidores de aplicaciones web,» Editext, 2011, p. 42.
- [24] D. R. D. Rodríguez, «Servidores Web: Apache e IIS,» [En línea]. Available: <http://www.cc.uah.es/drg/docencia/Servidores/ServidoresWeb4x1.pdf>. [Último acceso: 04 02 2018].
- [25] A. B. García Mariscal, UF2405 - Modelo de programación web y bases de datos, Editorial Elearning, S.L., 2015.

- [26] Observatorio Regional de la Sociedad de la Información (ORSI)., «Sistemas de Localización e Información Geográfica,» 2009. [En línea]. Available: file:///C:/Users/Laptop-Lp/Downloads/SISTEMAS+DE+LOCALIZACION+E+INFORMACION+GEOGRAFICA%20(2).pdf. [Último acceso: 26 01 2018].
- [27] W. Tomasi, *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*, México: Pearson Educación, 2003.
- [28] J. Íñigo Griera y J. M. Barceló Ordinas, *Estructura de redes de computadores*, UOC, 2009.
- [29] J. L. Camargo Olivares, «Modelo de cobertura para redes inalámbricas de interiores,» 2009. [En línea]. Available: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11761/fichero/Volumen1%252F5-Cap%C3%ADtulo1+-+Introducci%C3%B3n+a+las+redes+inal%C3%A1mbricas.pdf>. [Último acceso: 14 11 2017].
- [30] D. G. Reina, «Puerta pasarela Bluetooth para una red de sensores Zigbee,» 2005. [En línea]. Available: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/40048/fichero/VOLUMEN+1.+MEMORIA%252F4.+Tecnolog%C3%ADa+Bluetooth.pdf>. [Último acceso: 30 01 2018].
- [31] A. Tomar, «Introduction to Zigbee Technology,» 2011. [En línea]. Available: [http://sensoreembedded.com/product\\_extra\\_files/Introduction%20to%20Zigbee%20Technology.pdf](http://sensoreembedded.com/product_extra_files/Introduction%20to%20Zigbee%20Technology.pdf). [Último acceso: 30 01 2018].
- [32] J. Prieto Blázquez, «Introducción a los sistemas de comunicación inalámbricos,» Universitat Oberta de Catalunya.
- [33] J. J. Yunquera Torres, «Diseño de una red WI-FI para la E.S.I,» [En línea]. Available:

<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11138/fichero/memoria%252FPortada.pdf>. [Último acceso: 30 01 2018].

- [34] Physics, International Centre for Theoretical, «Introducción a las redes WI-FI,» 18 06 2010. [En línea]. Available: [http://www.eslared.org.ve/walc2012/material/track1/05-Introduccion\\_a\\_las\\_redes\\_WiFi-es-v2.3-notes.pdf](http://www.eslared.org.ve/walc2012/material/track1/05-Introduccion_a_las_redes_WiFi-es-v2.3-notes.pdf). [Último acceso: 31 01 2018].
- [35] D. Benchimol, Microcontroladores, Funcionamiento, Programación y usos Prácticos, Buenos Aires: FoxAndina, 2011, p. 184.
- [36] J. Vásquez Rojas, Consulta y actualización de base de datos mediante equipos móviles, Medellín: ITM, 2008, pp. 32-33.
- [37] F. P. Donate, «Transmisión de imágenes de video mediante Servicios Web XML sobre J2ME,» Sevilla.
- [38] F. Nicola, «REDES CELULARES,» 2011. [En línea]. Available: <https://www.dsi.fceia.unr.edu.ar/downloads/distribuidos/material/monografias/RedesGSM.pdf>.
- [39] D. Dólera Losada, «Rendimiento de los protocolos IEEE 802.15.4 en entornos ruidosos,» Catalunya, 2010.
- [40] J. C. Soriano Montero, «Modelo Experimental de Propagación de RF en Espacio Libre y Vegetación a 9.1 Ghz,» 2006.
- [41] F. Valdés Pérez y R. Pallas Areny, Microcontroladores Fundamentos y Aplicaciones con PIC, MARCOMBO, 2007.
- [42] E. G. Bertogna, «Microcontroladores 8051 Teoria e Practica,» 2015. [En línea]. Available: <https://books.google.com.ec/books?id=QwSHCgAAQBAJ&pg=PA21&dq=sistemas+microcontrolados&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEWjO8Z23y5TZAhWJwVkkHajRA9gQ6AEIQjAF#>

- v=onepage&q=sistemas%20microcontrolados&f=false. [Último acceso: 08 02 2018].
- [43] D. Aranda, «Electrónica plataformas Arduino y Raspberry PI,» USERS, Buenos Aires, 2014.
- [44] Espressif Systems, «ESP32-WROOM-32 Datasheet,» 2018. [En línea]. Available: [https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp-wroom-32\\_datasheet\\_en.pdf](https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp-wroom-32_datasheet_en.pdf). [Último acceso: 06 06 2018].
- [45] Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0, *Sirena (Instrumento acústico)*, 2007.
- [46] G. Vivallo Pinare , «MEGA (Monitoreo Electrónico de Ganado),» 2014. [En línea]. Available: [http://vip.intervidia.com/wp-content/uploads/2016/11/Fichas-Tecnolo%CC%81gicas\\_Mega28.09.pdf](http://vip.intervidia.com/wp-content/uploads/2016/11/Fichas-Tecnolo%CC%81gicas_Mega28.09.pdf). [Último acceso: 28 03 2018].
- [47] CONtexto Ganadero, «Un collar permite evitar el robo de ganado en tiempo real,» *CONtexto Ganadero*, 2015 02 09.
- [48] TRAXCO S.A, «TRAXCO,» [En línea]. Available: <https://www.traxco.es/tienda/localizador-gps-ganado>. [Último acceso: 28 03 2018].
- [49] GAD MOCHA, «Plan de Diagnóstico del cantón Mocha,» [En línea]. Available: [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdiagnostico/Diagnostico\\_GAD%20Mocha\\_15-11-2014.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/Diagnostico_GAD%20Mocha_15-11-2014.pdf). [Último acceso: 02 04 2018].
- [50] A. Elahi y A. Gschwender, *Zigbee Wireless Sensor y Control Network*, Pearson Education, 2009.
- [51] G. Daniela, «Puerta Pasarela Bluetooth para red de sensores Zigbee,» Sevilla, 2011.

- [52] Arduino, «Arduino WI-FI Shield,» [En línea]. Available: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-wifi-shield>. [Último acceso: 06 06 2018].
- [53] Espressif Systems, «ESP8266EX Datasheet,» 2015. [En línea]. Available: [https://cdn-shop.adafruit.com/product-files/2471/0A-ESP8266\\_\\_Datasheet\\_\\_EN\\_v4.3.pdf](https://cdn-shop.adafruit.com/product-files/2471/0A-ESP8266__Datasheet__EN_v4.3.pdf). [Último acceso: 06 06 2018].
- [54] Mikrotik, «RB2011UiAS-2HnD-IN,» 2016. [En línea]. Available: [https://i.mt.lv/cdn/rb\\_files/1531275963rb2011U-qg.pdf](https://i.mt.lv/cdn/rb_files/1531275963rb2011U-qg.pdf). [Último acceso: 21 08 2018].
- [55] Ubiquiti Networks, «Ubiquiti PicoStation M2-HP,» 2013. [En línea]. Available: [https://dl.ubnt.com/datasheets/picostationm/picom2hp\\_DS.pdf](https://dl.ubnt.com/datasheets/picostationm/picom2hp_DS.pdf). [Último acceso: 21 08 2018].
- [56] Ubiquiti Networks, «Ubiquiti RocketM2,» 2015. [En línea]. Available: [https://dl.ubnt.com/datasheets/rocketm/RocketM\\_DS.pdf](https://dl.ubnt.com/datasheets/rocketm/RocketM_DS.pdf). [Último acceso: 21 08 2018].
- [57] SIMCom Wireless Ltd., «SIM808 Hardware design V1.00,» 27 03 2014. [En línea]. Available: [https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/SIM808\\_Hardware+Design\\_V1.00.pdf](https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/SIM808_Hardware+Design_V1.00.pdf).
- [58] Shanghai SIMCom Wireless Solutions Ltd., «SIM908-C\_Hardware Design\_V1,» 09 09 2011. [En línea]. Available: [https://www.techshopbd.com/uploads/product\\_document/SIM908-C.pdf](https://www.techshopbd.com/uploads/product_document/SIM908-C.pdf).
- [59] Ai Thinker Technology Co.Ltd, «A6/A7/A6C User Manual,» 28 06 2016. [En línea]. Available: [https://www.makerfabs.com/desfile/files/A6\\_A7\\_A6C\\_datasheet-EN.pdf](https://www.makerfabs.com/desfile/files/A6_A7_A6C_datasheet-EN.pdf). [Último acceso: 06 21 2018].
- [60] QLOUDEA DATA SOLUTIONS, «Cómo Calcular el Tiempo de un SAI en Modo Baterías,» 29 12 2016. [En línea]. Available: <https://qloudea.com/blog/calculartiempo-de-un-sai-modo-baterias/>. [Último acceso: 02 07 2018].

## ANEXOS

### ANEXO A

En el siguiente anexo se puede observar el datasheet del módulo ESP32-WROOM, con sus características técnicas.

#### DATASHEET MÓDULO ESP32 WROOM

##### 1. Overview

ESP32-WROOM-32 is a powerful, generic Wi-Fi+BT+BLE MCU module that targets a wide variety of applications, ranging from low-power sensor networks to the most demanding tasks, such as voice encoding, music streaming and MP3 decoding.

At the core of this module is the ESP32-D0WDQ6 chip\*. The chip embedded is designed to be scalable and adaptive. There are two CPU cores that can be individually controlled, and the CPU clock frequency is adjustable from 80 MHz to 240 MHz. The user may also power off the CPU and make use of the low-power co-processor to constantly monitor the peripherals for changes or crossing of thresholds. ESP32 integrates a rich set of peripherals, ranging from capacitive touch sensors, Hall sensors, SD card interface, Ethernet, high-speed SPI, UART, I2S and I2C.

**Note:**

\* For details on the part number of the ESP32 series, please refer to the document [ESP32 Datasheet](#).

The integration of Bluetooth, Bluetooth LE and Wi-Fi ensures that a wide range of applications can be targeted, and that the module is future proof: using Wi-Fi allows a large physical range and direct connection to the internet through a Wi-Fi router, while using Bluetooth allows the user to conveniently connect to the phone or broadcast low energy beacons for its detection. The sleep current of the ESP32 chip is less than 5  $\mu$ A, making it suitable for battery powered and wearable electronics applications. ESP32 supports a data rate of up to 150 Mbps, and 20.5 dBm output power at the antenna to ensure the widest physical range. As such the chip does offer industry-leading specifications and the best performance for electronic integration, range, power consumption, and connectivity.

The operating system chosen for ESP32 is freeRTOS with LwIP; TLS 1.2 with hardware acceleration is built in as well. Secure (encrypted) over the air (OTA) upgrade is also supported, so that developers can continually upgrade their products even after their release.

Table 1 provides the specifications of ESP32-WROOM-32.

**Table 1: ESP32-WROOM-32 Specifications**

Categories	Items	Specifications
Certification	RF certification	FCC/CE/IC/TELEC/KCC/SRRC/NCC
	Wi-Fi certification	Wi-Fi Alliance
	Bluetooth certification	BQB
	Green certification	RoHS/REACH
Wi-Fi	Protocols	802.11 b/g/n (802.11n up to 150 Mbps) A-MPDU and A-MSDU aggregation and 0.4 $\mu$ s guard interval support
	Frequency range	2.4 GHz ~ 2.5 GHz
Bluetooth	Protocols	Bluetooth v4.2 BR/EDR and BLE specification
	Radio	NZIF receiver with -97 dBm sensitivity
		Class-1, class-2 and class-3 transmitter
		AFH
Audio	CVSD and SBC	

Categories	Items	Specifications
Hardware	Module interface	SD card, UART, SPI, SDIO, I2C, LED PWM, Motor PWM, I2S, IR
		GPIO, capacitive touch sensor, ADC, DAC
	On-chip sensor	Hall sensor
	On-board clock	40 MHz crystal
	Operating voltage/Power supply	2.7 ~ 3.6V
	Operating current	Average: 80 mA
	Minimum current delivered by power supply	500 mA
	Recommended operating temperature range	-40°C ~ +85°C
Package size	(18±0.2) mm x (25.5±0.2) mm x (3.1±0.15) mm	
Software	Wi-Fi mode	Station/SoftAP/SoftAP+Station/P2P
	Wi-Fi Security	WPA/WPA2/WPA2-Enterprise/WPS
	Encryption	AES/RSA/ECC/SHA
	Firmware upgrade	UART Download / OTA (download and write firmware via network or host)
	Software development	Supports Cloud Server Development / SDK for custom firmware development
	Network protocols	IPv4, IPv6, SSL, TCP/UDP/HTTP/FTP/MQTT
	User configuration	AT instruction set, cloud server, Android/iOS app

## 2.2 Pin Description

ESP32-WROOM-32 has 38 pins. See pin definitions in Table 2.

Table 2: Pin Definitions

Name	No.	Type	Function
GND	1	P	Ground
3V3	2	P	Power supply
EN	3	I	Module-enable signal. Active high.
SENSOR_VP	4	I	GPIO36, ADC1_CH0, RTC_GPIO0
SENSOR_VN	5	I	GPIO39, ADC1_CH3, RTC_GPIO3
IO34	6	I	GPIO34, ADC1_CH6, RTC_GPIO4
IO35	7	I	GPIO35, ADC1_CH7, RTC_GPIO5
IO32	8	I/O	GPIO32, XTAL_32K_P (32.768 kHz crystal oscillator input), ADC1_CH4, TOUCH9, RTC_GPIO9
IO33	9	I/O	GPIO33, XTAL_32K_N (32.768 kHz crystal oscillator output), ADC1_CH5, TOUCH8, RTC_GPIO8

IO25	10	I/O	GPIO25, DAC_1, ADC2_CH8, RTC_GPIO6, EMAC_RXD0
IO26	11	I/O	GPIO26, DAC_2, ADC2_CH9, RTC_GPIO7, EMAC_RXD1
IO27	12	I/O	GPIO27, ADC2_CH7, TOUCH7, RTC_GPIO17, EMAC_RX_DV
IO14	13	I/O	GPIO14, ADC2_CH6, TOUCH6, RTC_GPIO16, MTMS, HSPICLK, HS2_CLK, SD_CLK, EMAC_TXD2
IO12	14	I/O	GPIO12, ADC2_CH5, TOUCH5, RTC_GPIO15, MTDI, HSPIO, HS2_DATA2, SD_DATA2, EMAC_TXD3
GND	15	P	Ground
IO13	16	I/O	GPIO13, ADC2_CH4, TOUCH4, RTC_GPIO14, MTCK, HSPID, HS2_DATA3, SD_DATA3, EMAC_RX_ER
SHD/SD2*	17	I/O	GPIO9, SD_DATA2, SPIHD, HS1_DATA2, U1RXD
SWP/SD3*	18	I/O	GPIO10, SD_DATA3, SPIWP, HS1_DATA3, U1TXD
SCS/CMD*	19	I/O	GPIO11, SD_CMD, SPICS0, HS1_CMD, U1RTS
SCK/CLK*	20	I/O	GPIO6, SD_CLK, SPICLK, HS1_CLK, U1CTS
SDO/SD0*	21	I/O	GPIO7, SD_DATA0, SPIQ, HS1_DATA0, U2RTS
SDI/SD1*	22	I/O	GPIO8, SD_DATA1, SPID, HS1_DATA1, U2CTS
IO15	23	I/O	GPIO15, ADC2_CH3, TOUCH3, MTDO, HSPICS0, RTC_GPIO13, HS2_CMD, SD_CMD, EMAC_RXD3
IO2	24	I/O	GPIO2, ADC2_CH2, TOUCH2, RTC_GPIO12, HSPWP, HS2_DATA0, SD_DATA0
IO0	25	I/O	GPIO0, ADC2_CH1, TOUCH1, RTC_GPIO11, CLK_OUT1, EMAC_TX_CLK
IO4	26	I/O	GPIO4, ADC2_CH0, TOUCH0, RTC_GPIO10, HSPHD, HS2_DATA1, SD_DATA1, EMAC_TX_ER
IO16	27	I/O	GPIO16, HS1_DATA4, U2RXD, EMAC_CLK_OUT
IO17	28	I/O	GPIO17, HS1_DATA5, U2TXD, EMAC_CLK_OUT_180
IO5	29	I/O	GPIO5, VSPICS0, HS1_DATA6, EMAC_RX_CLK
IO18	30	I/O	GPIO18, VSPICLK, HS1_DATA7
IO19	31	I/O	GPIO19, VSPIO, U0CTS, EMAC_TXD0
NC	32	-	-
IO21	33	I/O	GPIO21, VSPHD, EMAC_TX_EN
RXD0	34	I/O	GPIO3, U0RXD, CLK_OUT2
TXD0	35	I/O	GPIO1, U0TXD, CLK_OUT3, EMAC_RXD2



## ANEXO B

En el siguiente anexo se puede observar el datasheet de la Ubiquiti RocketM2 con sus características técnicas.

### DATASHEET UBIQUITI ROCKETM2

## Specifications



RM2-Ti Physical / Electrical / Environmental Information	
Dimensions	160 x 80 x 44 mm (6.30 x 3.15 x 1.73")
Weight	350 g (12.35 oz)
Enclosure Characteristics	Die-Cast Aluminum
Processor	MIPS 74Kc
Memory	128 MB SDRAM, 8 MB Flash
Networking Interface	(1) 10/100/1000 Mbps (1) 10/100 Mbps
RF Connections	(2) RP-SMA (Waterproof)
LEDs	Power, (2) Ethernet, (6) Signal Strength
Max. Power Consumption	6.5W
Power Supply	48V, 0.5A PoE Adapter
Power Method	Passive PoE (Pairs 4, 5+; 7, 8 Return) 802.3af Compliant
ESD/EMP Protection	± 30KV Air / Contact
Operating Temperature	-30 to 75° C (-22 to 167° F)
Operating Humidity	5 to 95% Noncondensing
Shock and Vibration	ETSI300-019-1.4

RM2-Ti Software Information	
Modes	Access Point, Station
Services	Web Server, SNMP, SSH Server, Telnet , Ping Watchdog, DHCP, NAT, Bridging, Routing
Utilities	Antenna Alignment Tool, Discovery Utility, Site Survey, Ping, Traceroute, Speed Test
Distance Adjustment	Dynamic Ack and Ackless Mode
Power Adjustment	Software Adjustable UI or CLI
Security	WPA2 AES Only
QoS	Supports Packet Level Classification WMM and User Customer Level: High/Medium/Low
Statistical Reporting	Up Time, Packet Errors, Data Rates, Wireless Distance, Ethernet Link Rate
Other	Remote Reset Support, Software Enabled/Disabled, VLAN Support, 64QAM, 5/8/10/20/30/40 MHz Channel Width Support
Ubiquiti Specific Features	airMAX Mode, Traffic Shaping with Burst Support, Discovery Protocol, Frequency Band Offset, Ackless Mode

RM2-TI Operating Frequency							
Operating Frequency				2402 - 2462 MHz			
Output Power				28 dBm			
TX Power Specifications				RX Power Specifications			
Modulation	Data Rate	Avg TX	Tolerance	Modulation	Data Rate	Sensitivity	Tolerance
<b>802.11g</b>	1 - 24 Mbps	28 dBm	± 2 dB	<b>802.11g</b>	1 - 24 Mbps	-97 dBm Min.	± 2 dB
	36 Mbps	26 dBm	± 2 dB		36 Mbps	-80 dBm	± 2 dB
	48 Mbps	25 dBm	± 2 dB		48 Mbps	-77 dBm	± 2 dB
	54 Mbps	24 dBm	± 2 dB		54 Mbps	-75 dBm	± 2 dB
<b>802.11n/airMAX</b>	MCS0	28 dBm	± 2 dB	<b>802.11n/airMAX</b>	MCS0	-96 dBm	± 2 dB
	MCS1	28 dBm	± 2 dB		MCS1	-95 dBm	± 2 dB
	MCS2	28 dBm	± 2 dB		MCS2	-92 dBm	± 2 dB
	MCS3	28 dBm	± 2 dB		MCS3	-90 dBm	± 2 dB
	MCS4	27 dBm	± 2 dB		MCS4	-86 dBm	± 2 dB
	MCS5	25 dBm	± 2 dB		MCS5	-83 dBm	± 2 dB
	MCS6	23 dBm	± 2 dB		MCS6	-77 dBm	± 2 dB
	MCS7	22 dBm	± 2 dB		MCS7	-74 dBm	± 2 dB
	MCS8	28 dBm	± 2 dB		MCS8	-95 dBm	± 2 dB
	MCS9	28 dBm	± 2 dB		MCS9	-93 dBm	± 2 dB
	MCS10	28 dBm	± 2 dB		MCS10	-90 dBm	± 2 dB
	MCS11	28 dBm	± 2 dB		MCS11	-87 dBm	± 2 dB
	MCS12	27 dBm	± 2 dB		MCS12	-84 dBm	± 2 dB
	MCS13	25 dBm	± 2 dB		MCS13	-79 dBm	± 2 dB
	MCS14	23 dBm	± 2 dB		MCS14	-78 dBm	± 2 dB
MCS15	22 dBm	± 2 dB	MCS15	-75 dBm	± 2 dB		



## ANEXO C

En el siguiente anexo se puede observar los detalles del diseño con menos prestaciones del nodo de localización.

### DISEÑO CON MENOS PRESTACIONES DEL NODO DE LOCALIZACIÓN

El sistema de un nodo de localización con menos prestaciones, se deja planteado en caso de que los recursos económicos de los ganaderos no sean los suficientes para implementar en su terreno el sistema completo con el envío de coordenadas geográficas, el nodo omite la utilización del SIM808, y permite únicamente el encendido de la alarma sonora. Utiliza el módulo de comunicación ESP32 WROOM, al igual que el en el diseño complejo, el programa comienza con la configuración de los parámetros de identificación dentro de la red, habilita el puerto serial, las entradas de los sensores de seguridad y gestiona la conexión WI-FI. Si se produce exitosamente la conexión a la red, entra en un ciclo repetitivo en el que compara cada 2 segundos el nivel de potencia de la señal recibida desde el AP y envía mensajes al concentrador para indicar que se encuentra activo en la red. Si detecta una variación menor a -93dBm envía un mensaje interno en la red, para alertar al nodo concentrador que está próximo a salir del área de cobertura, si se detecta 0dBm, el proceso del nodo localizador se detiene y el nodo central al no detectar la conexión de un módulo activa la alarma sonora.

Este diseño también cuenta con los sensores de seguridad descritos en el diseño complejo, creando los mismos mensajes de alarma al momento que alguien intente violar la seguridad del mismo.

### Diagrama esquemático del nodo localizador con el diseño sencillo

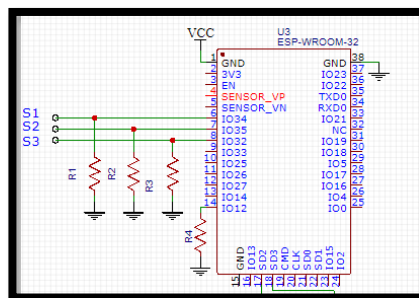


Fig. 48 Diagrama Esquemático del nodo localizador con el segundo diseño  
Elaborado por Investigadora

### Diagrama de flujo del nodo localizador de diseño simple

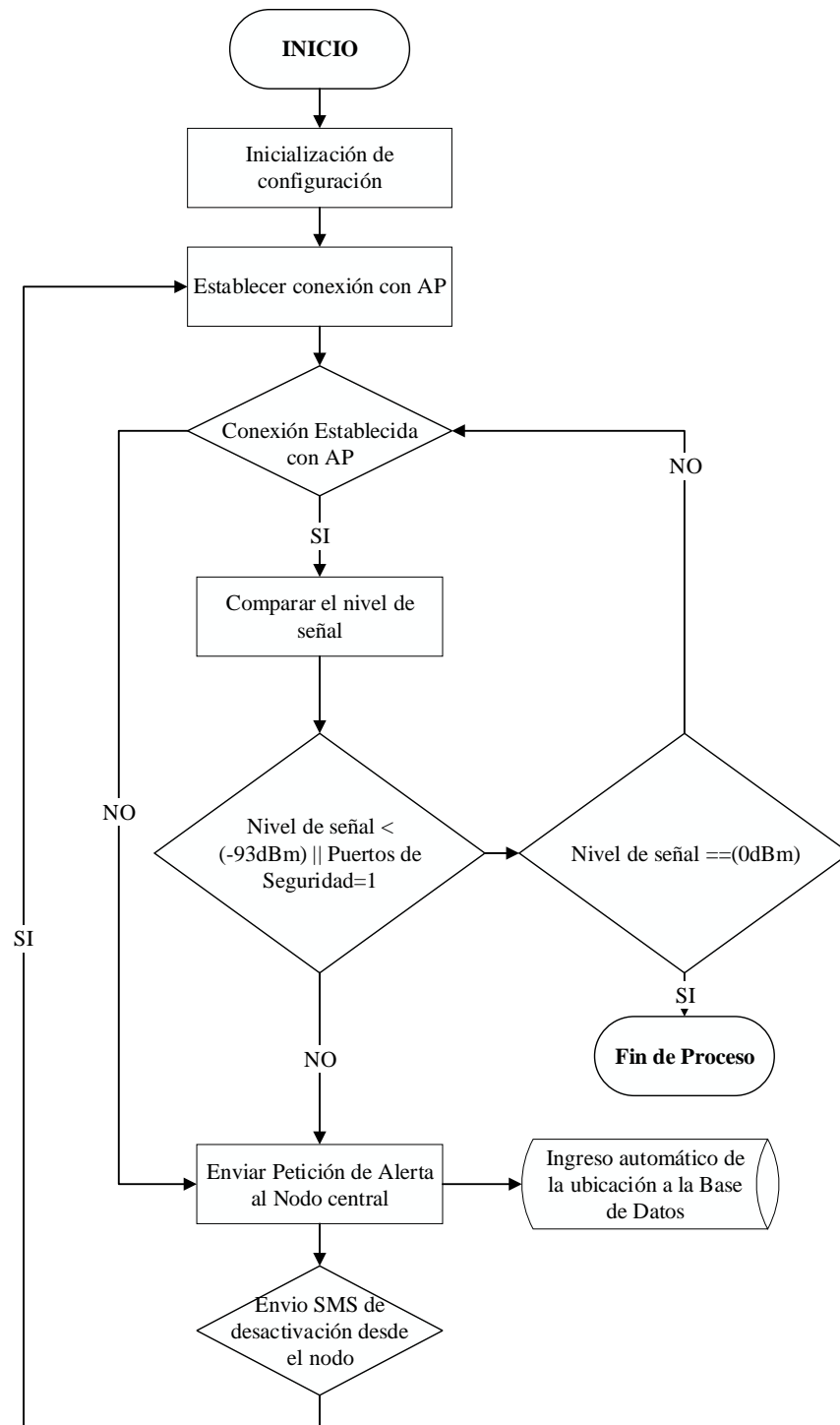


Fig. 49 Diagrama de flujo del Proceso de funcionamiento del Nodo Localizador

Elaborado por Investigadora

## ANEXO D

En el siguiente anexo se puede observar el datasheet del SIM808 con sus características técnicas.

### DATASHEET SIM 808

#### 2 SIM808 Overview

Designed for global market, SIM808 is integrated with a high performance GSM/GPRS engine, a GPS engine and a BT engine. The GSM/GPRS engine is a quad-band GSM/GPRS module that works on frequencies GSM 850MHz, EGSM 900MHz, DCS 1800MHz and PCS 1900MHz. SIM808 features GPRS multi-slot class 12/ class 10 (optional) and supports the GPRS coding schemes CS-1, CS-2, CS-3 and CS-4. The GPS solution offers best-in-class acquisition and tracing sensitivity, Time-To-First-Fix (TTFF) and accuracy.

With a tiny configuration of 24\*24\*2.6mm, SIM808 can meet almost all the space requirements in user applications, such as M2M, smart phone, PDA, tracker and other mobile devices.

SIM808 has 68 SMT pads, and provides all hardware interfaces between the module and customers' boards.

- Support 4\*4\*2 keypads.
- One full modem serial port.
- One USB, the USB interfaces can debug, download software.
- Audio channels which include a microphone input and a receiver output.
- One SIM card interface.
- Charging interface.
- Programmable general purpose input and output.
- Support Bluetooth function.
- Support PWM and ADC.
- PCM/SPI/SD card interface, only one function can be accessed synchronously. (Default function is PCM).

SIM808 is designed with power saving technique so that the current consumption is as low as 1mA in sleep mode (GPS engine is powered down).

SIM808 integrates TCP/IP protocol and extended TCP/IP AT commands which are very useful for data transfer applications. For details about TCP/IP applications, please refer to *document [2]*.

**Table 1: SIM808 GSM/GPRS engine key features**

Feature	Implementation
Power supply	3.4V ~ 4.4V
Power saving	Typical power consumption in sleep mode is 1mA ( BS-PA-MFRMS=9, GPS engine is powered down )
Charging	Supports charging control for Li-Ion battery
Frequency bands	● SIM808 Quad-band: GSM 850, EGSM 900, DCS 1800, PCS 1900. SIM808

GPRS connectivity	<ul style="list-style-type: none"> <li>● GPRS multi-slot class 12 ( default )</li> <li>● GPRS multi-slot class 1~12 (optional)</li> </ul>
Temperature range	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Normal operation: -40℃ ~ +85℃</li> <li>● Storage temperature -45℃~ +90℃</li> </ul>
Data GPRS	<ul style="list-style-type: none"> <li>● GPRS data downlink transfer: max. 85.6 kbps</li> <li>● GPRS data uplink transfer: max. 85.6 kbps</li> <li>● Coding scheme: CS-1, CS-2, CS-3 and CS-4</li> <li>● PAP protocol for PPP connect</li> <li>● Integrate the TCP/IP protocol.</li> <li>● Support Packet Broadcast Control Channel (PBCCH)</li> <li>● CSD transmission rates: 2.4, 4.8, 9.6, 14.4 kbps</li> </ul>
CSD	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Support CSD transmission</li> </ul>
USSD	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Unstructured Supplementary Services Data (USSD) support</li> </ul>
SMS	<ul style="list-style-type: none"> <li>● MT, MO, CB, Text and PDU mode</li> <li>● SMS storage: SIM card</li> </ul>
SIM interface	Support SIM card: 1.8V, 3V
External antenna	Antenna pad
Audio features	<p>Speech codec modes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Half Rate (ETS 06.20)</li> <li>● Full Rate (ETS 06.10)</li> <li>● Enhanced Full Rate (ETS 06.50 / 06.60 / 06.80)</li> <li>● Adaptive multi rate (AMR)</li> <li>● Echo Cancellation</li> <li>● Noise Suppression</li> </ul>
Serial port and USB interface	<p><b>Serial port:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Full modem interface with status and control lines, unbalanced, asynchronous.</li> <li>● 1200bps to 115200bps.</li> <li>● Can be used for AT commands or data stream.</li> <li>● Support RTS/CTS hardware handshake and software ON/OFF flow control.</li> <li>● Multiplex ability according to GSM 07.10 Multiplexer Protocol.</li> <li>● Autobauding supports baud rate from 1200 bps to 115200bps.</li> </ul> <p><b>USB interface:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Can be used as debugging and firmware upgrading.</li> </ul>

**Table 2: GPS engine Performance**

Parameter	Description	Performance			
		Min	Type	Max	Unit
Horizontal Position Accuracy(1)	Autonomous		<2.5		m
Velocity Accuracy(2)	Without Aid		0.1		m/s
	DGPS		0.05		m/s
Acceleration Accuracy	Without Aid		0.1		m/s <sup>2</sup>
	DGPS		0.05		m/s <sup>2</sup>
Timing Accuracy			10		nS
Dynamic Performance	Maximum Altitude			18000	m
	Maximum Velocity			515	m/s
	Maximum Acceleration			4	G
Time To First Fix <sup>(3)</sup>	Hot start		1		s
	Warm start		28		s
	Cold start		30		s
Sensitivity	Autonomous acquisition(cold start)		-147		dBm
	Re-acquisition		-159		dBm
	Tracking		-165		dBm
Receiver	Channels		22/66		
	Update rate			5	Hz
	Tracking L1, CA Code				
	Protocol support NMEA				
Power consumption <sup>(4)</sup>	Acquisition		42		mA
	Continuous tracking		24		mA

**Table 3: Coding schemes and maximum net data rates over air interface**

Coding scheme	1 timeslot	2 timeslot	4 timeslot
CS-1	9.05kbps	18.1kbps	36.2kbps
CS-2	13.4kbps	26.8kbps	53.6kbps
CS-3	15.6kbps	31.2kbps	62.4kbps
CS-4	21.4kbps	42.8kbps	85.6kbps



## 2.2 Operating Modes

The table below summarizes the various operating modes of SIM808.

**Table 4: Overview of operating modes**

Mode	Function	
Normal operation	GSM/GPRS SLEEP	Module will automatically go into sleep mode if the conditions of sleep mode are enabling and there is no on air and no hardware interrupt (such as GPIO interrupt or data on serial port). In this case, the current consumption of module will reduce to the minimal level. In sleep mode, the module can still receive paging message and SMS.
	GSM IDLE	Software is active. Module registered to the GSM network, and the module is ready to communicate.
	GSM TALK	Connection between two subscribers is in progress. In this case, the power consumption depends on network settings such as DTX off/on, FR/EFR/HR, hopping sequences, antenna.
	GPRS STANDBY	Module is ready for GPRS data transfer, but no data is currently sent or received. In this case, power consumption depends on network settings and GPRS configuration.
	GPRS DATA	There is GPRS data transfer (PPP or TCP or UDP) in progress. In this case, power consumption is related with network settings (e.g. power control level); uplink/downlink data rates and GPRS configuration (e.g. used multi-slot settings).
	Charge	The mode support charge function (Default is not support).
Power down	Normal power down by sending the AT command "AT+CPOWD=1" or using the PWRKEY. The power management unit shuts down the power supply for the baseband part of the module, and only the power supply for the RTC is remained. Software is not active. The serial port is not accessible. Power supply (connected to VBAT) remains applied.	
Minimum functionality mode	AT command "AT+CFUN" can be used to set the module to a minimum functionality mode without removing the power supply. In this mode, the RF part of the module will not work or the SIM card will not be accessible, or both RF part and SIM card will be closed, and the serial port is still accessible. The power consumption in this mode is lower than normal mode.	



## ANEXO E

En el siguiente anexo se puede observar la programación correspondiente al nodo localizador propuesto en el sistema de monitorización y control de ganado vacuno por medio de tecnología inalámbrica para prevención de abigeato.

### PROGRAMACIÓN DEL NODO LOCALIZADOR

```
#INCLUDE <WIFI.H>
#include </HOME/HOMER/ESP32/ESP-IDF/COMPONENTS/ESP32/INCLUDE/ESP_WIFI.H>
#include </HOME/HOMER/ESP32/ESP-IDF/COMPONENTS/NVS_FLASH/INCLUDE/NVS_FLASH.H>
#include </HOME/HOMER/ESP32/ESP-IDF/COMPONENTS/FREERTOS/INCLUDE/FREERTOS/FREERTOS.H
>
#include </HOME/HOMER/ESP32/ESP-IDF/COMPONENTS/ESP32/INCLUDE/ESP_SYSTEM.H>
#include </HOME/HOMER/ESP32/ESP-IDF/COMPONENTS/ESP32/INCLUDE/ESP_EVENT.H>
#include </HOME/HOMER/ESP32/ESP-IDF/COMPONENTS/ESP32/INCLUDE/ESP_EVENT_LOOP.H>
#include </HOME/HOMER/ESP32/ESP-IDF/COMPONENTS/TCPIP_ADAPTER/INCLUDE/TCPIP_ADAPTER.H>
#include <TICKER.H>
#include <HARDWARESERIAL.H>
#define SENSOR1 12
#define SENSOR2 19
#define SENSOR3 35
#define SENSOR4 27
#define PINGSM 5
#define BATERIA 25
#define BREFERENCIA 3.7
#define IDMODULE "VACUNO #30"

TICKER RELOJ, ALERTATIME, ALBAT;
HARDWARESERIAL GSM(1); // RX, TX PINES 17 16
CHAR NUMERO_CELL[]="0960507128";

ESP_ERR_T EVENT_HANDLER(VOID *CTX, SYSTEM_EVENT_T *EVENT)
{
  IF (EVENT->EVENT_ID == SYSTEM_EVENT_STA_GOT_IP) {
    PRINTF("OUR IP ADDRESS IS " IPSTR "\n",
    IP2STR(&EVENT->EVENT_INFO.GOT_IP.IP_INFO.IP));
    PRINTF("WE HAVE NOW CONNECTED TO A STATION AND CAN DO THINGS...\n");
  }
  RETURN ESP_OK;
}

VOID SETUP() {
  PINMODE(LED_BUILTIN, OUTPUT); // SET THE LED PIN MODE
  DIGITALWRITE(LED_BUILTIN, HIGH);
  PINMODE(SENSOR1, INPUT);
  PINMODE(SENSOR2, INPUT);
  PINMODE(SENSOR3, INPUT);
  PINMODE(PINGSM, OUTPUT);
  DIGITALWRITE(PINGSM, HIGH);

  NVS_FLASH_INIT();
  TCPIP_ADAPTER_INIT();
  ESP_ERROR_CHECK( ESP_EVENT_LOOP_INIT(EVENT_HANDLER, NULL) );
  WIFI_INIT_CONFIG_T CFG = WIFI_INIT_CONFIG_DEFAULT();
  ESP_WIFI_INIT(&CFG);
  ESP_WIFI_SET_STORAGE(WIFI_STORAGE_RAM);
  ESP_WIFI_SET_MODE(WIFI_MODE_STA);
}
```

```

WIFI_CONFIG_T STA_CONFIG = {.STA = {"ESP32", ""}};
//WIFI_CONFIG_T STA_CONFIG = {.STA = {"LAB2018", "2018LABORATORIOS@**"}};
ESP_WIFI_SET_CONFIG(WIFI_IF_STA, &STA_CONFIG);
ESP_WIFI_SET_PROTOCOL(WIFI_IF_STA, WIFI_PROTOCOL_LR);
//ESP_WIFI_SET_PROTOCOL(WIFI_IF_STA, WIFI_PROTOCOL_IIB);
ESP_WIFI_START();
ESP_WIFI_CONNECT();

DIGITALWRITE(LED_BUILTIN, LOW);
SERIAL.BEGIN(115200);
SERIAL.PRINTLN("SISTEMA LISTO");
SERIAL.PRINTLN(WIFI.LOCALIP());
  GSM.BEGIN(9600, SERIAL_8N1, 16, 17);
  RELOJ.ATTACH_MS(100, LEERRSSI);
}

VOID ENCENDERGPS(){
  BYTE LEER=0;
  GSM.PRINTLN("AT+CGSPWR=1");
  WHILE (!GSM.AVAILABLE()){}
  SERIAL.PRINTLN("SISTEMA GPS ON");
  DELAY(1000);
  SERIAL.PRINTLN("SISTEMA GPS ON");
  DELAY(1000);
  SERIAL.PRINTLN("SISTEMA GPS ON");
  DELAY(1000);
  SERIAL.PRINTLN("SISTEMA GPS ON");
  DELAY(1000);
  SERIAL.PRINTLN("SISTEMA GPS ON");
  DELAY(1000);
  WHILE (LEER<2){
    IF (GSM.AVAILABLE()){
      CHAR C=GSM.READ();
      IF (C=='\N'){
        LEER++;
      }
    }
  }
}

VOID LOOP() {
  IF (SERIAL.AVAILABLE()){
    CHAR C=SERIAL.READ();

    IF(SENSOR1==0 || SENSOR2==0 || SENSOR3==0 || SENSOR4==0){
      ACTIVARALERTA();
    }ELSE{
      DESACTIVARALERTA();
    }
  }
}

////////////////////////////////////SECCION GPS////////////////////////////////////
////////////////////////////////////

VOID MENSAJE_MODULO_GSM(String LATI,String LONGI)
{
  BYTE LEER=0;

```

```

GSM.PRINTLN("AT+CMGF=1");//MODO TEXTO
WHILE (!GSM.AVAILABLE()){
  WHILE (LEER<2){
    IF (GSM.AVAILABLE()){
      CHAR C=GSM.READ();
      IF (C=='\N'){
        LEER++;
      }
    }
  }
  LEER=0;
  GSM.PRINT("AT+CMGS=");// COMANDO DE ENVIO DE MENSAJE A UN NUMERO DETERMINADO
  GSM.PRINT((CHAR)34);//PONEMOS LAS COMILLAS ", PARA QUE LO TOMA DEBE SER CHAR DE LO
CONTRARIO EL SERIAL ENVIA CARACTER POR CARACTER
  GSM.PRINT(NUMERO_CELL);//COLOCAMOS NUMERO DE TELEFONO
  GSM.PRINTLN((CHAR)34);//VOLVEMOS A PONER EL CARACTER "
  WHILE (!GSM.AVAILABLE()){
    WHILE (LEER<1){
      IF (GSM.AVAILABLE()){
        CHAR C=GSM.READ();
        IF (C=='>'){
          LEER++;
        }
      }
    }
  }
  LEER=0;
  GSM.PRINT("LAT= ");
  GSM.PRINT(LATI);
  GSM.PRINT("LON= ");
  GSM.PRINT(LONGI);
  GSM.PRINT((CHAR)26);//PONEMOS EL SIMBOLO ASCII 26,QUE CORRESPONDE A CTRL+Z,CON LO
QUE EL MODULO SABE QUE EL SMS TERMINO

  SERIAL.PRINTLN("MENSAJE ENVIADO...!!");

  WHILE (!GSM.AVAILABLE()){
    WHILE (LEER<4){
      IF (GSM.AVAILABLE()){
        CHAR C=GSM.READ();
        SERIAL.PRINT(C);
        IF (C=='\N'){
          LEER++;
        }
      }
    }
  }
}
}

```

```

VOID GETGPSLOCATION(){

  STRING UBICACION, LATITUD, LONGITUD;
  BYTE EMPEZAR=0, LEER=0, NUM=0;
  GSM.PRINTLN("AT+CGPSINF=4");
  WHILE (!GSM.AVAILABLE()){
    WHILE (LEER<4){
      IF (GSM.AVAILABLE()){
        CHAR C=GSM.READ();

        IF (C=='\N'){
          LEER++;
        }
      }

      IF (LEER==1){

```

```

IF(C=='W')
EMPEZAR=99;

IF(EMPEZAR>128&&EMPEZAR<100){
  UBICACION+=C;
  IF (C==' '){
    NUM++;
  }ELSE IF (NUM==0){
    LATITUD+=C;
  }ELSE IF (NUM==2){
    LONGITUD+=C;
  }
}
EMPEZAR++;
}
}
}

SERIAL.PRINTLN(UBICACION);
SERIAL.PRINT("LATITUD:");
SERIAL.PRINTLN(LATITUD);
SERIAL.PRINT("LONGITUD:");
SERIAL.PRINTLN(LONGITUD);
MENSAJE_MODULO_GSM(LATITUD, LONGITUD);
}

```

```

VOID APAGARGPS(){
  BYTE LEER=0;
  GSM.PRINTLN("AT+CGPSPWR=0");
  WHILE (!GSM.AVAILABLE()){
    SERIAL.PRINTLN("SISTEMA GPS OFF");
    WHILE (LEER<2){
      IF (GSM.AVAILABLE()){
        CHAR C=GSM.READ();
        IF (C=='\n'){
          LEER++;
        }
      }
    }
  }
}

```

```

//////////////////////////////////////SECCION WIFI//////////////////////////////////////
//////////////////////////////////////
BYTE NMUESTRA=0;
INT RSSI;
BOOL ENCENDER=0, ATACHBAT=0, ATACHALERT=0;
VOID LEERRSSI(){

  IF (NMUESTRA<20){
    RSSI=RSSI + WiFi.RSSI();
    NMUESTRA++;
  }ELSE{
    RSSI=RSSI/20;
    SERIAL.PRINT("RSSI CON FILTRO: ");
    SERIAL.PRINTLN(RSSI);
    SERIAL.PRINT("                ");
    SERIAL.PRINTLN(WiFi.LOCALIP());

    IF (RSSI < -60 || RSSI ==0)
    {

```

```

    ACTIVARALERTA();
    DIGITALWRITE(LED_BUILTIN, !DIGITALREAD(LED_BUILTIN));
}ELSE{
    DESACTIVARALERTA();
}

NMUESTRA=0;
RSSI=0;
}

/*
INT ANALOG=ANALOGREAD(BATERIA);
FLOAT VBAT=ANALOG*4095/3.3;

IF(VBAT<BREFERENCIA){
    ////////////////////////////////////GENERAR ALERTA DE BATERÍA
    BAJA////////////////////////////////
    ALERTABATERIAON();
}ELSE{
    ALERTABATERIAOFF();
}
*/
}

////////////////////////////////ALERTAS DE BATERÍA////////////////////////////////
////////////////////////////////

VOID ALERTABATERIAON(){
    IF(ENCENDER==0){
        SERIAL.PRINTLN("PRENDIENDO MODULO...");
        PRENDERMODULO808(); //LLEVA LA VARIABLE ENCENDER A 1
        SERIAL.PRINTLN("MODULO ENCENDIDO");
        GETGPSLOCATION();
        ENCENDER=1;
    }

    IF (ATACHBAT==0){
        SERIAL.PRINTLN("SISTEMAOK");
        ALBAT.ATTACH(40, MENSAJEBATLOW);
        SERIAL.PRINTLN("ALERTA GENERADA");
        ATACHBAT=1;
    }

}

VOID MENSAJEBATLOW(){
    MENSAJE_MODULE_GSM("BATERÍA BAJA MOD:", IDMODULE);
}

VOID ALERTABATERIAOFF(){
    IF(ATACHBAT==1){
        ALBAT.DETACH();
        ATACHBAT=0;
    }

    IF (ENCENDER == 1){
        APAGARMODULO808();
        ENCENDER=0;
    }
}

VOID ACTIVARALERTA(){
    SERIAL.PRINTLN("FUNCION ACTIVARALERTA()");
}

```

```

IF(ENCENDER==0){
  SERIAL.PRINTLN("PRENDIENDO MODULO...");
  PRENDERMODULO808(); //LLEVA LA VARIABLE ENCENDER A 1
  SERIAL.PRINTLN("MODULO ENCENDIDO");
  GETGPSLOCATION();
  ENCENDER=1;
}

IF (ATACHALERT==0){
  SERIAL.PRINTLN("SISTEMAOK");
  ALERTATIME.ATTACH(30, GETGPSLOCATION);
  SERIAL.PRINTLN("ALERTA GENERADA");
  ATACHALERT=1;
}
}

VOID DESACTIVARALERTA(){
  IF(ATACHALERT==1){
    ALERTATIME.DETACH();
    ENCENDER=0;
  }

  IF (ENCENDER==1){
    APAGARMODULO808();
    ATACHALERT=0;
  }
}

VOID PRENDERMODULO808(){
  DIGITALWRITE(PINGSM, LOW);
  SERIAL.PRINTLN("PRENDIENDO GPS");
  DELAY(2000);
  SERIAL.PRINTLN("GPS ENCENDIDO!!");
  DIGITALWRITE(PINGSM, HIGH);
  DELAY(2000);
  DELAY(2000);
  DELAY(2000);
  DELAY(2000);
  ENCENDERGPS();
}

VOID APAGARMODULO808(){
  DIGITALWRITE(LED_BUILTIN, LOW);
  APAGARGPS();
  DIGITALWRITE(PINGSM, LOW);
  SERIAL.PRINTLN("APAGANDO GPS");
  DELAY(2000);
  SERIAL.PRINTLN("APAGANDO GPS");
  DELAY(2000);
  SERIAL.PRINTLN("APAGANDO GPS");
  DELAY(2000);
  SERIAL.PRINTLN("APAGANDO GPS");
  DELAY(2000);
  SERIAL.PRINTLN("APAGANDO GPS");
  DELAY(2000);
  SERIAL.PRINTLN("GPS ENCENDIDO!!");
  DIGITALWRITE(PINGSM, HIGH);
}

```

## ANEXO F

En el siguiente anexo se puede observar el diseño PCB de la placa electrónica del nodo de localización y el de nodo central.

### DISEÑO PCB DE LA PLACA ELECTRÓNICA DEL NODO DE LOCALIZACIÓN

El bloque S\_IN muestra los puertos para la conexión de los sensores, S\_OUT sirve para la conexión de la salida de los sensores, J1 es el puerto para la conexión de la alimentación del nodo, U1 es el lugar donde se coloca el módulo ESP32.

El tamaño de la placa es de 80.010 mm de ancho y de 54.610 mm de largo.

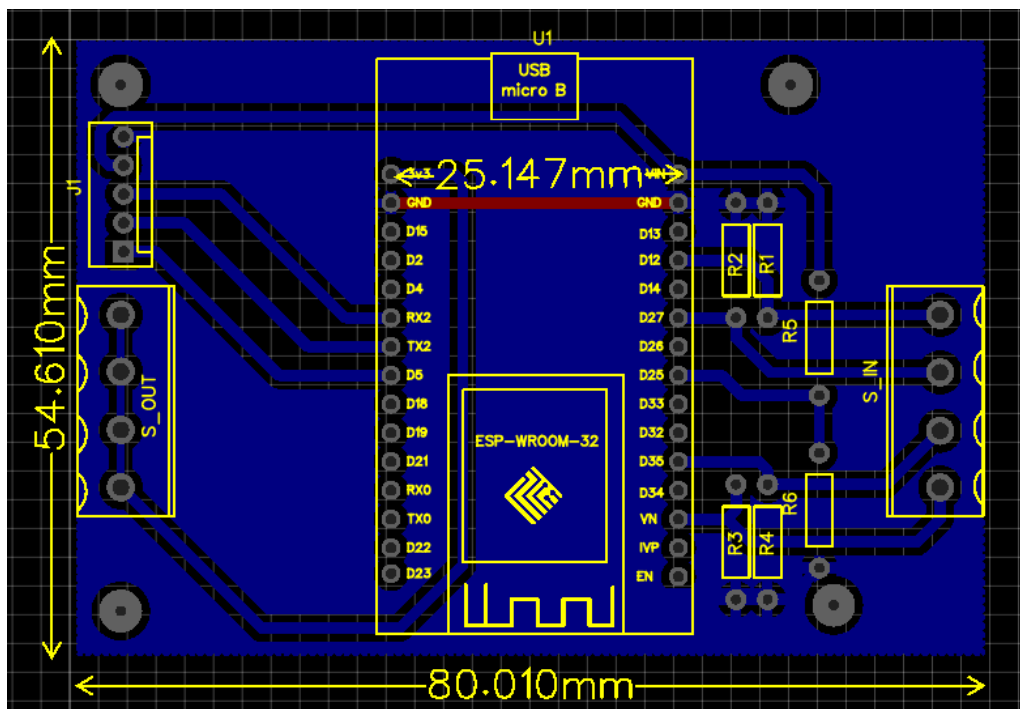


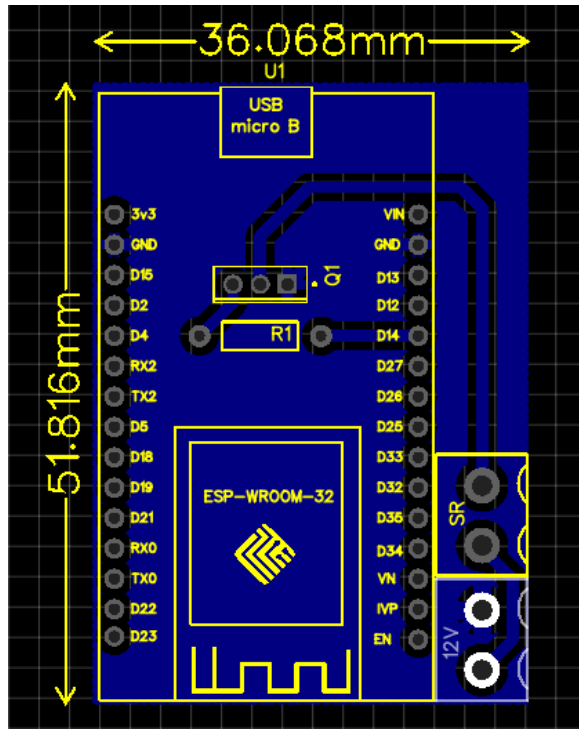
Fig. 50 Diseño de la Placa del nodo localizador

Elaborado por la Investigadora

### DISEÑO PCB DE LA PLACA ELECTRÓNICA NODO CENTRAL

El bloque SR es el puerto de conexión para la activación de la sirena, el puerto 12V es para la alimentación del nodo, y U1 es el lugar donde se coloca el módulo ESP32.

El tamaño de la placa es de 36.068 mm de ancho y de 51.816 mm de largo.



*Fig. 51 Diseño de la Placa del nodo central*

*Elaborado por la Investigadora*



## ANEXO G

En el siguiente anexo se puede observar la programación correspondiente a la unidad de control y monitoreo propuesto en el sistema de monitorización y control de ganado vacuno por medio de tecnología inalámbrica para prevención de abigeato.

### PROGRAMACIÓN DE LA UNIDAD DE CONTROL Y MONITOREO

```
#INCLUDE <WIFI.H>
#include </HOME/HOMER/ESP32/ESP-IDF/COMPONENTS/ESP32/INCLUDE/ESP_WIFI.H>
#include </HOME/HOMER/ESP32/ESP-IDF/COMPONENTS/NVS_FLASH/INCLUDE/NVS_FLASH.H>
#include </HOME/HOMER/ESP32/ESP-IDF/COMPONENTS/FREERTOS/INCLUDE/FREERTOS/FREERTOS.H
>
#include </HOME/HOMER/ESP32/ESP-IDF/COMPONENTS/ESP32/INCLUDE/ESP_SYSTEM.H>
#include </HOME/HOMER/ESP32/ESP-IDF/COMPONENTS/ESP32/INCLUDE/ESP_EVENT.H>
#include </HOME/HOMER/ESP32/ESP-IDF/COMPONENTS/ESP32/INCLUDE/ESP_EVENT_LOOP.H>
#include </HOME/HOMER/ESP32/ESP-IDF/COMPONENTS/TCPIP_ADAPTER/INCLUDE/TCPIP_ADAPTER.H>

#include <TICKER.H>
#include <HARDWARESERIAL.H>

TICKER RELOJ;
HARDWARESERIAL GSM(1); // RX, TX PINES 17 16

ESP_ERR_T EVENT_HANDLER(VOID *CTX, SYSTEM_EVENT_T *EVENT)
{
  IF (EVENT->EVENT_ID == SYSTEM_EVENT_STA_GOT_IP) {
    PRINTF("OUR IP ADDRESS IS " IPSTR "\n",
    IP2STR(&EVENT->EVENT_INFO.GOT_IP.IP_INFO.IP));
    PRINTF("WE HAVE NOW CONNECTED TO A STATION AND CAN DO THINGS...\n");
  }
  RETURN ESP_OK;
}

VOID SETUP() {
  PINMODE(LED_BUILTIN, OUTPUT); // SET THE LED PIN MODE
  DIGITALWRITE(LED_BUILTIN, HIGH);

  NVS_FLASH_INIT();
  TCPIP_ADAPTER_INIT();
  ESP_ERROR_CHECK( ESP_EVENT_LOOP_INIT(EVENT_HANDLER, NULL) );
  WIFI_INIT_CONFIG_T CFG = WIFI_INIT_CONFIG_DEFAULT();
  ESP_WIFI_INIT(&CFG);
  ESP_WIFI_SET_STORAGE(WIFI_STORAGE_RAM);
  ESP_WIFI_SET_MODE(WIFI_MODE_STA);

  WIFI_CONFIG_T STA_CONFIG = {.STA = {"ESP32", ""}};
  //WIFI_CONFIG_T STA_CONFIG = {.STA = {"LAB2018", "2018LABORATORIOS@**"}};
  ESP_WIFI_SET_CONFIG(WIFI_IF_STA, &STA_CONFIG);
  ESP_WIFI_SET_PROTOCOL(WIFI_IF_STA, WIFI_PROTOCOL_LR);
  //ESP_WIFI_SET_PROTOCOL(WIFI_IF_STA, WIFI_PROTOCOL_IIB);
  ESP_WIFI_START();
  ESP_WIFI_CONNECT();

  DIGITALWRITE(LED_BUILTIN, LOW);
  SERIAL.BEGIN(115200);
}
```

```

SERIAL.PRINTLN("NODO CENTRAL");
SERIAL.PRINTLN(WIFI.LOCALIP());
  GSM.BEGIN(9600, SERIAL_8NI, 16, 17);
  RELOJ.ATTACH(3, REVISARCONEXIONES);
}

CONST CHAR* HOST = "192.168.4.2";
VOID REVISARCONEXIONES()
{
  SERIAL.PRINT("CONNECTING TO ");
  SERIAL.PRINTLN(HOST);

  // USE WIFIClient CLASS TO CREATE TCP CONNECTIONS
  WIFIClient CLIENT;
  CONST INT HTTPPORT = 80;
  IF (!CLIENT.CONNECT(HOST, HTTPPORT)) {
    SERIAL.PRINTLN("CONNECTION FAILED");
    RETURN;
  }

  // WE NOW CREATE A URI FOR THE REQUEST
  STRING URL = "/H";

  SERIAL.PRINT("REQUESTING URL: ");
  SERIAL.PRINTLN(URL);

  // THIS WILL SEND THE REQUEST TO THE SERVER
  CLIENT.PRINT(STRING("GET ") + URL + " HTTP/1.1\r\n" +
    "HOST: " + HOST + "\r\n" +
    "CONNECTION: CLOSE\r\n\r\n");
  UNSIGNED LONG TIMEOUT = MILLIS();
  WHILE (CLIENT.AVAILABLE() == 0) {
    IF (MILLIS() - TIMEOUT > 5000) {
      SERIAL.PRINTLN(">>> CLIENT TIMEOUT !");
      CLIENT.STOP();
      RETURN;
    }
  }

  // READ ALL THE LINES OF THE REPLY FROM SERVER AND PRINT THEM TO SERIAL
  WHILE(CLIENT.AVAILABLE()) {
    STRING LINE = CLIENT.READSTRINGUNTIL('\n');
    SERIAL.PRINT(LINE);
  }

  SERIAL.PRINTLN();
  SERIAL.PRINTLN("CLOSING CONNECTION");
}
VOID LOOP(){ }

```

## ANEXO H

En el siguiente anexo se puede observar el datasheet de la Raspberry PI3, con sus características técnicas.

### RASPBERRY



The Raspberry Pi 3 Model B+ is the latest product in the Raspberry Pi 3 range, boasting a 64-bit quad core processor running at 1.4GHz, dual-band 2.4GHz and 5GHz wireless LAN, Bluetooth 4.2/BLE, faster Ethernet, and PoE capability via a separate PoE HAT

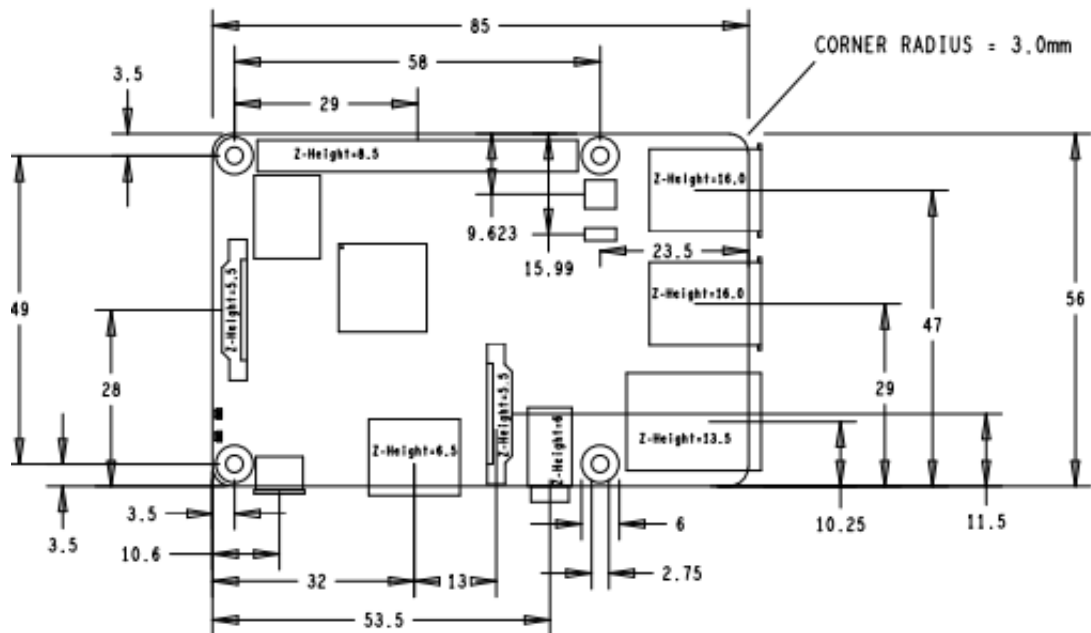
The dual-band wireless LAN comes with modular compliance certification, allowing the board to be designed into end products with significantly reduced wireless LAN compliance testing, improving both cost and time to market.

The Raspberry Pi 3 Model B+ maintains the same mechanical footprint as both the Raspberry Pi 2 Model B and the Raspberry Pi 3 Model B.

## Specifications

<b>Processor:</b>	Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 64-bit SoC @ 1.4GHz
<b>Memory:</b>	1GB LPDDR2 SDRAM
<b>Connectivity:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>■ 2.4GHz and 5GHz IEEE 802.11.b/g/n/ac wireless LAN, Bluetooth 4.2, BLE</li><li>■ Gigabit Ethernet over USB 2.0 (maximum throughput 300 Mbps)</li><li>■ 4 × USB 2.0 ports</li></ul>
<b>Access:</b>	Extended 40-pin GPIO header
<b>Video &amp; sound:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>■ 1 × full size HDMI</li><li>■ MIPI DSI display port</li><li>■ MIPI CSI camera port</li><li>■ 4 pole stereo output and composite video port</li></ul>
<b>Multimedia:</b>	H.264, MPEG-4 decode (1080p30); H.264 encode (1080p30); OpenGL ES 1.1, 2.0 graphics
<b>SD card support:</b>	Micro SD format for loading operating system and data storage
<b>Input power:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>■ 5V/2.5A DC via micro USB connector</li><li>■ 5V DC via GPIO header</li><li>■ Power over Ethernet (PoE)–enabled (requires separate PoE HAT)</li></ul>
<b>Environment:</b>	Operating temperature, 0–50°C
<b>Compliance:</b>	For a full list of local and regional product approvals, please visit <a href="http://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b+">www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b+</a>
<b>Production lifetime:</b>	The Raspberry Pi 3 Model B+ will remain in production until at least January 2023.

## Physical specifications



### Warnings

- This product should only be connected to an external power supply rated at 5V/2.5A DC. Any external power supply used with the Raspberry Pi 3 Model B+ shall comply with relevant regulations and standards applicable in the country of intended use.
- This product should be operated in a well-ventilated environment and, if used inside a case, the case should not be covered.
- Whilst in use, this product should be placed on a stable, flat, non-conductive surface and should not be contacted by conductive items.
- The connection of incompatible devices to the GPIO connection may affect compliance, result in damage to the unit, and invalidate the warranty.
- All peripherals used with this product should comply with relevant standards for the country of use and be marked accordingly to ensure that safety and performance requirements are met. These articles include but are not limited to keyboards, monitors, and mice when used in conjunction with the Raspberry Pi.
- The cables and connectors of all peripherals used with this product must have adequate insulation so that relevant safety requirements are met.

## ANEXO I

En el siguiente anexo se puede observar la programación correspondiente a los archivos de la página web del sistema de monitorización y control de ganado vacuno por medio de tecnología inalámbrica para prevención de abigeato.

### PROGRAMACIÓN DE LOS ARCHIVOS DE LA PÁGINA WEB

```
<!DOCTYPE HTML>
<HTML>
<HEAD>
  <META CHARSET="UTF-8">
  <META HTTP-EQUIV="X-UA-COMPATIBLE" CONTENT="IE=EDGE">
  <TITLE>ADMINLTE 2 | LOG IN</TITLE>
  <!-- TELL THE BROWSER TO BE RESPONSIVE TO SCREEN WIDTH -->
  <META CONTENT="WIDTH=DEVICE-WIDTH, INITIAL-SCALE=1, MAXIMUM-SCALE=1, USE
R-SCALABLE=NO" NAME="VIEWPORT">
  <!-- BOOTSTRAP 3.3.7 -->
  <LINK REL="STYLESHEET" HREF="BOWER_COMPONENTS/BOOTSTRAP/DIST/CSS/BOOT
STRAP.MIN.CSS">
  <!-- FONT AWESOME -->
  <LINK REL="STYLESHEET" HREF="BOWER_COMPONENTS/FONT-AWESOME/CSS/FONT-
AWESOME.MIN.CSS">
  <!-- IONICONS -->
  <LINK REL="STYLESHEET" HREF="BOWER_COMPONENTS/IONICONS/CSS/IONICONS.MIN
.CSS">
  <!-- THEME STYLE -->
  <LINK REL="STYLESHEET" HREF="DIST/CSS/ADMINLTE.MIN.CSS">
  <!-- ICHECK -->
  <LINK REL="STYLESHEET" HREF="PLUGINS/ICHECK/SQUARE/BLUE.CSS">
  <LINK REL="STYLESHEET" HREF="HTTPS://FONTS.GOOGLEAPIS.COM/CSS?FAMILY=So
URCE+SANS+PRO:300,400,600,700,300ITALIC,400ITALIC,600ITALIC">
</HEAD>

<BODY CLASS="HOLD-TRANSITION LOGIN-PAGE">
<DIV CLASS="LOGIN-BOX">
  <DIV CLASS="LOGIN-LOGO">
    <A HREF="INDEX2.HTML"><B>ADMIN</B>GANADO</A>
  </DIV>
  <!-- /.LOGIN-LOGO -->
  <DIV CLASS="LOGIN-BOX-BODY">
    <P CLASS="LOGIN-BOX-MSG">INICIAR SESIÓN PARA CONTINUAR</P>

    <FORM ACTION="CONECTARBASE.PHP" METHOD="POST">
      <DIV CLASS="FORM-GROUP HAS-FEEDBACK">
        <INPUT TYPE="" CLASS="FORM-CONTROL" PLACEHOLDER="USUARIO" NAME="US
UARIO">
        <SPAN CLASS="GLYPHICON GLYPHICON-ENVELOPE FORM-CONTROL-FEEDBACK"
></SPAN>
      </DIV>
    </FORM>
  </DIV>
</BODY>
```

```

        <DIV CLASS="FORM-GROUP HAS-FEEDBACK">
            <INPUT TYPE="PASSWORD" CLASS="FORM-CONTROL" PLACEHOLDER="PASSWOR
D" NAME="PSW">
                <SPAN CLASS="GLYPHICON GLYPHICON-LOCK FORM-CONTROL-FEEDBACK"></S
PAN>
            </DIV>>
            <!-- /.COL -->
            <DIV CLASS="COL-XS-4">
                <BUTTON TYPE="SUBMIT" CLASS="BTN BTN-PRIMARY BTN-BLOCK BTN-FLAT"
>CONECTAR</BUTTON>
            </DIV>
            <!-- /.COL -->
        </DIV>
    </DIV>
    <!-- /.LOGIN-BOX-BODY -->
</DIV>
<!-- /.LOGIN-BOX -->

<!-- JQUERY 3 -->
<SCRIPT SRC="BOWER_COMPONENTS/JQUERY/DIST/JQUERY.MIN.JS"></SCRIPT>
<!-- BOOTSTRAP 3.3.7 -->
<SCRIPT SRC="BOWER_COMPONENTS/BOOTSTRAP/DIST/JS/BOOTSTRAP.MIN.JS"></SCRI
PT>
<!-- ICHECK -->
<SCRIPT SRC="PLUGINS/ICHECK/ICHECK.MIN.JS"></SCRIPT>
<SCRIPT>
    $(FUNCTION () {
        $('INPUT').ICHECK({
            CHECKBOXCLASS: 'ICHECKBOX_SQUARE-BLUE',
            RADIOCLASS: 'IRADIO_SQUARE-BLUE',
            INCREASEAREA: '20%' /* OPTIONAL */
        });
    });
</SCRIPT>
</BODY>
</HTML>

```

### **conectarBase.php**

```

<?PHP

SESSION_START();

IF(!ISSET($_SESSION['USUARIO'])) {
    $_SESSION['USUARIO']=$_POST["USUARIO"];
    $_SESSION['CLAVE']=$_POST["PSW"];
}

```

```
$CONEXION=MYSQLI_CONNECT("LOCALHOST", $_SESSION['USUARIO'], $_SESSION['CLAVE'], "CONTROLGANADO")OR DIE (HEADER('LOCATION: LOGIN.PHP' ));
```

```
?>
```

```
<!DOCTYPE HTML>
```

```
<HTML>
```

```
<HEAD>
```

```
<META CHARSET="UTF-8">
```

```
<META HTTP-EQUIV="X-UA-COMPATIBLE" CONTENT="IE=EDGE">
```

```
<TITLE>ADMINISTRACIÓN | CONTROL DE GANADO</TITLE>
```

```
<!-- TELL THE BROWSER TO BE RESPONSIVE TO SCREEN WIDTH -->
```

```
<META CONTENT="WIDTH=DEVICE-WIDTH, INITIAL-SCALE=1, MAXIMUM-SCALE=1, USE-R-SCALABLE=NO" NAME="VIEWPORT">
```

```
<!-- BOOTSTRAP 3.3.7 -->
```

```
<LINK REL="STYLESHEET" HREF="BOWER_COMPONENTS/BOOTSTRAP/DIST/CSS/BOOTSTRAP.MIN.CSS">
```

```
<!-- FONT AWESOME -->
```

```
<LINK REL="STYLESHEET" HREF="BOWER_COMPONENTS/FONT-AWESOME/CSS/FONT-AWESOME.MIN.CSS">
```

```
<!-- IONICONS -->
```

```
<LINK REL="STYLESHEET" HREF="BOWER_COMPONENTS/IONICONS/CSS/IONICONS.MIN.CSS">
```

```
<!-- DATATABLES -->
```

```
<LINK REL="STYLESHEET" HREF="BOWER_COMPONENTS/DATATABLES.NET-BS/CSS/DATATABLES.BOOTSTRAP.MIN.CSS">
```

```
<!-- THEME STYLE -->
```

```
<LINK REL="STYLESHEET" HREF="DIST/CSS/ADMINLTE.MIN.CSS">
```

```
<!-- ADMINLTE SKINS. CHOOSE A SKIN FROM THE CSS/SKINS
```

```
FOLDER INSTEAD OF DOWNLOADING ALL OF THEM TO REDUCE THE LOAD. -->
```

```
<LINK REL="STYLESHEET" HREF="DIST/CSS/SKINS/_ALL-SKINS.MIN.CSS">
```

```
<LINK REL="STYLESHEET"
```

```
<LINK REL="STYLESHEET"
```

```
HREF="HTTPS://FONTS.GOOGLEAPIS.COM/CSS?FAMILY=SOURCE+SANS+PRO:300,400,600,700,300ITALIC,400ITALIC,600ITALIC">
```

```
</HEAD>
```

```
<BODY CLASS="HOLD-TRANSITION SKIN-BLUE SIDEBAR-MINI">
```

```
<DIV CLASS="WRAPPER">
```

```
<HEADER CLASS="MAIN-HEADER">
```

```
<!-- LOGO -->
```

```
<A HREF="INDEX2.HTML" CLASS="LOGO">
```

```
<!-- MINI LOGO FOR SIDEBAR MINI 50x50 PIXELS -->
```

```
<SPAN CLASS="LOGO-MINI"><B>A</B>LT</SPAN>
```

```
<!-- LOGO FOR REGULAR STATE AND MOBILE DEVICES -->
```

```
<SPAN CLASS="LOGO-LG"><B>PROTECTED</B>CATTLE</SPAN>
```

```
</A>
```

```
<!-- HEADER NAVBAR: STYLE CAN BE FOUND IN HEADER.LESS -->
```



```

<NAV CLASS="NAVBAR NAVBAR-STATIC-TOP">
  <!-- SIDEBAR TOGGLE BUTTON-->
  <A HREF="#" CLASS="SIDEBAR-TOGGLE" DATA-TOGGLE="PUSH-MENU" ROLE="BU
TTON">
    <SPAN CLASS="SR-ONLY">TOGGLE NAVIGATION</SPAN>
  </SPAN>
  </A>

  <UL CLASS="TREEVIEW-MENU">
    <LI><A HREF="ELIMINARCOLLAR.PHP"><I CLASS="FA FA-CIRCLE-O"></I>
ELIMINAR COLLAR</A></LI>
    <LI><A HREF="AGREGARCOLLAR.PHP"><I CLASS="FA FA-CIRCLE-O"></I>
AÑADIR COLLAR</A></LI>
    <LI><A HREF="ELIMINARREGISTROS.PHP"><I CLASS="FA FA-CIRCLE-O"></I>
/I> ELIMINAR REGISTROS</A></LI>
    <LI><A HREF="EDITARCOLLARES.PHP"><I CLASS="FA FA-CIRCLE-O"></I>
EDITAR DATOS</A></LI>
  </UL>

  </LI>
</UL>
</SECTION>
<!-- /.SIDEBAR -->

<SCRIPT>
$(FUNCTION () {
    $('#EXAMPLE1').DATATABLE()
    $('#EXAMPLE2').DATATABLE({
        'PAGING' : TRUE,
        'LENGTHCHANGE': FALSE,
        'SEARCHING' : FALSE,
        'ORDERING' : TRUE,
        'INFO' : TRUE,
        'AUTOWIDTH' :
FALSE
    })
})

</SCRIPT>
<LINK REL="STYLESHEET"
    HREF="HTTPS://FONTS.GOOGLEAPIS.COM/CSS?FAMILY=SOURCE+SANS+PRO:30
0,400,600,700,300ITALIC,400ITALIC,600ITALIC">
</HEAD>

<BODY CLASS="HOLD-TRANSITION SKIN-BLUE SIDEBAR-MINI">
<DIV CLASS="WRAPPER">

  <HEADER CLASS="MAIN-HEADER">
  <!-- LOGO -->
  <A HREF="INDEX2.HTML" CLASS="LOGO">
  <!-- MINI LOGO FOR SIDEBAR MINI 50X50 PIXELS -->

```

```

        <SPAN CLASS="LOGO-MINI"><B>A</B>LT</SPAN>
        <!-- LOGO FOR REGULAR STATE AND MOBILE DEVICES -->
        <SPAN CLASS="LOGO-LG"><B>PROTECTED</B>CATTLE</SPAN>
    </A>
    <!-- HEADER NAVBAR: STYLE CAN BE FOUND IN HEADER.LESS -->
    <NAV CLASS="NAVBAR NAVBAR-STATIC-TOP">
        <!-- SIDEBAR TOGGLE BUTTON-->
        <A HREF="#" CLASS="SIDEBAR-TOGGLE" DATA-TOGGLE="PUSH-MENU" ROLE="BU
TTON">
            <SPAN CLASS="SR-ONLY">TOGGLE NAVIGATION</SPAN>
    </BODY>
</HTML>

```

## ingresarDatos.php

```

<?PHP
SESSION_START();

IF(!ISSET($_SESSION['USUARIO'])){
HEADER("LOCATION:LOGIN.PHP");
}
$ID=$_POST['ID'];
$IP=$_POST['IP'];
$PESO=$_POST['PESO'];
$VACUNA=$_POST['VACUNA'];
$OBSERVACION=$_POST['OBSERVACION'];

$CONEXION=MYSQLI_CONNECT("LOCALHOST", $_SESSION['USUARIO'], $_SESSION[
'CLAVE'], "CONTROLGANADO")OR DIE("ERROR DE CONEXIÓN CONTACTAR ADMINI
STRADOR");

$FNINSERT="INSERT INTO COLLARES (ID, IP, PESO, VACUNA, OBSERVACION)V
ALUES('".$ID."', '".$IP."', '".$PESO."', '".$VACUNA."', '".$OBSERVACION."');";

MYSQLI_QUERY($CONEXION, $FNINSERT)OR DIE("ERROR EN EL REGISTRO DE DA
TOS, CONTACTAR ADMINISTRADOR");
HEADER("LOCATION:AGREGARCOLLAR.PHP");

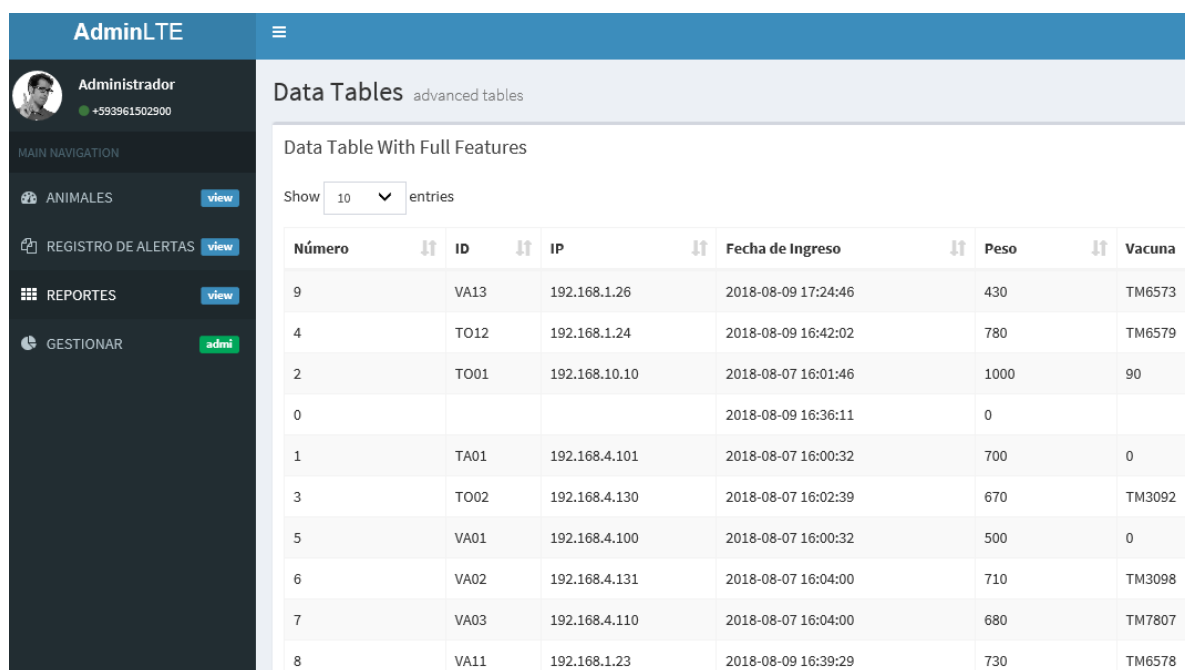
?>

```

## ANEXO J

### INTERFAZ DE USUARIO PARA EL INGRESO DE DATOS DE LOS ANIMALES

En la siguiente interfaz se puede observar un submenú de Animales, Registro de Alertas, Reportes, Gestionar. En la sección Reportes se observa el número correspondiente a cada animal su ID, IP, la fecha de ingreso al sistema, el peso y la vacuna, tal y como se puede observar en la Fig.52



The screenshot shows the AdminLTE dashboard. On the left is a dark sidebar with navigation items: ANIMALES (view), REGISTRO DE ALERTAS (view), REPORTES (view), and GESTIONAR (admin). The main content area is titled 'Data Tables' and contains a table with the following data:

Número	ID	IP	Fecha de Ingreso	Peso	Vacuna
9	VA13	192.168.1.26	2018-08-09 17:24:46	430	TM6573
4	TO12	192.168.1.24	2018-08-09 16:42:02	780	TM6579
2	TO01	192.168.10.10	2018-08-07 16:01:46	1000	90
0			2018-08-09 16:36:11	0	
1	TA01	192.168.4.101	2018-08-07 16:00:32	700	0
3	TO02	192.168.4.130	2018-08-07 16:02:39	670	TM3092
5	VA01	192.168.4.100	2018-08-07 16:00:32	500	0
6	VA02	192.168.4.131	2018-08-07 16:04:00	710	TM3098
7	VA03	192.168.4.110	2018-08-07 16:04:00	680	TM7807
8	VA11	192.168.1.23	2018-08-09 16:39:29	730	TM6578

Fig. 52 Detalles de la sección reportes de la página web del sistema

Elaborado por la investigadora

### INTERFAZ DE USUARIO PARA VISUALIZAR EL REGISTRO DE ALERTAS

En la sección registro de alertas, se puede observar el número de alertas generadas, el ID, IP, la fecha que se reportó el inconveniente, y la ubicación del animal en el momento del incidente.

**ProtectedCATTLE** ☰

**Administrador**  
+593961502900

MAIN NAVIGATION

- ANIMALES [view](#)
- REGISTRO DE ALERTAS [view](#)
- REPORTES [view](#)
- GESTIONAR [admi](#)

**Data Tables** advanced tables

Data Table With Full Features

Show  entries

Número	ID	Fecha	Tipo	Ubicación
1	TA01	2018-07-20 01:20:58	CORTE	NON LAT- NON LON
2	TE01	2018-07-20 01:20:58	RANGO	NON LAT- NON LON
3	TO01	2018-07-20 01:21:25	RANGO	NON LAT- NON LON
4	VA01	2018-07-20 01:21:25	TAMPER	NON LAT- NON LON
5	TO01	2018-07-20 01:22:26	TAMPER	NON LAT- NON LON
6	TO01	2018-07-20 01:22:26	CORTE	NON LAT- NON LON
7	TA01	2018-07-20 01:25:33	TAMPER	NON LAT- NON LON
8	TE01	2018-07-20 01:25:33	CORTE	NON LAT- NON LON
9	TE01	2018-07-20 01:26:28	TAMPER	NON LAT- NON LON
10	TE01	2018-07-20 01:26:28	CORTE	NON LAT- NON LON

*Fig. 53 Detalle de la sección registro de alertas*

*Elaborado por la investigadora*

## ANEXO K

### Collar del Nodo de Localización

Como se puede observar en la Fig.54 el collar del nodo de localización cuenta con hilos conductores en el cinturón para proporcionar la seguridad en caso de que se intente sacar el dispositivo del animal.

#### Vista Externa



*Fig. 54 Collar del nodo localizador vista externa  
Elaborado por la investigadora*

#### Vista Interna

Como se puede observar en la Fig.55 el collar del nodo de localización cuenta con los elementos ubicados ordenadamente dentro del dispositivo.



*Fig. 55 Collar del nodo localizador vista interna  
Elaborado por la investigadora*

## Unidad de control y monitoreo

Como se puede observar en la Fig.56 la unidad de control y monitoreo cuenta con los elementos descritos a lo largo del presente trabajo de investigación.



*Fig. 56 Unidad de control y monitoreo del sistema  
Elaborado por la investigadora*

## COLOCACIÓN DEL PROTOTIPO DEL NODO LOCALIZADOR EN LOS ANIMALES

El dispositivo se colocó en el cuello del animal con la ayuda de los trabajadores de la Finca, sin ningún inconveniente.



*Fig. 57 Colocación del dispositivo en el cuello del animal  
Elaborado por la investigadora*