

**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE
DE DIOS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE
SISTEMAS E INFORMÁTICA**



TESIS

**“Aplicación web y móvil con tecnología Lora para el monitoreo de
ganado vacuno- Puerto Maldonado - 2024”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE
SISTEMAS E INFORMÁTICA**

AUTORES:

Bachiller. VENTURA FLORES, Litman
Seyneldy.

Bachiller. HUAMAN COAQUIRA, Libertad
Kareen Karina.

ASESOR(A):

Dr. MIRANDA CASTILLO, Ralph.

**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE
DIOS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE
SISTEMAS E INFORMÁTICA**



TESIS

**“Aplicación web y móvil con tecnología Lora para el monitoreo de ganado
vacuno- Puerto Maldonado - 2024”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE
SISTEMAS E INFORMÁTICA**

AUTORES:

Bachiller. VENTURA FLORES, Litman
Seyneldy.

Bachiller. HUAMAN COAQUIRA, Libertad
Kareen Karina.

ASESOR(A):

Dr. MIRANDA CASTILLO, Ralph.

Puerto Maldonado, diciembre 2025

DEDICATORIA

A Dios, por darme la vida y la fortaleza para alcanzar esta meta. A mi amada madre, por su amor incondicional, su apoyo inquebrantable y por ser mi pilar en cada paso de mi vida. A hijos y pareja, por su paciencia, motivación y por ser mi mayor inspiración. Así mismo a las personas que permanecieron cerca motivándome para en esta etapa profesional.

VENTURA FLORES, Litman Seneldy.

Dios, por guiarme y darme fortaleza en cada paso, a mis padres por su amor, apoyo y ejemplo constante. A mi pareja e hijos, por ser mi motivación y razón para seguir adelante.

HUAMAN COAQUIRA, Libertad Kareen Karina

AGRADECIMIENTO

A Dios, por haberme concedido la vida, la salud y la fortaleza espiritual necesarias para enfrentar y superar los desafíos inherentes a este proceso de investigación, a mi querida madre que me brinda eterna por su amor incondicional, a mi pareja e hijos que son la razón de mi esfuerzo y mayor inspiración, a mi asesor por su dirección experta, su valioso tiempo y sus conocimientos, los cuales fueron fundamentales para la rigurosidad y el éxito de esta investigación.

VENTURA FLORES, Litman Seyneldy.

A Dios, por brindarme la sabiduría, fortaleza y perseverancia necesarias para culminar esta etapa importante de mi vida, a mis padres, por su amor, apoyo incondicional y por enseñarme el valor del esfuerzo y la dedicación. A mi pareja e hijos, por su comprensión, paciencia y motivación constante durante este proceso, a mis docentes y asesores, por compartir sus conocimientos y guiarme con compromiso y contribuyeron a la realización de este trabajo.

HUAMAN COAQUIRA, Libertad Kareen Karina.

Aplicación web y móvil con tecnología Lora para el monitoreo de ganado vacuno- Puerto Maldonado - 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

4%

INDICE DE SIMILITUD

4%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.unamad.edu.pe

Fuente de Internet

2%

2

blog.devmobile.co.nz

Fuente de Internet

1%

3

sites.google.com

Fuente de Internet

1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 1%

Excluir bibliografía

Activo

PRESENTACIÓN

La tesis, tuvo como objetivo el desarrollo e implementación de una aplicación web y móvil, para monitoreo de ganado, se buscó determinar el grado de precisión en la ubicación del ganado vacuno en el tipo de ganadería extensiva, así como también, se determinó la fiabilidad de la aplicación en tiempos adversos, parámetros importantes relacionados con la salubridad en la actividad ganadera.

Para la consecución de la tesis y la determinación de los parámetros de la investigación, se utilizó herramientas de la estadística descriptiva con un enfoque de evaluación técnica en el monitoreo de indicadores, el tiempo en la cual se logró la obtención de los datos fue de tres (3) meses, catalogado de corte longitudinal, permitiendo obtener evidencia, datos e información, sobre el funcionamiento del aplicativo lográndose determinar la capacidad que tiene en el contexto real.

Para la obtención de datos, se usó sensores y actuadores de LoRa y, para la comunicación se utilizó la arquitectura de LoRaWAN, ya que, de acuerdo a los antecedentes descritos, esta arquitectura permite optimizar el uso de los recursos en cuanto al consumo de energía y cobertura de transmisión de datos.

La tesis se llevó a cabo en la ganadería San Fabio, situada a 40 kilómetros de la ciudad de Puerto Maldonado-carretera a Cusco en la Región de Madre de Dios, se tuvo en cuenta de manera confidencial los datos e información brindada por el administrador de dicha ganadería, así como también, se procedió a realizar los trámites correspondientes de manera formal y con ello mantuvo la ética correspondiente.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo principal determinar la mejora significativa en el monitoreo del ganado vacuno mediante la implementación de un sistema basado en una aplicación web y móvil con tecnología LoRa. El estudio se centró en evaluar dos dimensiones críticas: la precisión en la geolocalización y la eficiencia operacional del sistema en condiciones climáticas adversas.

La metodología empleada fue de tipo aplicada, con un diseño descriptivo-longitudinal simple desarrollado a lo largo de tres (03) meses para la evaluación técnica en circunstancias reales. La implementación se realizó en una hacienda ganadera ubicada en la Región de Madre de Dios, a 60 kilómetros de la ciudad de Puerto Maldonado. La población y muestra consistieron en el total de 5000 registros de datos obtenidos mediante los sensores de Internet de las Cosas (IoT) y la tecnología LoRa.

Los resultados confirmaron la efectividad del sistema, alcanzando una precisión de geolocalización del ganado con un margen de error promedio de ± 4 metros. Adicionalmente, se verificó la respuesta positiva y la estabilidad operativa de las plataformas web y móvil bajo condiciones climáticas adversas. La fiabilidad del sistema fue validada mediante seis (06) pruebas de hipótesis. Se concluye que el sistema propuesto superó las expectativas de diseño y rendimiento, estableciendo un modelo eficiente y robusto para el monitoreo avanzado en entornos de difícil acceso.

ABSTRACT

The main objective of this research was to determine the significant improvement in cattle monitoring through the implementation of a system based on a web and mobile application using LoRa technology. The study focused on evaluating two critical dimensions: geolocation accuracy and the operational efficiency of the system under adverse weather conditions.

The methodology used was applied, with a simple descriptive-longitudinal design developed over three (03) months for the technical evaluation under real-life circumstances. The implementation took place on a cattle ranch located in the Madre de Dios Region, 60 kilometers from the city of Puerto Maldonado. The population and sample consisted of a total of 5,000 data records obtained through Internet of Things (IoT) sensors and LoRa technology.

The results confirmed the effectiveness of the system, achieving cattle geolocation accuracy with an average margin of error of ± 4 meters. Additionally, the positive response and operational stability of the web and mobile platforms under adverse weather conditions were verified. The reliability of the system was validated through six (06) hypothesis tests. It is concluded that the proposed system exceeded design and performance expectations, establishing an efficient and robust model for advanced monitoring in difficult-to-access environments.

INTRODUCCIÓN

La importancia de optimización en el uso de los recursos, hoy en día es relevante y, más aún cuando se trata de temas relacionados a la alimentación; Aleluia et al. (2022), para el año 2050, la mitad de la población se mudará a zonas urbanas, abandonando las zonas rurales, esta acción causará un gran impacto en la producción agrícola, debido a ello y ante la necesidad de mano de obra que sustituya estos de cambios en la población, surgen herramientas tecnológicas que pueden contribuir a mitigar este fenómeno.

En ese sentido, en estos últimos años, viene surgiendo de manera exitosa el uso de dispositivos que se encuentran conectados y que forman un conjunto de sistemas, entre actuadores, sensores, redes de comunicación, protocolos y plataformas en la nube, a ello se le denomina Internet de las Cosas (IoT) por sus siglas en inglés, estos sistemas aunados a dispositivos inteligentes, vienen cambiando el mundo relacionado con la agricultura, el cual, los expertos lo denominan Agricultura 4.0 o Smart Farming (Codeluppi et al. 2020; Schulthess et al. 2023).

Parte de esos avances de Smart Farming, nace la ganadería de precisión, el cual utiliza herramientas de ingeniería cuya finalidad es automatizar los procesos que se realiza en dicha actividad, como el monitoreo de los animales en salud, bienestar y localización en grandes extensiones de terrenos, logrando anticipar posibles enfermedades que pueda tener el ganado y por medio de la data generada, poder tener con patrón de comportamiento ante eventos inesperados (Neethirajan, Kemp 2021).

La región de Madre de Dios, no es ajeno ante estos avances, sin embargo, hasta la fecha, no hay investigación alguna que permite optimizar el control y monitoreo ganadero por medio de tecnologías y sistemas de información, motivo por el cual se presente el siguiente proyecto denominado “Aplicación web y móvil para monitoreo de ganado vacuno”

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
PRESENTACIÓN	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Descripción del problema	1
1.2. Formulación del problema	4
1.2.1. Problema general	4
1.2.2. Problemas específicos	4
1.3. Objetivos	4
1.3.1. Objetivo general	4
1.3.2. Objetivos específicos	4
1.4. Variables	5
1.4.1. Variable independiente	5
1.4.2. Variable dependiente	5
1.5. Operacionalización de variables	6
1.6. Hipótesis	7
1.6.1. Hipótesis general	7
1.6.2. Hipótesis específica	7
1.7. Justificación	7
1.8. Consideraciones éticas	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	10
2.1. Antecedentes de estudio	10
2.2. Marco teórico	14
2.3. Definición de términos	19
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	25
3.1. Tipo de estudio	25
3.2. Diseño del estudio	25
3.3. Población y muestra	26

3.3.1. Población.....	26
3.3.2. Muestra.....	26
3.4. Métodos y técnicas.....	26
3.5. Tratamiento de los datos.....	27
CAPÍTULO IV: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	28
4.1. Análisis Estadístico Descriptivo General	29
4.2. Análisis Estadístico de frecuencia de distancia:	32
4.3. Análisis Estadístico de frecuencia de fiabilidad:.....	34
4.4. Pruebas de normalidad:	36
4.5. Análisis inferencial	37
4.5.1. Prueba de hipótesis de la precisión de seguimiento de ubicación:.....	37
4.5.2. Prueba de hipótesis de fiabilidad en el seguimiento de ubicación ante climas adversos:	39
4.6. Desarrollo de la aplicación web y móvil.....	41
4.6.1. Análisis de la aplicación web y móvil	41
4.6.2. Diagramas UML.....	43
4.6.2.1. Diagramas de casos de uso	43
4.6.2.2. Diagramas de paquetes	44
4.6.3. Desarrollo con Programación Extrema	45
A. Exploración.....	45
4.6.4. Fases de la Programación Extrema (XP)	48
B. Planificación	48
B.1 Historias de Usuario.....	49
B.2 Asignación de roles.....	52
B.3. Planificación de lanzamiento	52
B.4. Velocidad del proyecto.....	54
B.5. Plan de entregas	55
C. Iteraciones.....	56
C1. Modelado de Base de Datos.....	58
C2. Prototipos.....	58
C3. Diagrama de Clases.....	62
C4. Principales clases del sistema	63
C.5 Disponibilidad del cliente	70
C.6. Programación en parejas.....	71
C.7. Integración continua	71
D. Producción.....	72

D.1. Pruebas de aceptación	72
D.2. Descripción de pruebas de aceptación	72
D.3. Pruebas de software	75
D.4. Comparación del Sistema Actual vs Sistema Propuesto.....	77
D.5. Limitaciones del estudio.....	78
4.7. Arquitectura IoT de 5 capas aplicada al sistema	79
4.7.1. Capa de Percepción.....	79
4.7.2. Capa de Red (Transporte de datos).....	87
4.7.3. Capa de Borde (Edge Computing)	88
4.7.4. Capa de Procesamiento.....	99
4.7.5. Capa de Aplicación	99
4.7.6. Capa de Negocio	99
4.8. Conclusiones.....	100
4.9. Sugerencias y/o trabajos futuros.....	102
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	103
ANEXOS.....	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables.....	6
Tabla 2. Análisis estadístico descriptivo.....	29
Tabla 3. Estadística descriptiva de medidas de dispersión.....	31
Tabla 4. Análisis estadístico descriptivo de la variable distancia.....	32
Tabla 5. Análisis estadístico descriptivo de la variable distancia-frecuencia relativa y absoluta	33
Tabla 6. Análisis estadístico descriptivo de las variables clima y func_sis	35
Tabla 7. Prueba de Normalidad.....	37
Tabla 8. Resultados de las pruebas de hipótesis.....	38
Tabla 9. Resultados de las pruebas de hipótesis de clima.....	40
Tabla 10. Requerimientos funcionales del sistema	42
Tabla 11. Requerimientos.....	45
Tabla 12. Integrantes del proyecto.....	46
Tabla 13. Riesgos del proyecto	47
Tabla 14. Historia de usuario 01	49
Tabla 15. Historia de usuario 02	49
Tabla 16. Historia de usuario 03	49
Tabla 17. Historia de usuario 04	50
Tabla 18. Historia de usuario 05	50
Tabla 19. Historia de usuario 06	51
Tabla 20. Historia de usuario 07	51
Tabla 21. Historia de usuario 08	51
Tabla 22. Asignación de roles.....	52
Tabla 23. Planificación de lanzamiento	52
Tabla 24. Velocidad del proyecto	54
Tabla 25. Plan de entregas	55
Tabla 26. Caso de prueba 01.....	72
Tabla 27. Caso de prueba 02.....	73
Tabla 28. Caso de prueba 03.....	73
Tabla 29. Caso de prueba 04.....	73
Tabla 30. Caso de prueba 05.....	74
Tabla 31. Caso de prueba 06.....	74

Tabla 32. Caso de prueba 07	74
Tabla 33. Caso de prueba 08.....	75
Tabla 34. Comparación del sistema web con lo actual	77

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción del problema

El crecimiento demográfico global exacerba la demanda de alimentos, especialmente de aquellos de origen animal, como la carne vacuna. Ante esta creciente presión, el sector pecuario, a menudo carente de innovación, persiste en prácticas tradicionales que intensifican las emisiones de metano, contribuyendo significativamente al deterioro ambiental (Moutaouakil, Falih 2023; Gehlot et al. 2022; Neethirajan, Kemp 2021; Codeluppi et al. 2020; Martins de Lima 2024).

La innovación en el sector se ve obstaculizada por la carencia de una infraestructura de comunicaciones robusta. Esta deficiencia impide la optimización de actividades económicas y la implementación de comunicaciones aéreas fiables entre nodos y sensores, particularmente en ubicaciones remotas. Las limitaciones incluyen la falta de conectividad adecuada, la ausencia de soluciones de monitorización en tiempo real y la escasez de sistemas de comunicaciones escalables (Ahmed et al. 2024; Aleluia et al. 2022; Behjati et al. 2021)

La ganadería extensiva de ganado vacuno enfrenta desafíos significativos en el control, rastreo y monitoreo de la salud y el pastoreo en espacios abiertos. La monitorización constante y en tiempo real de los movimientos del ganado resulta ineficaz con las prácticas tradicionales, lo que genera altos costos de gestión (McIntosh et al. 2022; Neethirajan, Kemp 2021; Parlato, Valenti, Porto 2024; Ojo et al. 2022).

Adicionalmente, la creciente escasez de mano de obra agrícola, impulsada por la migración hacia zonas urbanas, subraya la necesidad de integrar tecnologías y sistemas de información en esta actividad. Esta

modernización permitiría una gestión optimizada en la supervisión, seguimiento y control del ganado, asegurando la sostenibilidad de esta labor crucial para el desarrollo de muchas familias (Codeluppi et al. 2020)

Uno de los principales problemas que enfrentan los ganaderos es la falta de información actualizada sobre la localización y el estado de salud de sus animales en sistemas extensivos ganaderos. Esta información es esencial para una administración eficiente y oportuna (Casas et al. 2021)

Las dificultades de acceso a las zonas de pastoreo limitan el seguimiento y control del ganado, impidiendo el establecimiento de patrones de movimiento que permitan un manejo sostenible del área. La falta de espacios ricos en nutrientes exacerba el riesgo de sobrepastoreo y compactación del suelo, factores críticos en un contexto de cambio climático, donde la temperatura, los gases de efecto invernadero y el dióxido de carbono han experimentado incrementos significativos en los últimos años (Bailey et al. 2021; Silva Ruiz, Jaramillo Peralta 2022)

En entornos frágiles, el sobrepastoreo agrava la pérdida de diversidad forestal y la cobertura del suelo, incrementando el riesgo de erosión. La falta de un seguimiento adecuado del ganado, ya sea mediante personal o tecnologías, puede llevar a la compactación del suelo en áreas de alimentación preferidas (Aviña Hernández, Montes Sánchez 2025).

En América Latina, la ausencia de control sobre las variables relacionadas con la ganadería extensiva y el uso limitado de la tecnología no solo impactan negativamente al medio ambiente, sino que también afectan la salud y el bienestar del ganado, incrementando el riesgo de enfermedades, estrés por calor, escasez o abundancia de agua, y deficiencias nutricionales, además de dañar la biodiversidad (Parra Cortes, Martínez Correal, Valderrama-Rodas 2021)

En el contexto peruano, la ganadería de carne y leche presenta bajos niveles de competitividad en cuanto al uso de tecnología, con un índice de 15.78 puntos. La mayoría de los ganaderos carecen de acceso a tecnologías y a la información necesaria para la toma de decisiones, lo que, sumado a otros factores, eleva los costos de producción (Minaya et al. 2022; Torres-Armas, Huayama 2021)

Investigaciones en Moyobamba, también evidencian una baja competitividad de los productos ganaderos, atribuida a la escasez de pastos, la limitada capacidad de carga de los potreros y las bajas tasas reproductivas. El acceso a la tecnología se restringe a los ganaderos con mayor poder adquisitivo, que son una minoría (Torres Jara de García et al. 2023),

En Madre de Dios, se incrementó el interés por la ganadería de carne, convirtiéndose en una de las actividades económicas de la región, alcanzado un 11.5% del Valor Agregado Bruto Departamental, así mismo, se evidencia, que el crecimiento ganadero para el año 2020 fue de un 103%, alcanzando once mil (11,000) cabezas de ganado, sin embargo, aún se mantiene la crianza tradicional, con mano de obra y sin tecnología alguna (Quispe-Ccasa et al. 2023; Lazo et al. 2022)

De acuerdo a la problemática analizada, en la Región de Madre de Dios, la preocupación de los ganaderos, se orienta al mejoramiento de la genética, carga animal por hectáreas y engorde, el cual le permita ser partícipe del mercado nacional a nivel de calidad de carne (Lazo et al. 2022), siendo incipiente aun en cuanto al uso de tecnologías, como el monitoreo y seguimiento del ganado por medio de sensores y tecnologías de comunicación.

En ese entender, la tesis, se enfocó a proponer una solución que permita optimizar la gestión de la ganadería, referente a la localización del ganado en el ámbito de la región, ya que, en la mayoría de los casos, los ganaderos realizan ganadería extensiva.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿La aplicación web y móvil con tecnología LoRa mejora el monitoreo del ganado vacuno?

1.2.2. Problemas específicos

¿La aplicación web y móvil con tecnología LoRa optimiza significativamente la **precisión** de seguimiento de la ubicación del ganado vacuno mediante la reducción del error de localización en un ± 4 metros?

¿La aplicación web y móvil con tecnología LoRa mejora la **fiabilidad** de seguimiento de la ubicación del ganado vacuno alcanzando una tasa de disponibilidad del sistema superior al 90% en condiciones climáticas adversas?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar si la aplicación web y móvil con tecnología LoRa mejora de manera significativa el monitoreo del ganado vacuno.

1.3.2. Objetivos específicos

Determinar si la aplicación web y móvil con tecnología LoRa optimiza significativamente la **precisión** de seguimiento de la ubicación del ganado vacuno mediante la reducción del error de localización en un ± 4 metros.

Determinar si la aplicación web y móvil con tecnología LoRa mejora la **fiabilidad** de seguimiento de la ubicación del ganado vacuno, alcanzando una tasa de disponibilidad del sistema superior al 90% en condiciones climáticas adversas.

1.4. Variables

1.4.1. Variable independiente

En este punto se tomó en cuenta aspectos relacionados a lo que hoy en día representa una aplicación web y móvil en la Industria 4.0, dirigido a la actividad económica de ganadería, ya que la tesis se orientó al aporte del rubro de Smart Farming.

Aplicación web y móvil desde el enfoque de la Industria 4.0, viene a ser el conjunto de diversas fuentes de datos, sensores integrados, actuadores, controladores, protocolos, arquitectura de desarrollo y base de datos, detección y monitoreo en tiempo real, cuya finalidad es optimizar las actividades operativas y productivas (Purkayastha et al. 2021).

El sistema de monitoreo de ganado inteligente, compuesta por aplicación web y móvil, es la que se enfoca en monitorear el comportamiento y la salud de los animales individuales, mejorar la gestión de los recursos y optimizar la eficiencia general de la granja. El sistema es la que integra varios sensores de Internet de las cosas (IoT), tecnologías de comunicación y computación en la nube para proporcionar una solución de monitoreo en tiempo real (Moutaouakil, Falih 2023).

1.4.2. Variable dependiente

Monitoreo de ganado consiste en brindar el cuidado y seguimiento desde 6 puntos importantes, los cuales son: cuidado animal, salubridad, gestión socioeconómica, cuidado ambiental, nutrición e higiene de la leche (Gehlot et al. 2022).

Para Parlato, Valenti, Porto (2024), el monitoreo de ganado consiste en controlar la ubicación, salud y condiciones de pastoreo de los animales, que son importantes para una gestión eficaz de bienestar.

El monitoreo de ganado, se refiere a la observación sistemática de los animales, buscando garantizar dos aspectos importantes como: salud y bienestar, tiene como objetivo detectar anomalías y mejorar las prácticas de gestión y lo enfoca desde la monitorización de los signos vitales y seguimiento de la ubicación (Aleluia et al. 2022).

1.5. Operacionalización de variables

Tabla 1 Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores
Variable independiente: Aplicación web y móvil con tecnología LoRawan	Aplicación web y móvil desde el enfoque de la Industria 4.0, viene a ser el conjunto de diversas fuentes de datos, sensores integrados, actuadores, controladores, protocolos, arquitectura de desarrollo y base de datos, detección y monitoreo en tiempo real, cuya finalidad es optimizar las actividades operativas y productivas (Herlin et al. 2021).		
Variable dependiente: Monitoreo de ganado vacuno.	El monitoreo de ganado, se refiere a la observación sistemática de los animales, buscando garantizar dos aspectos importantes como: salud y bienestar, tiene como objetivo detectar anomalías y mejorar las prácticas de gestión y lo enfoca desde la monitorización de los signos vitales y seguimiento de la ubicación (Aleluia et al. 2022).	Precisión de seguimiento de ubicación. Fiabilidad de seguimiento de la ubicación	Diferencia entre posición reportada en el sistema versus posición real del ganado (error en metros) Precisión en condiciones de baja cobertura.

Nota: La tabla N° 1, describe de manera resumida los aspectos a tomar en cuenta para determinar la precisión y fiabilidad de la observación sistemática del ganado bajo el enfoque de seguimiento de la ubicación.

En virtud a lo descrito, se realiza las siguientes hipótesis de investigación.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

La aplicación web y móvil con tecnología LoRa mejora el monitoreo del ganado vacuno.

1.6.2. Hipótesis específica

La aplicación web y móvil con tecnología LoRa optimiza significativamente la **precisión** de seguimiento de la ubicación del ganado vacuno mediante la reducción del error de localización en un ± 4 metros.

La aplicación web y móvil con tecnología LoRa mejora la **fiabilidad** de seguimiento de la ubicación del ganado vacuno, alcanzando una tasa de disponibilidad del sistema superior al 90% en condiciones climáticas adversas.

1.7. Justificación

De acuerdo al contexto descrito anteriormente, a nivel nacional, se carece de implementaciones tecnológicas orientadas al monitoreo de ganado vacuno y más aún en la Región de Madre de Dios, es por ello, que se hace relevante brindar un aporte tecnológico orientado a la optimización del seguimiento de ganado, de tal forma de que los empresarios ganaderos, puedan tomar decisiones desde un enfoque dirigido al seguimiento de la ubicación del ganado. Para ello, se describe los siguientes argumentos enfocados en el campo respectivo:

Enfoque tecnológico; con la aparición del Internet de las Cosas (IoT), y la integración de diversos dispositivos electrónicos, surgen tecnologías que articulan el mundo físico con lo digital, el Big Data y la Inteligencia Artificial, logrando de esta manera aplicaciones inteligentes en campos como el hogar, fábricas, ciudades, universidades, agricultura, etc., para este último, surge Smart Farming o Agricultura 4.0, el cual, en la región de Madre de Dios, hasta el momento y según revisión bibliográfica, aun no se cuenta con implementación y/o creación de herramienta alguna para la

mejora en el monitoreo y seguimiento del ganado vacuno, en virtud a ello, se hace relevante la tesis desarrollada.

Enfoque económico; desde el punto de vista de Bailey et al. (2021), la implementación de un sistema de monitoreo de ganado, permitirá al dueño o administrador, minimizar los costos de rastreo, costos laborales y sobre todo, mejorar la rentabilidad de las explotaciones ganaderas, es por ello, que se era necesario, realizar la investigación de manera profunda, de tal manera, de que la Universidad, dentro de las políticas de responsabilidad social, articule políticas estratégicas, orientadas al apoyo de la ganadería de nuestra región.

Enfoque ambiental, en virtud a ello y según Arshad et al. (2022), un sistema de monitoreo de salud animal, es importante porque permite minimizar los inconvenientes relacionados con el medio ambiente, reducir el uso de recursos y optimizar la salud animal.

De acuerdo a lo descrito en los párrafos anteriores, fue y es relevante, tomar en cuenta la tesis, ya que es oportuna, tanto para las ganaderías como para los tesistas, implementar herramientas de corte tecnológico y partir de ella, contribuir en el desarrollo y crecimiento de la actividad pecuaria en la región.

1.8. Consideraciones éticas

Los tesistas de la investigación denominada: “Aplicación web y móvil con tecnología LoRa mejora el monitoreo del ganado vacuno”, se comprometieron a cumplir las consideraciones éticas, tomando en cuenta la confidencialidad, integridad y reglamento de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, así como también, la transparencia correspondiente, por otra parte, con la finalidad de haberse llevado a cabo el desarrollo de la tesis, se contó con los permisos respectivos de la ganadería, para ello se adjunta en el punto de Anexos, los permisos correspondientes.

Por otra parte, en cuanto al formato de la investigación, se tomó en cuenta el formato de ISO690, de tal forma que permitió a los tesisistas, a citar y referenciar de manera correcta, así mismo, nos comprometimos a seguir los principios básicos en todas las etapas, objetivos que se cumplieron sin inconveniente alguno.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

Se consideran los siguientes:

La investigación de Ojo et al. (2022), cuyo objetivo fue: desarrollar un sistema basado en IoT que integre LPWAN para monitorear en tiempo real, ubicación del ganado en áreas extensivas; de metodología aplicada, se utilizó sensores de GPS y transceptor LoRaWAN; resultados fueron: eficacia en el monitoreo del ganado, bajo consumo de energía y precisión en localización; conclusiones: solución sólida en supervisión y control en tiempo real del ganado referente a sus movimientos, mejora el bienestar y eficiencia operativa.

Schulthess et al. (2023); cuyo objetivo fue: desarrollar un sistema de detección inteligente para monitorear parámetros de pastoreo y descanso en ganado (SDIM); de metodología aplicada: el sistema integra sensores, recolecta datos para ser enviados a una red de área amplia de largo alcance (LoRaWan); resultados: diferenciación de comportamientos en pastoreo, vida útil de batería de cuatro meses con transmisión regular de datos y, hasta seis meses con recolección de energía solar, los datos recopilados indicaron que: tiempo de pastoreo fue cerca de 12.6 y 13.8 horas, demostrando eficacia a la hora de monitorear la actividad; concluyen en: SDIM es eficaz al brindar un trabajo sin mantenimiento y capaz de transmitir a largas distancias, la recolección de energía solar, mejora la sostenibilidad del sistema y reduce la necesidad de intervención manual.

Investigación de Chelotti et al. (2020), cuyo objetivo fue: desarrollar un algoritmo en línea para identificar rumiación y pastoreo de ganado por señales acústicas; de metodología aplicada: ya que mediante

grabaciones sonoras identifica los movimientos de la mandíbula cuando el ganado busca alimentos, utilizando preprocesamiento de señales, detección de movimiento de mandíbula y clasificación; sus resultados fueron: superó otros métodos del mismo rubro, obteniendo puntuación de F1 superior a 0.75, demostrando su eficacia; concluyendo en: es un método confiable y eficiente en el monitoreo del comportamiento de búsqueda de alimento, bajo costos computacional y alto rendimiento.

Se considera a McIntosh et al. (2022), cuyo objetivo fue: identificar anomalías de comportamiento en el ganado que podría indicar reducción en la producción y bienestar animal, establecer rangos típicos de variación en patrones de movimiento y actividad de los novillos en los pastizales; de metodología aplicada: colocaron collares a 17 novillos criollos para registrar ubicación en intervalos de 5 minutos, durante cerca de 67 días durante el invierno y el verano, llegando a los resultado siguientes: tiempo diario de descanso y pastoreo, presenta menor variación diaria; área explotada antes del amanecer y el tiempo en los bebedores, mostraron mayor variación, concluyendo en: los parámetros de comportamiento están relacionados con la ingesta de forraje, se destaca la relevancia de monitorear comportamientos para avalar el bienestar de los animales y optimizar el sistema de pastoreo.

Dineva, Atanasova (2021), tuvieron como objetivo: diseñar una arquitectura IoT escalable con base en Amazon Web Service (AWS), para monitorear el ganado mediante sistemas ciber físicos; metodología: aplicada, en el desarrollo gestiona el proyecto mediante enfoque ágil, cuyos resultados fueron: eficacia del sistema en el procesamiento de datos y escalado automatizado para las demandas de rendimiento; concluyendo en: la arquitectura IoT esta desvinculada de la capa de dispositivos IoT, ofreciendo flexibilidad con diversos protocolos de comunicación.

Se toma en cuenta a Abdullahi et al. (2019), su objetivo fue: mejorar la productividad y eficiencia de la ganadería en Nigeria, tomó en cuenta

parámetros como salubridad y seguridad referente a robo de ganado; de metodología aplicada, utilizó red de acceso inalámbrico de largo alcance (LoRaWAN), ya que adecúa en zonas rurales, obtuvo datos de ubicación, temperatura corporal y condiciones ambientales; sus resultados fueron: la solución proporciona grandes beneficios significativos como: monitoreo en tiempo real del ganado, lo cual evita robos y propagación de enfermedades, mejorando la toma de decisión de ganaderos; concluyendo en: los sistemas basados en IoT mejoran significativamente la gestión del ganado al aprovechar la tecnología LoRa.

La investigación de Wätzold et al. (2024), cuyo objetivo fue: identificar innovación de mejora para la conservación de la biodiversidad mediante la aplicación de la tecnología de cercado virtual en las prácticas agrícolas; de metodología cualitativa, ya que realizó una exploración conceptual de la tecnología relacionada con cercado virtual, utiliza collares equipados con GPS para crear límites virtuales para el ganado; sus resultados fueron: el cercado virtual puede mejorar significativamente la supervisión del cumplimiento de áreas destinadas a la agricultura mediante el seguimiento continuo del ganado, reduciendo los costos asociados con los métodos de monitoreo tradicionales.

Luo et al. (2024), cuyo objetivo fue: mejorar el seguimiento y el monitoreo del ganado Holstein mediante drones; de metodología aplicada: emplea algoritmos de seguimiento basados en el aprendizaje profundo de CenterTrak, integrando un módulo de mejora de funciones que utiliza un mecanismo de atención y función de activación Swish para mejorar el rendimiento del seguimiento; cuyos resultados fueron: demostraron que el algoritmo propuesto logra lo siguiente: precisión de seguimiento de objetos múltiples, registro de métricas para el seguimiento de las interrupciones y errores como falsos positivos, falsos negativos y cambios de identidad; concluyeron en que el algoritmo de seguimiento propuesto supera significativamente a los algoritmos de última generación existentes.

La investigación de Podevijn et al. (2020), cuyo objetivo fue: mejorar las capacidades de rastreo geográfico en las redes LoRaWAN mediante la integración de un sensor de brújula con un algoritmo de coincidencia de mapas, siendo su metodología aplicada, ya que probaron una brújula electrónica en el nodo móvil LoRa para comunicar información direccional periódicamente; cuyos resultados fueron: la precisión en la localización mejoró significativamente en la localización; concluyendo en: la precisión del método propuesto no es tal alta como el GPS, es quince (15) veces más eficiente desde el punto de vista energético y su implementación es más económica a comparación de otras, así mismo, el algoritmo de coincidencias de mapas, combinado con los datos de la brújula, reduce eficazmente los errores de localización y mejora las capacidades de rastreo.

La investigación de Moutaouakil, Falih (2023), su objetivo fue: diseñar un sistema agrícola inteligente de monitoreo de ganado que mejore la productividad de la granja, bienestar animal y gestión de recursos; de metodología aplicada: integra sensores de IoT, tecnologías de comunicación y computación en la nube, se emplean algoritmos de aprendizaje automático para analizar datos relacionados con el comportamiento, salud y rendimiento del ganado, la arquitectura incluye las siguientes capas: capa de adquisición y procesamiento, nivel de análisis de datos y toma de decisión y computación en la nube; sus resultados fueron: mejora en la toma de decisión con respecto al cuidado del ganado, identificación de animales enfermos o heridos, detección temprana de enfermedades, optimización de los patrones de pastoreo y gestión de pastos; concluyendo en: mejora significativa en la productividad de la granja y reducción de costos.

La investigación de Aleluia et al. (2022), siendo el objetivo de: explorar enfoques y tecnologías para la identificación del ganado, monitoreo de signos vitales y rastreo de los lugares; de metodología cuantitativa: realizó un análisis comparativo entre los diferentes métodos para monitorear la salud, parámetros de bienestar, comportamiento, ubicación y posturas de

animales de manera continua y automatizada, analizando collares, etiquetas de Bluetooth de bajo consumo (BLE) y los sistemas de cercado virtual para el seguimiento de ubicación; siendo los resultados: las tecnologías mejoran significativamente la eficiencia de los agricultores al reducir el trabajo manual y mejorar la salud de los animales, aumentando las ganancias y reduciendo el impacto ambiental; concluyendo en: se presenta diversas oportunidades para mejorar el monitoreo del ganado mediante adopción de tecnologías avanzadas.

Sanchez-Iborra et al. (2019), cuyo objetivo fue: desarrollar un sistema de seguimiento y monitoreo de embarcaciones basado en tecnología LoRa, ya que es una solución destacada de red de área amplia de bajo consumo de energía; su metodología fue aplicada: instalaron dispositivos de monitoreo en veleros, equipados con sensores y un transceptor LoRa para transmitir su posición y métricas adicionales a un estación base; sus resultados fueron: indicaron que el sistema alcanzó altos niveles de cobertura y confiabilidad de enlaces, con una tasa de entrega de paquetes (PDR) superior al 97% en configuraciones sólidas, el PDR fue 100% en áreas con cobertura, disminuyendo en aquellas que no tenían cobertura; concluyendo en: tecnología LoRa, es una solución válida para rastrear y monitorear actividades marítimas, especialmente en embarcaciones pequeñas, se destaca su eficiencia energética y confiabilidad en la transmisión.

2.2. Marco teórico

Impulsada por tecnologías disruptivas como el aprendizaje automático, la inteligencia artificial, el Internet de las Cosas (IoT), los vehículos aéreos no tripulados, la robótica y la computación cuántica, la cuarta revolución industrial ha transformado diversos sectores (Mudassar, Ahmad 2020).

La Agricultura 4.0, concepto derivado de la Industria 4.0 promovida por el gobierno alemán a través de la "Plataforma de la Industria 4.0" (2013), se caracteriza por la integración de redes inteligentes y sistemas de información. Estos sistemas, compuestos por personas, máquinas,

objetos y tecnologías, gestionan dinámicamente procesos complejos en tiempo real. El Internet de las Cosas, los sistemas ciber físicos, los gemelos digitales, el Internet de los Servicios y la computación en la nube son antecedentes clave de esta revolución. En el contexto de la ganadería, la Industria 4.0 ofrece beneficios como la individualización digital, la flexibilización, la orientación a la demanda, la sostenibilidad, la optimización de procesos, el conocimiento y aprendizaje automatizado, la competencia colaborativa y la mejora de la productividad (Kraft et al. 2022; Díaz-Martínez et al. 2021)

El monitoreo y seguimiento de animales ha sido una constante a lo largo del tiempo, desde pequeñas aves en entornos controlados hasta grandes felinos en la vida silvestre. El objetivo común es recopilar datos para comprender mejor su comportamiento, salud, dinámica grupal y aptitud física (Schulthess et al. 2023).

La accesibilidad de los sistemas de posicionamiento global (GPS) ha facilitado este monitoreo. Sin embargo, las redes inalámbricas presentan desafíos en cuanto a cobertura, transmisión de datos y costos. La evolución de la localización del ganado ha progresado desde sistemas basados en modelos de propagación de señal y Xbee hasta collares con receptores de posicionamiento utilizados para estudiar el hábitat y los movimientos de animales salvajes y ganado al aire libre (Gutierrez-Sánchez et al. 2021; Herlin et al. 2021).

El término “Internet de las Cosas” (IoT), es un término que se empezó a escuchar por primera vez por Kevin Ashton en el año de 1999, la cual proporciona un universo tecnológico en el que mucho objetos físicos o cosas, como sensores, herramientas y equipos de uso cotidiano mejorados por la informática y las capacidades de red, podrían desempeñar un papel, ya sea como unidades individuales o como en equipo colaborativo distribuido de dispositivos heterogéneos (Tzounis et al. 2017).

La estructura de la IoT, se fundamenta en tres capas: percepción, red y aplicación, la primera es la que tiene como función realizar la detección, la segunda tiene como función la de realizar la transferencia de datos y la última, es la que realiza el almacenamiento y manipulación de los datos (Tzounis et al. 2017; Gubbi et al. 2013).

En estos últimos tiempos los avances técnicos y de comunicación en la tecnología, facilidad de acceso, sensores y dispositivos que se pueden implementar en soluciones agrícolas creció, trayendo consigo el uso y accesibilidad en la aparición de soluciones de IoT y Cloud, permitiendo registrar las actividades de los animales, monitoreo automatizado por medio de rastreadores, brindando información relevante de cada uno de ellos, así como el estado de salud, iniciando la etapa del Smart Farming (Alonso et al. 2020; Schulthess et al. 2023).

LoRa, desarrollada por Semtech Corporation, es una plataforma de tecnología inalámbrica de largo alcance, baja velocidad de datos y mínimo consumo de energía, ideal para aplicaciones en ciudades inteligentes, agricultura y monitoreo ambiental. Utiliza el espectro de radio sin licencia en el ancho de banda industrial, médico y científico, optimizando la capacidad de la red y la duración de la batería. Su alcance varía de 2 a 5 kilómetros en áreas urbanas y de 15 a 20 kilómetros en áreas rurales. LoRa se compone de dos capas principales: física y control de acceso intermedio (Abdullahi et al. 2019; Dos Reis et al. 2021; Kamonkusonman et al. 2021; Ahmed et al. 2024).

A principios de 2013, surgieron tecnologías LPWAN (red de área amplia de baja potencia) como SigFox y LoRa. Sigfox fue desarrollada en 2010 por la start-up Sigfox en Francia, mientras que LoRa fue desarrollada por Cycleo en 2009 y posteriormente adquirida por Semtech Corporation. La adopción de LPWAN se debe a que las soluciones basadas en comunicaciones celulares (2G, 3G, 4G) consumen demasiada energía en los dispositivos, a pesar de ofrecer cobertura (Mekki et al. 2019).

La necesidad de optimizar la producción de leche de ganado vacuno llevó a la implementación del robot de ordeño en la década de 1990, dando origen a la ganadería de precisión. Este enfoque utiliza tecnologías de información para proporcionar a los ganaderos datos para el control del proceso de producción, monitoreando de forma continua y automática el comportamiento, la salud, el bienestar, la producción y la reproducción de los animales (Herlin et al. 2021).

Las aplicaciones de IoT en la gestión ganadera incluyen collares inteligentes, sensores portátiles y dispositivos que permiten el monitoreo en tiempo real de la salud, el movimiento y el comportamiento de los animales. Estos sistemas se extienden más allá del monitoreo de la salud para incluir la optimización del entorno y la supervisión de campos para la alimentación. Los sistemas basados en IoT facilitan el análisis eficiente de datos a través de algoritmos de inteligencia artificial (IA) y aprendizaje automático, lo que permite el análisis predictivo (Harish Arora et al. 2024).

La ganadería, con raíces en razas como el Bos Taurus, introducidas en América durante la conquista, ha evolucionado desde una actividad de subsistencia hasta una fuente económica crucial para muchas familias. La cría, el tratamiento y la reproducción de animales para la obtención de alimentos generan empleo e ingresos para 1.8 millones de familias y representan el 40.2% del valor bruto de la producción (Parra Cortes, Martínez Correal, Valderrama-Rodas 2021; Riojas et al. 2018; Minaya et al. 2022)

En cuanto al desarrollo del software, se tomará en cuenta la metodología de Extreme Programming (XP) que forma parte de la familia de metodología ágil y, algunos artefactos de la metodología Unified Modeling Language (UML), ello con la finalidad de documentar el software y las interacciones realizadas con los usuarios haciendo uso de XP, el mapeo de los artefactos, diagrama de casos de uso, componentes y paquetes de UML.

El Manifiesto por el Desarrollo Ágil de Software, promulgado en 2001, estableció una nueva perspectiva para el desarrollo de productos mediante la definición de cuatro valores fundamentales. Estos valores priorizan: 1) a los individuos y sus interacciones sobre los procesos y las herramientas; 2) el software en funcionamiento sobre la documentación exhaustiva; 3) la colaboración con el cliente sobre la negociación contractual; y 4) la respuesta al cambio sobre el seguimiento de un plan. Estos fundamentos se complementan con doce principios clave, que guían la aplicación de la agilidad, destacando la entrega temprana y continua de valor al cliente, la simplicidad, y el fomento de equipos motivados y autoorganizados (Cadavid, Martínez, Vélez 2013).

Todo lo referido en el párrafo anterior se resumen en que los métodos de desarrollo ágil son un grupo de metodologías de desarrollo de sistemas que comparten una filosofía, valores y objetivos comunes. Su objetivo principal es entregar productos de software rápidamente y con el mayor valor posible para el cliente (Nuño, Fragoso 2022).

Por otra parte, Extreme programming (XP) fue desarrollada por Kent Beck, Ron Jeffries y Ward Cunningham buscando guiar equipos de desarrollo de software pequeños o medianos, entre dos y diez desarrolladores en ambientes de desarrollo con mucha incertidumbre y cambiantes, teniendo como base cinco valores: simplicidad, comunicación, retroalimentación, respecto y coraje (Cadavid, Martínez, Vélez 2013; Wati, Mawarni, Kurniati 2023).

En cuanto a UML, se convirtió en el lenguaje de modelado más usado para sistemas con uso intensivo de software en la actualidad. Sobre todo, por el uso de sus diagramas con mayor precisión para la documentación de requisitos y diseño, ofreciendo funcionalidad para simular modelos directamente o generar al menos parte del código (Rumpe 2014).

2.3. Definición de términos

Sistemas agrícolas inteligentes: Son aquellos que utilizan capacidades de comunicación de dispositivos informáticos distribuidos e interconectados. Los sistemas en los que los objetos físicos están representados en el mundo digital y se integran con capacidades de computación, almacenamiento y comunicación, y están conectados entre sí en una red. (Dineva, Atanasova 2021).

Internet de las Cosas (IoT): se refiere a un sistema de dispositivos interconectados y sensores que transmiten información localizada y parámetros por medio de una red inalámbrica cerrada o semiabierta, así mismo, se le considera un paradigma emergente que conecta el mundo físico y digital para resolver problemas de la vida real (Justin 2021; Harish Arora et al. 2024; Alonso et al. 2020).

Agricultura sostenible: se refiere a la necesidad de estrategias sostenibles en la agricultura para satisfacer la demanda que cada día va en aumento de productos alimenticios, minimizando los residuos y el impacto ambiental (Aleluia et al. 2022).

Sensor de temperatura: el termostato se relaciona con el sensor de temperatura, los cuales pueden ser, de aire, líquido u otros, utilizan indicadores de electricidad para brindar datos, ya que producen un voltaje o resistencia eléctrica para detectar el voltaje entre los extremos del diodo y utilizarlo para estimar la temperatura (Kumar et al. 2022).

Smart Farming: se relaciona con dispositivos inteligentes con reconocimiento de ubicación para monitorear el movimiento de los animales y generar alertas cuando sobre pasan los límites del campo, así mismo, proporcionan un análisis más exhaustivo, realiza acciones precisas como: información de apoyo para la toma de decisiones, notificaciones de alerta o automatización de tareas; teniendo en cuenta la ubicación del activo, el ganado o los seres humanos y otros datos

enriquecidos con información y conocimiento histórico, en tiempo real y previstos (Mudassar, Ahmad 2020; Alonso et al. 2020).

En el contexto de Smart Farming para la ganadería, se enfoca principalmente en rastrear la ubicación del ganado y monitorear la salud, utilizando dispositivos como acelerómetro, magnetómetro, giroscopio y módulo GNSS para adquirir datos y procesarlos directamente en el propio rastreador (Schulthess et al. 2023).

Sensores: son dispositivos con capacidad de diferenciar señales externas y darles conversión a impulsos eléctricos, de tal manera de ser interpretados por una tarjeta embebida (Acero 2023).

Actuadores: son instrumentos que cambian las señales de un sensor en diferentes acciones, tienen la posibilidad de cambiar y/o ejecutar una acción determinada (Acero 2023).

Sistema de Posicionamiento Global: es aquel dispositivo que proporciona la ubicación y la hora donde se ubica un determinado ente, el cual es brindado por el sistema mundial de radionavegación, para lograrlo, se enlaza con satélites (tres o cuatro), posterior a ello, brinda los datos de longitud, latitud y hora (Estuardo 2021). Sin embargo, para Acero (2023), el número requerido de satélites es de 20 para su funcionamiento y el receptor requiere de 3 satélites para posicionar la latitud y longitud.

Así mismo, para Herlin et al. (2021), el sistema de posicionamiento global (GPS), es el conjunto de señales de radio de satélites especializados disponibles en el momento dado del posicionamiento, las ubicaciones de los ganados generalmente se incluye información como aspectos ambientales, tipo de vegetación, topografía, proximidad de agua y distancia a las actividades humanas.

LoRa: es una tecnología de capa física que modula señales en la banda ISM sub-GHZ utilizando una técnica patentada de espectro ensanchado,

utiliza bandas sin licencia, es decir 868 MHz en Europa, 915 MHz en América del Norte y 433 MHz en Asia, la comunicación bidireccional se brinda mediante la modulación de espectro ensanchado por chirp (CSS), la cual difunde una señal de banda estrecha sobre un ancho de banda de canal más amplio, la señal resultante tiene bajos niveles de ruido, permitiendo alta resistencia a las interferencias, siendo difícil de detectar o interferir (Mekki et al. 2019).

LoRaWAN: es aquella arquitectura que especifica la capa de control de acceso (MAC) en una red abierta, la cual se encuentra regulada por LoRa Alliance y cuya capa física se basa en la modulación LoRa. La modulación LoRa, se caracteriza por un factor de propagación (SF) que define la duración de la señal, cuanto mayor sea el factor de propagación (SF), mayor será el tiempo del símbolo, así como mayor la distancia soportada por un enlace, el SF puede variar entre 7 y 12, donde SF=12, es el resultado con mayor sensibilidad y rango de transmisión, sin embargo, menor velocidad de datos y mayor consumo de energía (Codeluppi et al. 2020).

LoRa RACK811 BreakOut: es un nodo de sensor remoto inalámbrico basado en el sensor RAK811 + MEMS, cuya placa utiliza la versión 1.0.2 de LoRaWAN y es compatible con el nodo de funcionamiento de LoRaWAN, facilitando la conexión a la red LoRaWAN, tiene una interfaz de sensor expandible, aumentando en gran medida los escenarios de aplicación del producto, equipado con un chip de aceleración 3D avanzado que permite una detección de movimiento más rápida (The Things Network 2022)

SIM800L: es un dispositivo quad-band GSM/GPRS, opera en las frecuencias GSM850MHz, EGSM900MHz, DC1800MHz y PC1900MHz, el puerto UART, es su medio de comunicación, permite envío y recepción de llamadas de mensajes cortos y utiliza HTTP/UDP/FTP como operaciones sencillas (SIMCom 2013).

ATmega328p: Es un microcontrolador de bajo consumo de energía basado en AVR enhanced RISC Architecture, teniendo un tamaño de memoria de 32Kbytes, EEPROM de 1kbytes y RAM de 2kbytes (Microchip 2020).

Sistema de monitoreo: es el conjunto de componentes que supervisan un determinado valor en tiempo real, el cual será enviado al usuario final para verificar el funcionamiento de la variable (Acero 2023)

Precisión: se refiere confiabilidad y exactitud de las mediciones obtenidos por los sensores; existen dos tipos de errores con el GPS en cuanto a la precisión de la ubicación, las adquisiciones fijas erradas dan como resultado la carencia de datos de ubicación, y las carencias en la exactitud dan como resultado datos incorrectos de ubicación, cuanto más a menudo se determina una posición, mejor es la capacidad de registrar una posición, a ello se le denomina, tasa de posición fija, mientras que la precisión de la posición no parece ser afectada, en ese sentido, la precisión de la posición que se refiere al error de medición o precisión de la ubicación estimada, varía con el tipo de GPS utilizado, el número y la cobertura de los satélites en el momento del posicionamiento, dicho error o precisión de medición de posicionamiento puede variar entre el 43% y el 99% (Herlin et al. 2021; Purkayastha et al. 2021).

Monitoreo de ganado: es la actividad sistemática de observación de los animales, que busca avalar la seguridad de dos aspectos importantes como: salud y bienestar, tiene como objetivo revelar anomalías y mejorar las prácticas de gestión, enfocándose desde la monitorización de los signos vitales y seguimiento de la ubicación (Aleluia et al. 2022).

Ganadería extensiva: actividad en la cual se hace uso de terrenos con grandes dimensiones, cuyo fin es brindar alimentación adecuada a los animales y utilicen la mayor parte de los recursos naturales (Riojas et al. 2018).

La Programación Extrema (XP) es un marco de trabajo (o metodología) ágil, flexible y con enfoque intensivo en la ingeniería de software. Se distingue de otras metodologías ágiles por su rigurosa aplicación de doce prácticas de desarrollo específicas, tales como la programación en parejas, el desarrollo guiado por pruebas (Test-Driven Development o TDD) y la integración continua que garantizan la alta calidad del producto y la adaptación eficiente a los requisitos cambiantes. XP está optimizada para proyectos pequeños a medianos y fomenta la comunicación constante y la colaboración activa entre un equipo reducido de desarrolladores y el cliente para la entrega de soluciones específicas en ciclos de corta duración (Kalpić, Hljuz Dobrić 2000).

Lenguaje unificado de modelado (UML): es la notación estándar de facto para la representación gráfica de software. Los diagramas se utilizan en el análisis, construcción y el mantenimiento de sistemas de software, ya que capturan una visión abstracta de un sistema (Bergström et al. 2022).

Diagrama de casos de uso: son diagramas UML que definen la funcionalidad y la representación gráfica de un sistema en términos de actores y su interactividad con el sistema, casos de uso y relaciones. El propósito es representar los requerimientos de tal manera que todas las partes interesadas (con conocimientos técnicos o no técnicos) puedan comprenderlos y revisarlos fácilmente (Arifin, Siahaan 2020; Iqbal et al. 2020).

Diagrama de componentes: los diagramas de componentes se utilizan para modelar sistemas grandes en subsistemas más pequeños y fáciles de gestionar, además, permite verificar que todas las funcionalidades del sistema estén cubiertas en el desarrollo planificado, dando relevancia a la interacción entre distintas partes del sistema mediante un conjunto de interfaces bien definidas (Suriya, S. 2023).

Diagrama de paquetes: es un diagrama de estructura UML, que muestra la estructura del sistema diseñado a nivel de paquetes y está conformado

por los siguientes elementos: paquete, elemento empaquetable, dependencia, importación de elementos, importación de paquetes y fusión de paquetes (Kirill Fakhroutdinov 2015).

La Programación Extrema (XP) prioriza el código funcional y de alta calidad como la actividad central a lo largo de todas las etapas del ciclo de desarrollo, permitiendo una adaptación rápida a las necesidades del usuario. Consecuentemente, XP minimiza la documentación formal con un doble objetivo: 1) reducir la carga de trabajo y enfocarse en la generación de valor, y 2) mitigar el riesgo inherente de que la documentación extensiva se vuelva obsoleta con rapidez, lo cual disminuye su utilidad y la confianza del equipo de desarrollo en ella (Wati, Mawarni, Kurniati 2023; Rumpe 2014).

A continuación, se toma en cuenta la siguiente figura de (Rumpe 2014).

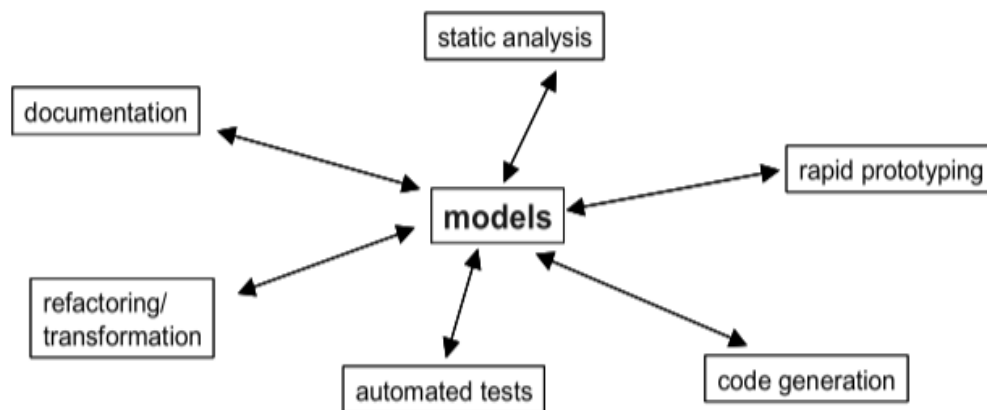


Figura 1. La importancia de los modelos de UML para Rumpe (2014), los cuales los divide en documentación, análisis estático, prototipado rápido, generación de código, pruebas automatizadas, refactorización y transformación.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de estudio

La tesis desarrollada fue de tipo aplicada, ya que tuvo como finalidad el utilizar conocimientos científicos como actividades, orientados al desarrollo de un producto, en este caso, el desarrollo de la aplicación web y móvil, para el monitoreo del ganado vacuno, así, este tipo de investigación, brindó la resolución de problemas en plazos determinados, orientadas a innovaciones, productividad, incrementos de calidad y mejora de procesos (Cegarra 2004).

El estudio es cuantitativo, ya que se buscó medir la precisión de localización del ganado, es decir, ubicación real versus la ubicación registrada en el sistema.

3.2. Diseño del estudio

En cuanto al diseño de estudio, es descriptivo con un enfoque de evaluación técnica y monitoreo de indicadores, de corte longitudinal simple, ya que se evaluó parámetros de estudio durante tres (03) meses y, permitió obtener datos sobre la capacidad del sistema en circunstancias reales, orientándose en la precisión y calidad del monitoreo (Hernández Sampieri, Mendoza Torres 2018).

Diseño descriptivo de corte longitudinal simple

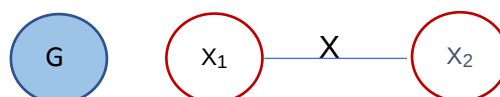


Figura 2. Representa la secuencia temporal de las observaciones realizadas durante el tiempo de tres (03) meses.

Donde: X_1 y X_2 representan los parámetros de estudios y la recolección de los datos en el tiempo determinado y X es la aplicación web y móvil.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

De acuerdo a Hernández Sampieri, Mendoza Torres (2018), la población es el grupo de todos los casos que se ajustan con determinadas características de estudios a realizar, en ese sentido, la población de la tesis, fue el conjunto de registros diarios tomados durante un tres (03) meses de la ubicación del ganado, lográndose obtener 5012 registros.

3.3.2. Muestra

La muestra, es un subconjunto de la población la cual concierne realizar la recolección de los datos y/o registros, dicha muestra tiene que ser representativa de la población (Hernández Sampieri, Mendoza Torres 2018). Para la investigación se aplicó una **muestra censal**, ya que se utilizó el 100% de los registros, es decir el 100% de la población, el cual fue de un total de 5012 registros censados mediante los dispositivos de localización del ganado, el cual garantizó el óptimo monitoreo del ganado.

3.4. Métodos y técnicas

En la tesis se utilizó dos métodos, el primero fue de corte científico, siendo el hipotético deductivo y, el segundo fue la metodología relacionada al desarrollo de software, empleando dos metodologías, el primero denominado XP y de la segunda metodología, los diagramas de la notación UML, siendo estos los diagramas de casos de uso y diagrama de paquetes, los cuales permitieron documentar el desarrollo del software orientado a la aplicación web y móvil.

En cuanto a la recolección de datos, se empleó la técnica del fichaje, ya que se buscó obtener data sobre los parámetros de la investigación, para ello según Medrano Reynoso, Espinoza Barrios (2014), esta técnica

permite al investigador depositar y/o registrar con juicio selectivo y teniendo en cuenta ciertas normativas técnicas, toda la información dirigida a una investigación específica.

En ese sentido, el instrumento que se utilizó fue una ficha de registro, donde se recopiló todos los datos necesarios y organizados de tal forma que permitió posteriormente su análisis correspondiente.

A continuación, se presenta la propuesta de arquitectura del sistema inteligente de monitoreo para ganado vacuno.

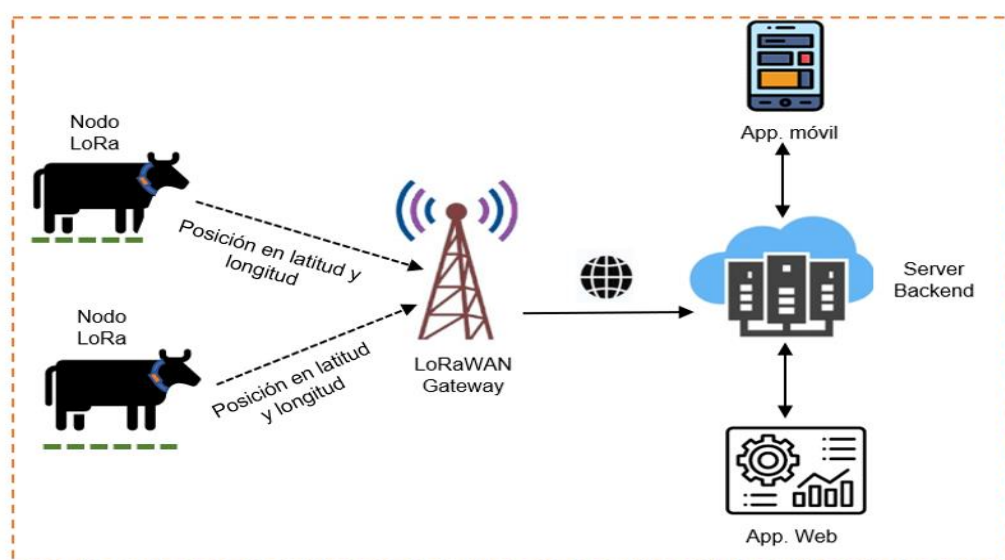


Figura 3. Arquitectura del sistema inteligente para monitoreo de ganado vacuno

3.5. Tratamiento de los datos

Para el tratamiento de los datos, se utilizó Microsoft Excel, de tal manera que permitió ordenar los datos recolectados en las fichas, posterior a ello, se utilizó Python de Google Colab como software estadístico, cuya finalidad fue realizar el análisis descriptivo de la investigación acorde con los objetivos presentados, así mismo, se utilizó diversas pruebas de normalidad, con el objetivo de verificar si los datos recolectados presentaban normalidad para determinar las correspondientes pruebas estadísticas y así como, determinar las hipótesis presentadas.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Para el logro de los resultados, se cumplió con lo planificado en la obtención de la data con el corte longitudinal simple, ya que permitió obtener dicha información de la ubicación del ganado en los tres (03) meses programados.

Con la finalidad de que el sistema brinde las garantías del caso referentes a ubicación y fiabilidad, se buscó obtener un total de cinco mil (5,000) registros, de los cuales se obtuvieron 5,012, teniendo en cuenta a la población y muestra censal que se propuso en el punto de la población y muestra del capítulo anterior.

Buscando que el sistema sea fortalecido en cuanto al manejo de la data, como, a la toma de decisión relacionado al posicionamiento del ganado. El plan de trabajo inició: el día 13 del mes de mayo a las 05:00 horas y concluyó el día 20 del mes de julio a las 13:00 horas.

Cabe describir, que el envío de la data al sistema implementado, se realizó cada diez (10) minutos mediante el sensor colocado en el ganado, comenzando a las 05:00 hasta las 17:00 horas todos los días, a excepción de la última fecha. Dicho horario programado, se debe a las labores que tuvo el personal en el sitio donde se desarrolló la investigación, además, que a las 17:00 horas, el ganado regresa del pastoreo al lugar principal donde descansa.

Así mismo, dar a conocer que, durante el horario de obtención de la data, se generó un subtotal de setenta y tres (73) registros diarios, teniendo la excepción el último día, ya que el sistema censó solo hasta las 13:00 horas.

Los datos se organizaron en función de los objetivos específicos de la tesis, presentando inicialmente las estadísticas descriptivas generales de la muestra,

seguido del análisis de precisión de la ubicación, fiabilidad del sistema bajo ciertas condiciones climáticas.

4.1. Análisis Estadístico Descriptivo General

A continuación, se presenta la Tabla N° 2, en la cual se detalla por cada variable su correspondiente estadística descriptiva.

Tabla 2. Análisis estadístico descriptivo

Variable	Media	Desviación Estándar	Min	25%	50%	75%	Máximo
latitud	-12.7498	0.0012	-12.7535	-12.7506	-12.7493	-12.7491	-12.7481
longitud	-69.463	0.0017	-69.4663	-69.4647	-69.4629	-69.4615	-69.4598
latitud_manual	-12.7498	0.0012	-12.7535	-12.7506	-12.7493	-12.749	-12.7481
longitud_manual	-69.463	0.0017	-69.4663	-69.4647	-69.4629	-69.4615	-69.4598
distancia	1.9935	1.1549	0	0.99	1.98	3	4
utm_este	449745.1	183.6	449378.3	449561	449749.8	449908.8	450094.3
utm_norte	8590489.5	127.22	8590079.4	8590403.9	8590543.5	8590570.8	8590681.5
clima	0.8252	0.3798	0	1	1	1	1
func_sis	1	0	1	1	1	1	1

Nota: La Tabla 2, brinda información sobre el primer análisis realizado de los 5,012 registros obtenidos por el sistema y de manera manual, ello, según ficha de registro. Elaboración propia con Python de Google Colab.

Como se aprecia en la Tabla 2 en relación a las medidas de latitud y longitud, además, de sus valores manuales, son aproximadamente -12.75 y 69.46 respectivamente, con una desviación estándar mínima, la cuales representan el 0.0012 y 0.0017 tanto para la latitud, longitud, latitud manual y longitud manual, de acuerdo a los resultados obtenidos, se evidencia que no se tuvo inconveniente alguno de los cálculos de la posición del ganado.

De igual manera, la variable distancia, tiene una media de 1.99, con una desviación estándar de 1.15. El rango se encuentra entre 0 y 4, lo que evidencia que dichos resultados se miden un rango pequeño de distancias, con mediana cercana a la media. La mitad de las observaciones tiene una distancia menor o igual a 1.98, y la otra mitad tiene una distancia mayor o igual a 1.98 y el 75% de las observaciones, evidencian distancias menores o iguales a 3 metros (≤ 3 m).

En lo referente a las coordenadas UTM Este y Norte, tienen medias aproximadamente de 449,745 y 8,590,489 respectivamente, y desviaciones estándar de 183.6 y 127.2, es decir, las ubicaciones no están en un único punto, sino distribuidas en un área con un radio relativo de cientos de metros. Sin embargo, dado que estas desviaciones son pequeñas en comparación con las medias, se determina que las observaciones se encuentran concentradas dentro de una zona geográfica específica, sin dispersión excesiva que indicaría una amplia cobertura espacial. Los valores mínimos y máximos confirman un rango estrecho para latitud, longitud y distancias, consistente con un área geográfica limitada.

En cuanto al clima, se evidencia una media de 0.8252, dando a conocer que se tuvo un 82.52% de buen clima en el momento de la obtención de los datos por medio de los sensores y enviados al sistema, su desviación estándar de 0.3798 fortalece ello. Y el 17.48% se tuvo un clima desfavorable.

En cuanto al funcionamiento del sistema, representado por la variable `func_sis`, como se aprecia en la tabla N° 2, a pesar del 17.48% de clima desfavorable, siempre se logró obtener la data con respecto a la posición del ganado.

Por otra parte, se hace necesario realizar el análisis con las medidas de dispersión tomando en cuenta la varianza, desviación estándar y el coeficiente de variación, ya que con estas medidas se podría determinar la precisión del sistema de información como su fiabilidad, de tal forma de obtener la variabilidad que representan las observaciones obtenidas.

A continuación, se presenta la Tabla 3.

Tabla 3. Estadística descriptiva de medidas de dispersión

Variable	Varianza	Desviación Estándar	Coef. Variación
latitud	0	0.0012	0.009
longitud	0	0.0017	0.0024
latitud_manual	0	0.0012	0.009
longitud_manual	0	0.0017	0.0024
distancia	1.3338	1.1549	57.9338
utm_este	33708.1301	183.5977	0.0408
utm_norte	16185.5804	127.2226	0.0015
clima	0.1443	0.3798	46.0262
func_sis	0	0	0

Nota: La Tabla 3 muestra las medidas de dispersión de las variables de estudio. Elaboración propia con Python de Google Colab

Con respecto a la varianza y desviación estándar, las variables como latitud, longitud, latitud_manual y longitud_manual y distancia, presentan una varianza y desviación estándar muy bajas, es decir, cercanas a cero (0), lo que muestra muy poca dispersión en esos datos.

En cuanto al coeficiente de variación, nos otorga valores cercanos a cero o negativo, tanto latitud y longitud, lo cual indica una estabilidad relativa. Las variables distancia y clima, tienen un coeficiente alto (57.9338 y 46.0262 respectivamente), dando a conocer que la dispersión de los datos es alta en relación con sus medias, por lo tanto, se evidencia una gran dispersión relativa.

A continuación, se muestra la figura 4, donde se evidencia los argumentos descritos:

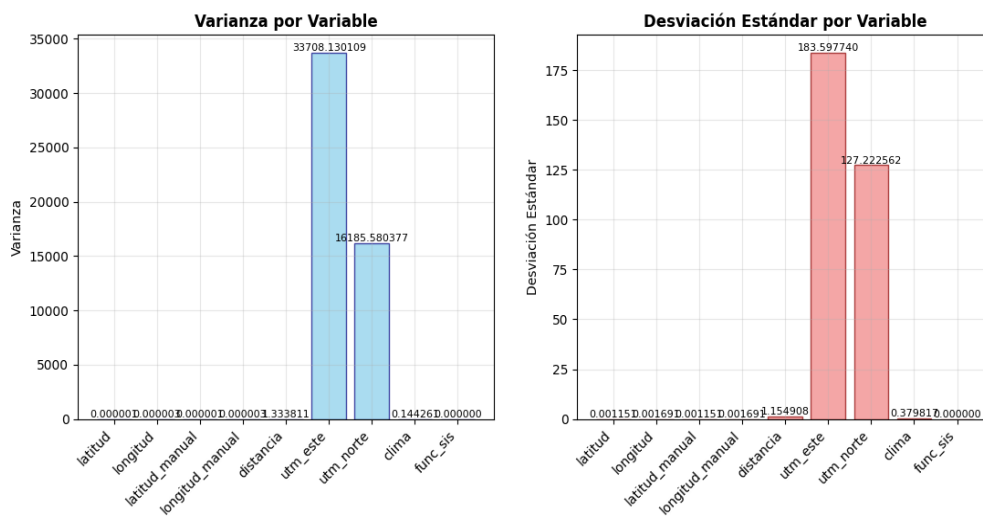


Figura 4. Varianza y desviación estándar por variable, análisis de las variables que forman parte del estudio.

4.2. Análisis Estadístico de frecuencia de distancia:

De acuerdo al análisis del apartado 4.1, la variable distancia constituye el parámetro objetivo de este estudio, ya que representa la diferencia calculada entre las coordenadas geográficas obtenidas automáticamente (longitud y latitud del sensor instalado en el ganado, transmitidas mediante tecnología LoRa hacia las aplicaciones web y móvil) y las coordenadas registradas manualmente (longitud_manual y latitud_manual). Esta comparación, cuyos datos descriptivos se presentan en la Tabla 2, permite evaluar la precisión del sistema de monitoreo desarrollado mediante las siguientes evidencias:

Tabla 4. Análisis estadístico descriptivo de la variable distancia

Variable	Media	Desviación Estándar	Min	25%	50%	75%	Máximo
distancia	1.9935	1.1549	0	0.99	1.98	3	4

Nota: La Tabla 4, brinda información sobre el primer análisis realizado de los 5,012 registros obtenidos por el sistema y de manera manual, ello, según ficha de registro. Elaboración propia con Python de Google Colab.

De acuerdo a lo que se evidencia en la Tabla 4, la distancia tiene una tendencia central con respecto a la media de 1.9935 y su mediana es de 1.98, dando a conocer que su distribución es simétrica. En relación a la

dispersión de los datos 1.1549, se evidencia que, en promedio de la diferencia de los valores obtenidos, se encuentran en ± 1.5 , es decir, casi 2 metros de distancia.

Por otra parte, se observa que la distribución de los datos en cuanto a los cuartiles es la siguiente: Se cuenta con un mínimo de cero (0), el 25% de los datos tienen una distancia igual o menor a 0.99. El 50% de los datos obtenidos, se encuentra por debajo de 1.98 metros de diferencias entre las longitudes y latitudes obtenidas por el sistema versus las realizadas manualmente, el 75% refiere a una distancia menor a tres (3) metros y, en cuanto al valor máximo de esta diferencia es de 4 metros.

A continuación, se presenta la tabla de frecuencias de la variable distancia.

Tabla 5. Análisis estadístico descriptivo de la variable distancia-frecuencia relativa y absoluta

Intervalo	Frecuencia	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Relativa Acumulada
[0.0, 1.0)	1271	25.36%	1271	25.36%
[1.0, 2.0)	1252	24.98%	2523	50.34%
[2.0, 3.0)	1240	24.74%	3763	75.08%
[3.0, 4.0)	1249	24.92%	5012	100%

Nota: En la tabla se evidencia la frecuencia relativa y absoluta en la cual se distribuyen los datos. Fuente: elaboración propia en Python de Google Colab.

En la tabla 5, se observa que el 25.36% de los datos, tienen una distancia que se encuentran en los rangos de 0 y menos de 1 metro de distancia, siendo un total de 1271 registros. El 24.98% de los datos, se encuentran entre 1 y menos 2 metros de distancia, siendo un total de 1252 registros. El 24.74% de las observaciones, tienen una distancia entre 3 y menos de 4, con 1240 registros y, por último, el 24.92%, se encuentran entre 3 y menos 4 metros de distancia, teniendo 1249 registros.

Por otra parte, cabe destacar, que el 50.34% de los registros obtenidos, se encuentran por debajo de los 2 metros de distancia, siendo un total de 3794 observaciones, y el 75.08% de los registros, evidencia que la distancia se

encuentra por debajo de los 3 metros de distancia y, el 100% se encuentra por debajo de 4 metros. A continuación, se presenta la siguiente figura:

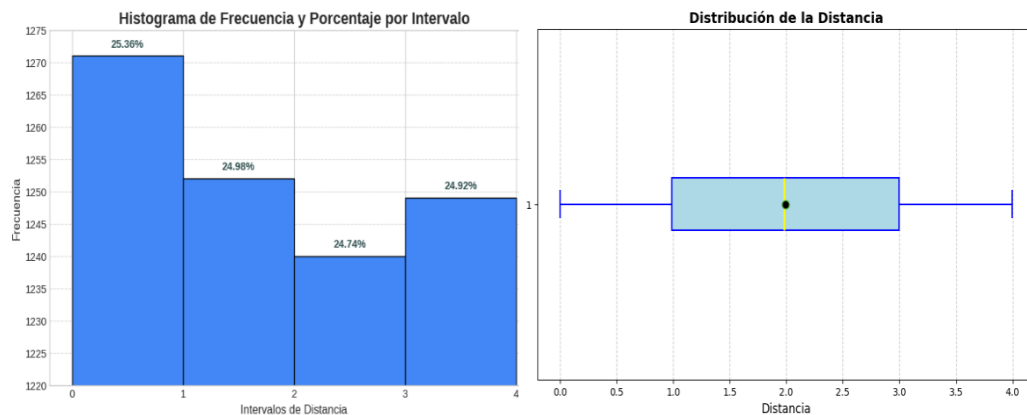


Figura 5. Histograma de frecuencias y gráfico de boxplot, elaboración propia en Python de Google Colab.

Como se aprecia en la figura 5, la mayor parte de los datos obtenidos de la en cuanto a la ubicación del ganado (latitud, longitud, latitud manual, longitud manual), se concentra entre 1 y 3, tal como se describió anteriormente, representa el 75.08%.

4.3. Análisis Estadístico de frecuencia de fiabilidad:

De acuerdo al apartado 4.1, la variable clima y funcionamiento del sistema, representando por la variable func_sis, constituyen parámetros de análisis con respecto a la fiabilidad del sistema. Como se describió anteriormente, en referencia al clima, se observa que la media es de 0.8252, representando el 82.52% de un clima favorable al momento de obtener la data relacionada a la ubicación del ganado; el 17.48%, constituye un clima adverso, sin embargo, pese a ello, el sistema tuvo una buena respuesta, ya que el envío de la ubicación hacia el sistema fue constante y ello se evidencia en la tabla N° 6, ya que func_sis, no presenta desviación estándar alguna, teniendo como resultado cero (0) y, tanto la media como la mediana son iguales, dando a conocer que el sistema web y móvil, siempre obtuvo los datos por medio del sensor a través del canal de comunicación de LoRa a pesar de los 17.48% de clima no favorable. A continuación, se presenta la figura 5 donde se evidencia lo descrito relacionado al clima.

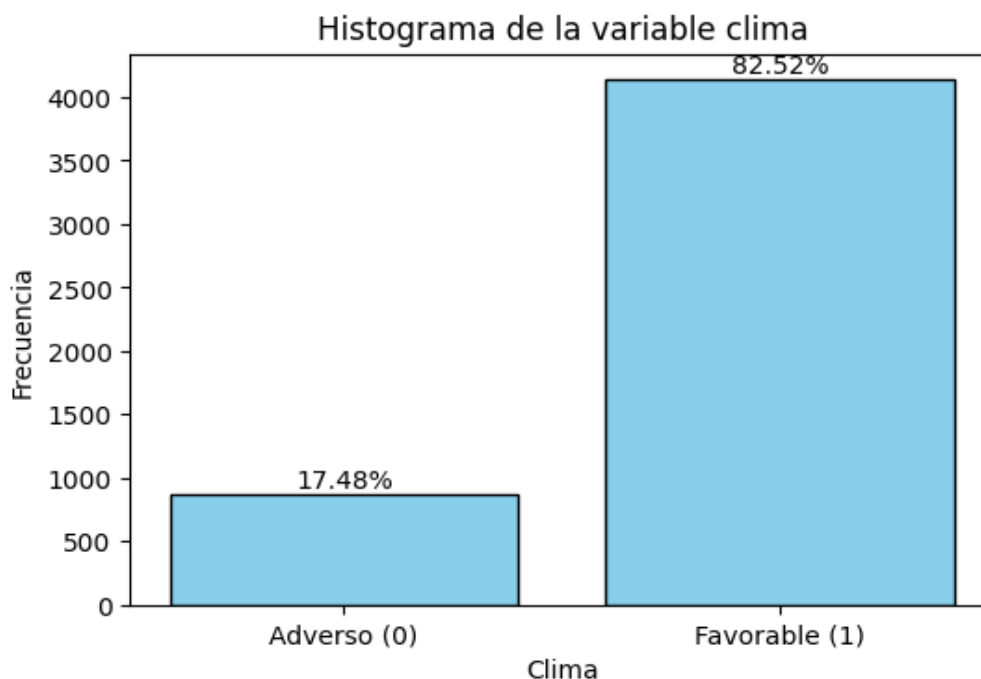


Figura 6. Histograma de frecuencias de la variable clima, elaborado en Python de Google Colab

De igual manera, se presenta la tabla N° 6, en la cual se muestra en análisis descriptivo de las variables clima y func_sis.

Tabla 6. Análisis estadístico descriptivo de las variables clima y func_sis

Variable	Media	Desviación Estándar	Min	25%	50%	75%	Máximo
clima	0.8252	0.3798	0	1	1	1	1
func_sis	1	0	1	1	1	1	1

Nota: La Tabla 6, brinda información de las variables clima y funcionamiento del sistema (func_sis). Elaboración propia, Python de Google Colab.

Como se aprecia en la tabla 6, se evidencia que para la variable clima, tiene una desviación estándar de 0.3798, lo cual es consistente en la mayor parte a uno (1), en referencia a los cuartiles, se tiene un mínimo de cero (0), de igual manera se aprecia que el 25% de los datos, tienen valores menores o iguales a uno (1), mediana es igual a uno (1), el cual significa que en la mitad de los casos o más, el valor es uno (1) y el 75% de los datos, uno (1), teniendo como valor máximo uno (1), con ello se

reafirma, que para la obtención de los datos referentes a la ubicación del ganado, siempre fue favorable.

En relación a la variable funcionamiento del sistema (func_sis), como se aprecia en la tabla, siempre fue favorable, tal como se describió anteriormente.

4.4. Pruebas de normalidad:

Se realizó una prueba de normalidad con la variable distancia. Esta variable representa las diferencias posicionales del ganado, calculadas mediante la combinación de latitud, longitud y las mediciones manuales correspondientes. El objetivo de este análisis fue determinar si los datos siguen una distribución normal.

Planteamiento de la hipótesis:

H_0 : Los datos de la distancia siguen una distribución normal.

H_1 : Los datos de la distancia no siguen una distribución normal.

Nivel de significancia

$\alpha = 0.05$ de nivel de significancia (95% de nivel de confianza)

Con base a lo descrito anteriormente, se cuenta con un total de 5,012 registros, es por ese motivo que, para analizar la prueba de normalidad se aplicó tres tipos pruebas estadísticas que soporte la cantidad de registros, como son: Kolmogórov-Smirnov, Anderson-Darling y D'Agostino, de tal manera de garantizar un óptimo análisis de los datos, a continuación, se presenta la siguiente tabla:

Tabla 7. Prueba de Normalidad

Prueba	Estadístico	Valor crítico / p-valor
Kolmogórov-Smirnov	0.0604	p-valor = 0.0000
Anderson-Darling	56.9502	> 1.091 (valor crítico al 1%)
D'Agostino K ²	4501.8357	p-valor = 0.0000

Nota: Elaboración propia en Python de Google Colab.

Las pruebas de normalidad aplicadas a los datos, detalladas en la Tabla 7, indican que la distribución no es normal. Esta conclusión se sustenta en los valores p de las pruebas de Kolmogórov-Smirnov y D'Agostino K², que resultaron ser inferiores al nivel de significancia ($p \leq 0.05$). Adicionalmente, el estadístico de Anderson-Darling excedió significativamente los valores críticos en todos los niveles de significancia, lo que refuerza el rechazo de la hipótesis nula de normalidad. Por consiguiente, se acepta la hipótesis alternativa que postula la no normalidad de los datos.

4.5. Análisis inferencial

4.5.1. Prueba de hipótesis de la precisión de seguimiento de

ubicación:

H_0 : La aplicación web y móvil con tecnología LoRa no optimiza significativamente la precisión de seguimiento de la ubicación del ganado vacuno mediante la reducción del error de localización en un ± 4 metros.

H_1 : La aplicación web y móvil con tecnología LoRa optimiza significativamente la precisión de seguimiento de la ubicación del ganado vacuno mediante la reducción del error de localización en un ± 4 metros.

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$ de nivel de significancia (95% de nivel de confianza)

De acuerdo con lo analizado en el apartado 4.4: *Prueba de normalidad*, donde se evidenció la no normalidad de los datos, se decidió aplicar diversos estadísticos adecuados para distribuciones no normales. Esta elección permitió reforzar la validez de los resultados vinculados con la precisión del software utilizado para el seguimiento de la ubicación del ganado vacuno, logrando mantener un margen de error de localización de ± 4 metros. A continuación, se presentan en la tabla los resultados obtenidos mediante dichas pruebas estadísticas.

Tabla 8. Resultados de las pruebas de hipótesis

Prueba / Estadístico	Resultado / Estimador	Intervalo de Confianza (95%)	p-valor / Evidencia
Proporción < 4 m	1.0 (100% de casos bajo 4 m)	(0.9992 – 1.0)	—
Sign test	$z = -2506.0$	—	$p_{one_sided} = 0.000$
Wilcoxon signed-rank	estadístico = 0.000	—	$p_{one_sided} = 0.000$
Bootstrap de la mediana	Mediana ≈ 1.98 m	(1.9272 – 2.0456)	$p_{boot} = 0.000$
Prueba de permutación	Mediana – 4 = -2.02	—	$p_{perm} = 0.000$
t-test (CLT, una muestra vs 4 m)	$t = -122.99$	—	$p = 0.000$

Nota: Elaboración propia en Python de Google Colab.

Como se puede apreciar en la tabla 8, en lo que respecta a la prueba estadística de la Proporción < 4m, determina como resultados, que el 100% de las observaciones se encuentran por debajo de los 4 metros, así como también, en el resultado del intervalo de confianza al 95%, se evidencia en un 99% de las observaciones están por debajo de los 4 metros. Además, el resultado del p-valor se encuentra por debajo de 0.05.

De acuerdo a los resultados obtenidos por el estadístico de prueba de Sign test, brinda como resultados que, la mediana del umbral de la distancia, es menor a 4 metros, siendo su p-valor menor a 0.05.

En lo que respecta al estadístico de prueba de Wilcoxon, se evidencia que el resultado del p-valor, es menor a 0.05. De igual manera, la prueba de Bootstrap de la mediana, determina a un intervalo de confianza del 95%, que la distancias se encuentran entre el 1.9272 y 2.0456, dando a conocer que la mediana poblacional está muy por debajo de 4 metros.

La prueba de Permutación, determina que la mediana se encuentra por debajo de los 4 metros, siendo su p-valor menor a 0.05. Por último, el estadístico de prueba de T-Test, determina que los valores se encuentran por debajo del umbral permitido, así como también, presenta el p-valor menor a 0.05.

De acuerdo a lo descrito en los párrafos anteriores, todos los estadísticos de prueba determinan que el p-valor es menor a 0.05, por lo que se rechaza la hipótesis nula H_0 , y se acepta la hipótesis alternativa H_1 , en ese sentido se concluye en: La aplicación web y móvil con tecnología LoRa optimiza significativamente la precisión de seguimiento de la ubicación del ganado vacuno mediante la reducción del error de localización en un ± 4 metros.

4.5.2. Prueba de hipótesis de fiabilidad en el seguimiento de ubicación ante climas adversos:

H_0 : La aplicación web y móvil con tecnología LoRa no mejora la **fiabilidad** de seguimiento de la ubicación del ganado vacuno, alcanzando una tasa de disponibilidad del sistema superior al 90% en condiciones climáticas adversas.

H_1 : La aplicación web y móvil con tecnología LoRa mejora la **fiabilidad** de seguimiento de la ubicación del ganado vacuno, alcanzando una tasa de disponibilidad del sistema superior al 90% en condiciones climáticas adversas.

Para determinar la fiabilidad del sistema, por medio del estadístico de prueba denominado Prueba binomial, ello con base a que los datos de las variables de clima y func_sis, solo cuentan como datos 0 y 1. Para la variable clima, el cero (0) representa clima adverso y uno (1) clima normal o favorable, de igual manera, para la variable func_sis, cero (0) representa no funciona, y uno (1) funciona.

En nuestro caso, a pesar de los 17.48% de clima desfavorable, el sistema siempre obtuvo la data correspondiente, tal como se mostró en la tabla N° 6; variables clima y func_sis. Es por ese motivo que, para demostrar la fiabilidad del sistema, se analizaron 876 registros que representan clima adverso. A continuación, se presenta en la tabla N° 7 los resultados obtenidos.

Tabla 9. Resultados de las pruebas de hipótesis de clima

Métrica	Valor
Total registros	5012
Total clima adverso (0)	876
Total clima favorable (1)	4136
Tasa de disponibilidad en clima adverso	1
Prueba binomial exacta ($H_0: p \leq 0.90$ vs $H_1: p > 0.90$)	p-valor = 0.0000

Nota: Elaboración propia con Python de Google Colab.

Como se aprecia en la tabla 9, el resultado del p-valor de la Prueba binomial es menor a 0.05, por lo tanto, existe evidencia estadísticamente significativa para afirmar que la aplicación web y móvil con tecnología LoRa mantiene una disponibilidad superior al 90%, incluso en condiciones adversas, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

4.6. Desarrollo de la aplicación web y móvil

El desarrollo de la solución tecnológica consistió en la implementación de una arquitectura IoT basada en LoRaWAN, la cual se integró con una aplicación web y móvil orientada al monitoreo de ganado vacuno.

La propuesta incluyó:

- **Módulo web:** diseñado para administradores y ganaderos, con acceso a paneles de control, gestión de usuarios, visualización de mapas, histórico de datos y generación de reportes en tiempo real.
- **Aplicación móvil:** enfocada en la supervisión rápida y sencilla desde campo, permitiendo visualizar la ubicación del ganado, recibir alertas de movimiento y analizar condiciones de los animales.
- **Dispositivos de campo:** collares con sensor de geolocalización integrados a nodos LoRa, encargado de recolectar datos y transmitirlos hacia la pasarela (gateway).
- **Servidor y base de datos en la nube:** donde se almacenaron los registros recibidos de los parámetros recolectados.

El desarrollo se realizó bajo la metodología XP (Extreme Programming), utilizando sprints iterativos, pruebas unitarias y retroalimentación continua, asegurando la calidad del software y la correcta integración con los dispositivos físicos, así como también, se tomó en cuenta algunas herramientas de la metodología UML

4.6.1. Análisis de la aplicación web y móvil

El análisis de la aplicación se enfocó en la especificación de requerimientos funcionales, definiendo las capacidades mínimas que debía cumplir el sistema para garantizar su eficacia en el entorno de la ganadería extensiva.

Tabla 10. Requerimientos funcionales del sistema

ID	Nombre	Alcance	Objetivo
RF-01	Inicio de sesión	Todos los usuarios (web y móvil)	Permitir el acceso al sistema mediante credenciales seguras.
RF-02	Gestión de usuarios	Administrador	Registrar, editar, eliminar y listar usuarios solo en administradores, en cambio el ganadero solo monitoreo.
RF-03	Gestión de áreas	SuperAdministrador, Administrador	Registrar, editar, dar de baja y consultar animales vinculados a sensores.
RF-03	Gestión de ganado	Administrador, Operador	Editar, dar de baja, reportar y consultar animales vinculados a sensores, en caso del ganadero solo monitoreo y reporte.
RF-04	Monitoreo de ubicación	Administrador, Operador	Visualizar la localización en tiempo real de cada animal en el mapa.
RF-05	Alertas de geocerca	Operador	Notificar cuando un animal sale de un perímetro establecido.
RF-06	Histórico de movimientos	Administrador, Operador	Consultar registros históricos de ubicación y comportamiento.
RF-07	Notificaciones	Administrador, Operador	Enviar alertas al usuario sobre eventos críticos o fallos del sistema.
RF-08	Reportes	Administrador	Generar reportes en PDF/CSV sobre el estado del ganado.
RF-09	Dashboard	Administrador	Visualiza mapas de calor, información básica de registros de cantidad de ganado, puntos de ubicación, y áreas de pastoreo

4.6.2. Diagramas UML

4.6.2.1. Diagramas de casos de uso

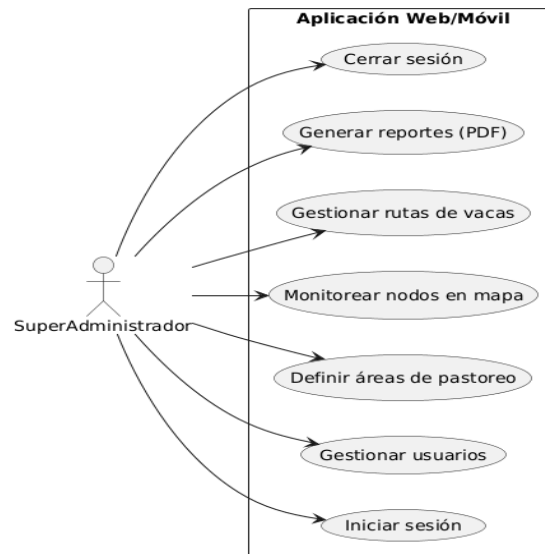


Figura 7. Diagrama de caso de uso - Super Administrador



Figura 8. Diagrama de caso de uso – Administrador

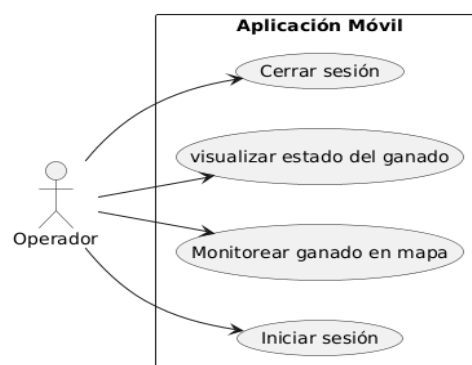


Figura 9. Diagrama de caso de uso – Operador

4.6.2.2. Diagramas de paquetes

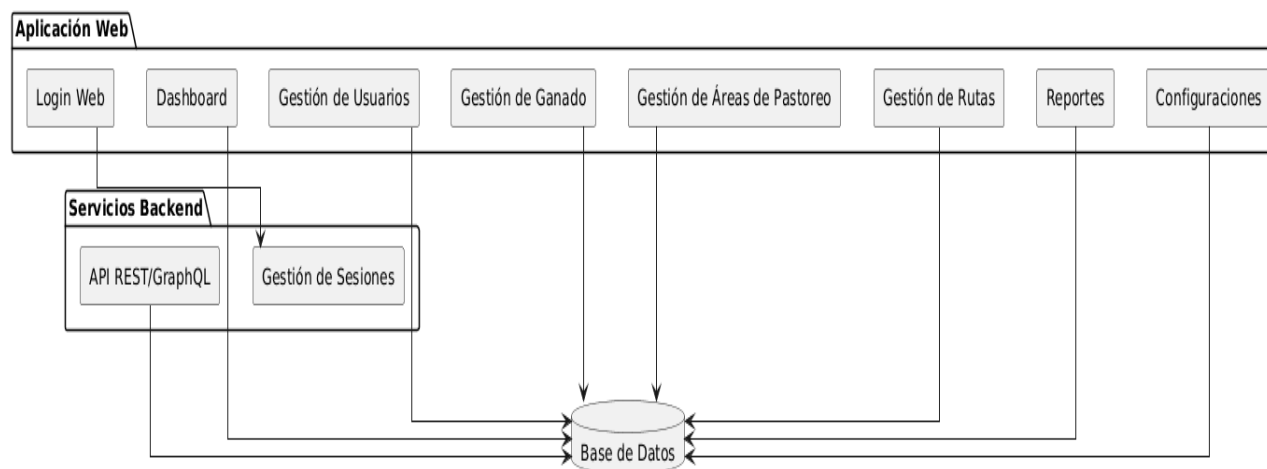


Figura 10. Diagrama de paquetes de la aplicación web

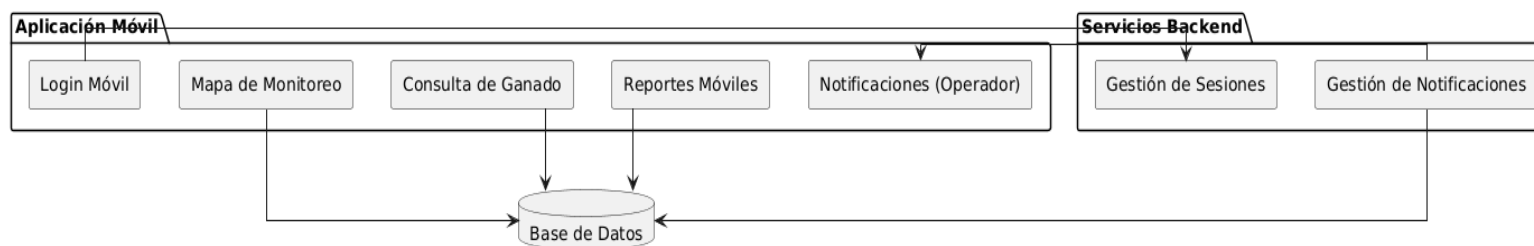


Figura 11. Diagrama de paquetes de la aplicación móvil

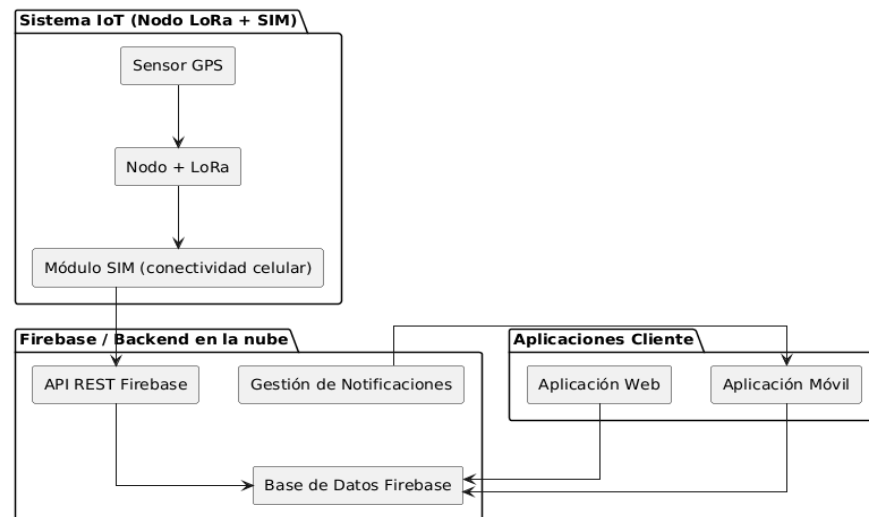


Figura 12. Diagrama de paquete

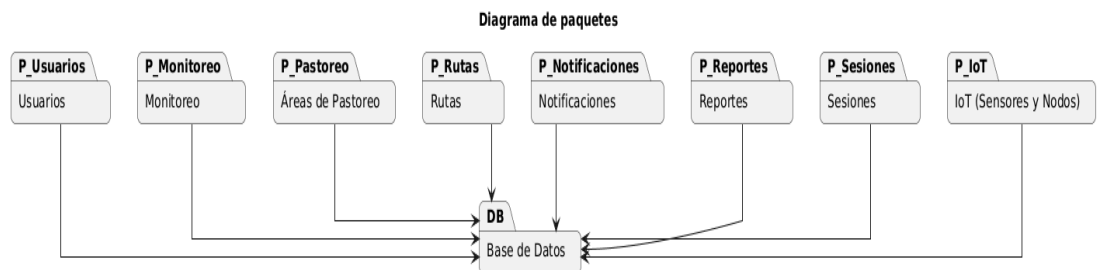


Figura 13. Diagrama de paquete

4.6.3. Desarrollo con Programación Extrema

En el desarrollo del sistema se utilizó la metodología ágil XP, el cual comprendió estas fases: exploración, planificación, iteraciones para la entrega y producción.

A.Exploración

1. Información general del proyecto

Tabla 11. Requerimientos

Nombre del Proyecto	Sistema IoT de Monitoreo mediante Aplicación Web y Móvil, 2024
Patrocinador Ejecutivo	Bach. Litman Seyneldy Ventura Flores
Descripción	El sistema permite monitorear en tiempo real la ubicación y actividad del ganado mediante nodos IoT con sensores GPS y conectividad LoRa/SIM. Incluye funcionalidades de gestión de usuarios, áreas de pastoreo, rutas y reportes. Además, proporciona notificaciones automáticas al Operador cuando un animal sale de la zona definida.

Área Usuaria	Operadores y Administradores del sistema de monitoreo.
Impacto del Proyecto	Alto. Mejora la trazabilidad del ganado, incrementa la seguridad en zonas rurales y optimiza el control de recursos pecuarios.
Tiempo de Desarrollo	Fecha de inicio: abril 2024 Fecha de cierre: diciembre 2024 • Cumplir con los requerimientos funcionales y no funcionales definidos.
Declaración del Alcance del Proyecto	• Asegurar el correcto funcionamiento del sistema en condiciones de baja conectividad. • Optimizar el tiempo de monitoreo, generación de reportes y acceso a la información desde cualquier dispositivo.

2. Equipo del proyecto

Tabla 12. Integrantes del proyecto

INTEGRANTE	NOMBRE	TELÉFONO
Tesista 1	Bach. VENTURA FLORES, Litman Seyneldy	965740427
Tesista 2	Bach. HUAMAN COAQUIRA, Libertad Kareen Karina	926039414
Asesor	Dr. MIRANDA CASTILLO, Ralph	986862648

3. Objetivos

Determinar la influencia de la aplicación web y móvil en la mejora del control y monitoreo de ganado en la provincia de Tambopata.

Evaluar la efectividad de la solución tecnológica basada en IoT para la gestión de áreas de pastoreo y rutas.

4. Entregables

Módulo de inicio de sesión (web y móvil).

Panel web para Administrador y Operador.

Panel de gestión de usuarios, áreas de pastoreo, rutas y notificaciones.

Aplicación móvil para Operadores.

Reportes en PDF/Excel.

5. Alcances

Diseño y desarrollo de la aplicación web con sus módulos principales.

Implementación de notificaciones y alertas de geocerca para el Operador.

Desarrollo de interfaces móviles optimizadas para el campo.

Conexión en tiempo real con Firebase (Realtime Database / Firestore).

Registro histórico de localización y comportamiento de ganado.

6. Principales riesgos conocidos

Tabla 13. Riesgos del proyecto

RIESGO	IMPACTO
Fallo en hardware IoT o conectividad	BAJO
Intermitencia en servicios de Firebase	MEDIO
Enfermedad o ausencia de integrantes	BAJO
Dificultades en pruebas de campo	BAJO

7. Dependencias externas

Correcta disponibilidad de los servicios de Firebase.

Cobertura de red celular en áreas rurales.

Disponibilidad de dispositivos IoT y sensores para pruebas.

Colaboración de Operadores en la validación de campo.

8. Estrategias de comunicación

Reuniones semanales presenciales y virtuales (Google Meet) con asesor y equipo técnico.

Canales de comunicación: WhatsApp y Google Drive para documentación compartida.

Reportes de avance entregados mensualmente al asesor.

4.6.4. Fases de la Programación Extrema (XP)

En el desarrollo del sistema se utilizó la metodología ágil XP, el cual comprendió cuatro fases: planificación, diseño, codificación y pruebas.

B. Planificación

En esta fase se planificaron las coordinaciones entre el tesista, los desarrolladores y el asesor para comprender la situación actual e identificar los problemas y requerimientos en el proceso de monitoreo del ganado. Además, se estableció el alcance del proyecto y la programación de las fechas.

La aplicación web y móvil cuentan con los siguientes módulos:

Módulo de inicio de sesión

El inicio de sesión tanto en la aplicación web como en la aplicación móvil será mediante correo electrónico y contraseña.

Módulos de la aplicación web

- a) Pantalla de dashboard.
- b) Gestión de usuarios.
- c) Gestión de Monitoreo.
- d) Gestión de áreas de pastoreo.
- e) Gestión de rutas.
- f) Generación de reportes (PDF/Excel).

Módulos de la aplicación móvil

1. App del Operador:

- Visualización del mapa de monitoreo en tiempo real.
- Consulta de animales monitoreados.
- Recepción de notificaciones de alertas.
- Generación de reportes básicos.

B.1 Historias de Usuario

Tabla 14. Historia de usuario 01

Código	01
Nombre	Acceso a la aplicación web y móvil
Prioridad	Alta
Riesgo	Baja
Puntos	3
Iteración	2
Programador	Litman Seyneldy Ventura Flores, Libertad Kareen Karina Huaman Coaquira
Descripción	Como usuario del sistema, quiero iniciar sesión en la aplicación web o móvil con mis credenciales, para poder acceder a las funcionalidades según mi rol.
Observaciones	El ingreso mediante correo y contraseña es para el personal administrativo; los operadores usan credenciales asignadas por el administrador.

Tabla 15. Historia de usuario 02

Código	02
Nombre	Gestión de usuarios (web)
Prioridad	Alta
Riesgo	Media
Puntos	5
Iteración	3
Programador	Litman Seyneldy Ventura Flores Como
Descripción	superadministrador/Administrador, quiero registrar, editar, eliminar usuarios para controlar el acceso al sistema.
Observaciones	Solo los roles de administrador y superadministrador tienen acceso a esta funcionalidad.

Tabla 16. Historia de usuario 03

Código	03
Nombre	Monitoreo de vacas (web y app)
Prioridad	Alta
Riesgo	Alta
Puntos	8
Iteración	4
Programador	Libertad Kareen Karina Huaman Coaquira

Descripción	Como operador, quiero visualizar en el mapa la ubicación en tiempo real de las vacas, diferenciando con iconos si son machos o hembras, y al hacer clic ver información detallada del animal.
Observaciones	El sistema debe actualizar los marcadores en tiempo real y mostrar datos de identificación de la vaca.

Tabla 17. Historia de usuario 04

Código	04
Nombre	Alertas de geocerca (app)
Prioridad	Alta
Riesgo	Alta
Puntos	5
Iteración	5
Programador	Litman Seyneldy Ventura Flores
Descripción	Como operador, quiero recibir una notificación en mi celular cuando una vaca salga del área de pastoreo definida, para actuar de inmediato.
Observaciones	La notificación se genera automáticamente desde el sistema cuando se detecta la salida del perímetro.

Tabla 18. Historia de usuario 05

Código	05
Nombre	Gestión de áreas de pastoreo (web)
Prioridad	Media
Riesgo	Media
Puntos	4
Iteración	4
Programador	Libertad Kareen Karina Huaman Coaquira
Descripción	Como super-administrador/administrador, quiero dibujar, registrar y modificar las áreas de pastoreo en el mapa para establecer geocercas.
Observaciones	Los polígonos definidos deben almacenarse en la base de datos y usarse para validar alertas de salida.

Tabla 19. Historia de usuario 06

Código	06
Nombre	Visualización de rutas
Prioridad	Media
Riesgo	Media
Puntos	6
Iteración	5
Programador	Litman Seyneldy Ventura Flores
Descripción	Como super-administrador/administrador, quiero visualizar las rutas recorridas por una vaca en el mapa, imprimirlas y generar un reporte con la imagen generada.
Observaciones	Debe permitir exportar los reportes en PDF.

Tabla 20. Historia de usuario 07

Código	07
Nombre	Reportes del ganado
Prioridad	Media
Riesgo	Media
Puntos	5
Iteración	6
Programador	Libertad Kareen Karina Huaman Coaquira
Descripción	Como administrador, quiero generar reportes históricos de movimientos y alertas del ganado para evaluar su comportamiento.
Observaciones	Debe exportar datos a formatos Excel.

Tabla 21. Historia de usuario 08

Código	08
Nombre	Dashboard
Prioridad	Baja
Riesgo	Baja
Puntos	1
Iteración	1
Programador	Libertad Kareen Karina Huaman Coaquira
Descripción	Como administrador, quiero visualizar un mapa de calor y datos de cantidad registros del ganado.
Observaciones	Debe exportar datos a formatos Excel.

B.2 Asignación de roles

Tabla 22. Asignación de roles

ROL XP	NOMBRE
Programador	Litman Seyneldy Ventura Flores – Kareen Karina Huamán Coaquira
Cliente	Enmanuel Paucar Cabrera
Encargado de pruebas	Litman Seyneldy Ventura Flores – Kareen Karina Huamán Coaquira
Jefe de proyecto	Litman Seyneldy Ventura Flores – Kareen Karina Huamán Coaquira

B.3. Planificación de lanzamiento

Tabla 23. Planificación de lanzamiento

Nº	HISTORIA DE USUARIO	ITERA	PRIO	RIESGO	ESFUERZO
1	Acceso a la aplicación web y móvil	2	ALTA	BAJA	3
2	Gestión de usuarios (web)	3	ALTA	MEDIA	5
3	Monitoreo de vacas (web y app)	4	ALTA	ALTA	8
4	Alertas de geocerca (app)	5	ALTA	ALTA	5
5	Gestión de áreas de pastoreo (web)	4	MEDIA	MEDIA	4
6	Visualización de rutas	5	MEDIA	MEDIA	6
7	Reportes del ganado (web)	6	MEDIA	MEDIA	5
8	Dashboard	1	BAJA	BAJA	2

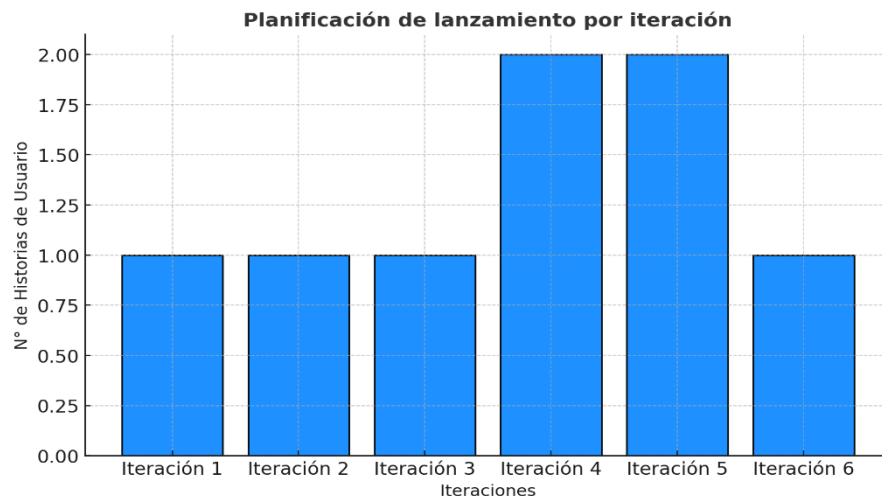


Figura 14 Planificación de lanzamiento por iteración.

En la gráfica se muestra la distribución de las historias de usuario por iteración.

Se observa que:

- **Iteración 1** contiene **1 historia** correspondiente al Dashboard.
- **Iteración 2** contiene **1 historia** correspondiente al acceso a la aplicación web y móvil.
- **Iteración 3** cuenta con **1 historia**, relacionada con la gestión de usuarios en la aplicación web.
- **Iteración 4** presenta **2 historias**, que corresponden al monitoreo de vacas en tiempo real y a la gestión de áreas de pastoreo.
- **Iteración 5** también agrupa **2 historias**, enfocadas en las alertas de geocerca y la visualización de rutas.
- **Iteración 6** contiene **1 historia**, vinculada a la generación de reportes del ganado.

En conclusión, la mayor concentración de funcionalidades se observa en las **iteraciones 4 y 5**, lo que refleja un esfuerzo más significativo en esas fases del desarrollo.

B.4. Velocidad del proyecto

Tabla 24. Velocidad del proyecto

Nº	HISTORIA DE USUARIO	DÍAS
1	Acceso a la aplicación web y móvil	4 días
2	Gestión de usuarios (web)	6 días
3	Monitoreo de vacas (web y app)	10 días
4	Alertas de geocerca (app)	8 días
5	Gestión de áreas de pastoreo (web)	7 días
6	Visualización de rutas	6 días
7	Reportes del ganado (web)	5 días
8	Dashboard (web)	3 días

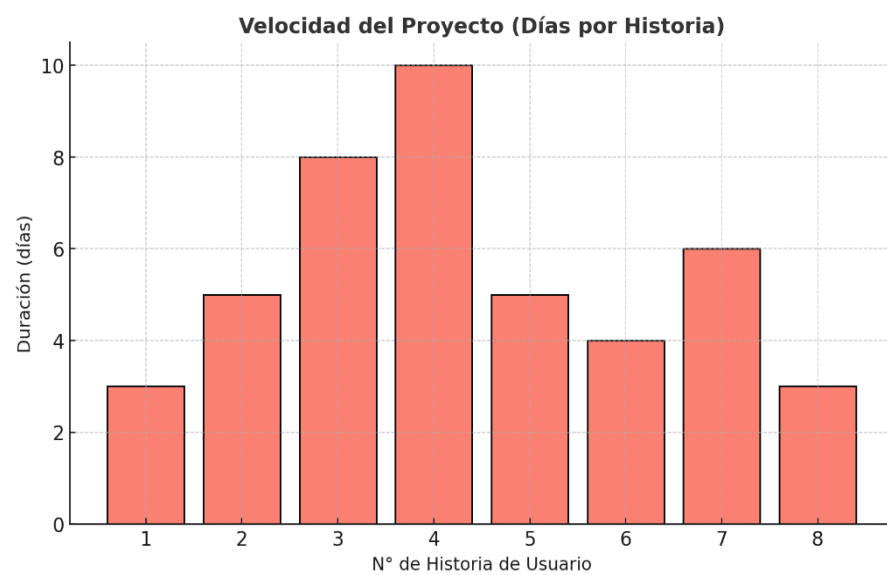


Figura 15 Velocidad del proyecto

El gráfico muestra la duración estimada en días para completar cada historia de usuario del sistema IoT de monitoreo de ganado. Se observa que la historia 04 (Monitoreo de vacas) demandó el mayor tiempo de desarrollo (10 días) debido a la integración de GPS, comunicación LoRa y actualización en Firebase.

Las demás historias, como Acceso a la aplicación y Reportes del ganado, requirieron menos tiempo, al centrarse en la interfaz y generación de reportes.

En conjunto, esta distribución permitió estimar la velocidad promedio del proyecto, ajustando la planificación de iteraciones futuras con mayor precisión y eficiencia.

B.5. Plan de entregas

Tabla 25. Plan de entregas

Nº	HISTORIA DE USUARIO	FECHA INICIO	FECHA TÉRMINO
1	Acceso a la aplicación web y móvil	03/05/2024	07/05/2024
2	Gestión de usuarios (web)	08/05/2024	13/05/2024
3	Monitoreo de vacas (web y app)	14/05/2024	23/05/2024
4	Alertas de geocerca (app)	24/05/2024	30/05/2024
5	Gestión de áreas de pastoreo (web)	31/05/2024	06/06/2024
6	Visualización de rutas	07/06/2024	13/06/2024
7	Reportes del ganado (web)	14/06/2024	19/06/2024

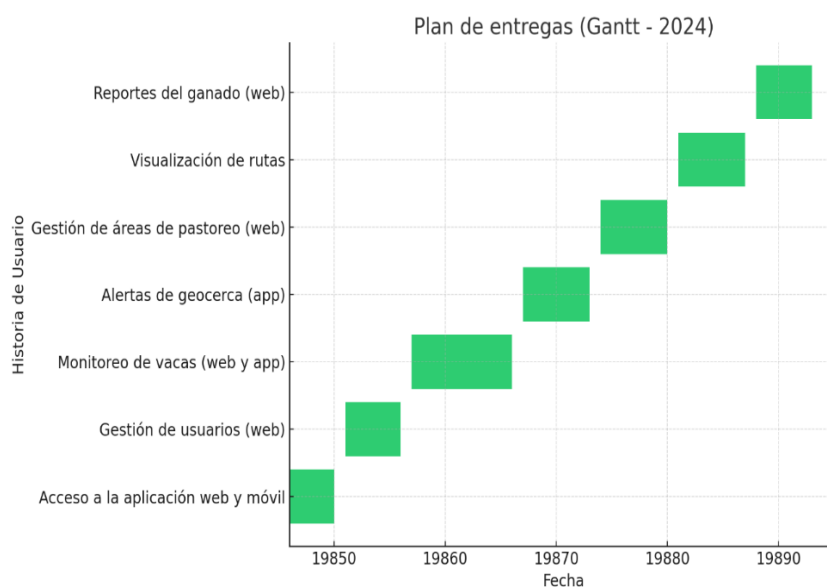


Figura 15 Plan de entregas.

En la figura se observa la planificación temporal del desarrollo de las historias de usuario del sistema IoT de Monitoreo de Ganado. Cada barra corresponde a una funcionalidad clave implementada dentro del cronograma de trabajo. El diseño secuencial permitió organizar las entregas según la

complejidad técnica y dependencia entre módulos, optimizando los tiempos de desarrollo y pruebas de campo.

C. Iteraciones

El sistema desarrollado consta de dos plataformas: una aplicación web y una aplicación móvil, diseñadas para optimizar el proceso de monitoreo del ganado vacuno en las zonas de pastoreo mediante el uso de tecnología IoT y comunicación LoRa. Ambas plataformas se integran con Firebase, que actúa como la nube principal para la gestión de datos y alertas.

- **La aplicación web** está orientada exclusivamente a los perfiles de Administrador y Superadministrador, quienes tienen acceso al panel de control general del sistema. Desde esta interfaz pueden gestionar usuarios, configurar las áreas de pastoreo, visualizar el estado de los nodos IoT, consultar reportes históricos del ganado, generar alertas personalizadas y monitorear el rendimiento general del sistema.
- Además, el sistema web permite definir y modificar las geocercas de cada área de pastoreo, las cuales son utilizadas como referencia para detectar las salidas del perímetro establecidas por los dispositivos colocados en los animales. También se incluyen módulos de notificaciones internas, reportes automáticos y generación de documentos en formato PDF o Excel para análisis técnico y administrativo.
- La aplicación móvil, por otro lado, está destinada exclusivamente al Operador ganadero, quien se encarga del monitoreo directo en campo. A través de la aplicación, el operador puede visualizar en un mapa la ubicación en tiempo real de cada animal, diferenciando los íconos según su género (macho o hembra).

- Cuando un animal sale del área de pastoreo delimitada, la aplicación activa un sistema de alertas automáticas, notificando al operador mediante una notificación en el dispositivo móvil.
- Asimismo, el operador puede acceder a información detallada de cada vaca (código, sexo, ubicación, historial de desplazamiento), generar reportes de movimiento, y consultar las rutas recorridas mediante registros GPS, que posteriormente pueden exportarse para análisis técnico o reportes de campo.

El desarrollo se organizó en iteraciones cortas, aplicando la metodología de Programación Extrema (XP), donde cada ciclo de desarrollo incluyó actividades de codificación, integración, pruebas y validación.

Las primeras iteraciones se centraron en la implementación de la estructura base del sistema web y la autenticación de usuarios, mientras que las iteraciones intermedias abordaron la comunicación entre los nodos LoRa y el gateway. Finalmente, las últimas iteraciones se enfocaron en la interfaz móvil, el sistema de alertas por geocerca y la integración final con Firebase.

Esta estructura de desarrollo permitió una evolución progresiva del sistema, asegurando la entrega continua de módulos funcionales, una mayor estabilidad del software y una mejor respuesta ante los requerimientos del usuario final.

C1. Modelado de Base de Datos

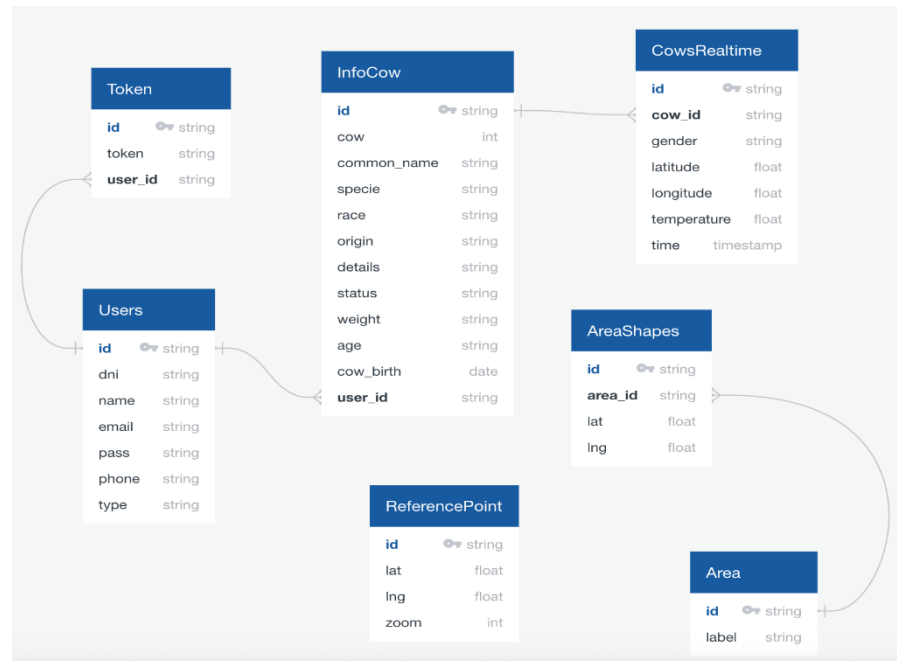


Figura 16 Modelo de Base de Datos.

C2. Prototipos

El prototipo de la interfaz de login de la aplicación web Cow Manager muestra la siguiente estructura:

- Barra de navegación**: Inicio.
- Barra de direcciones**: <https://cowmanager.site>.
- Formulario de login**:
 - Título: COW MANAGER.
 - Imagen: Ilustración de una vaca.
 - Campo de texto: DNI.
 - Campo de texto: Contraseña.
 - Botón: INGRESAR.
 - Enlace: [Olvidaste tu contraseña?](#)

Figura 17 Login de la aplicación web.



Figura 17 Dashboard.

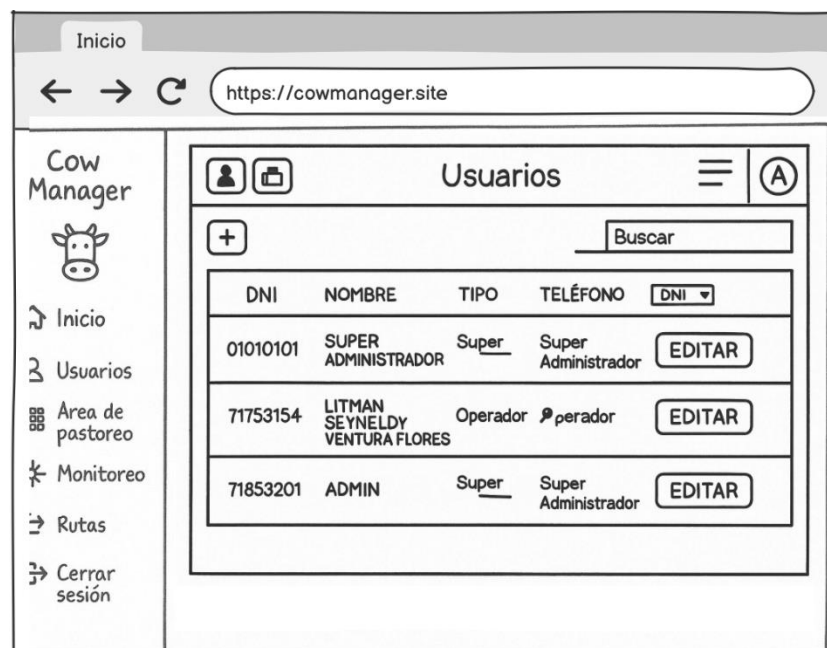


Figura 18 Usuarios.

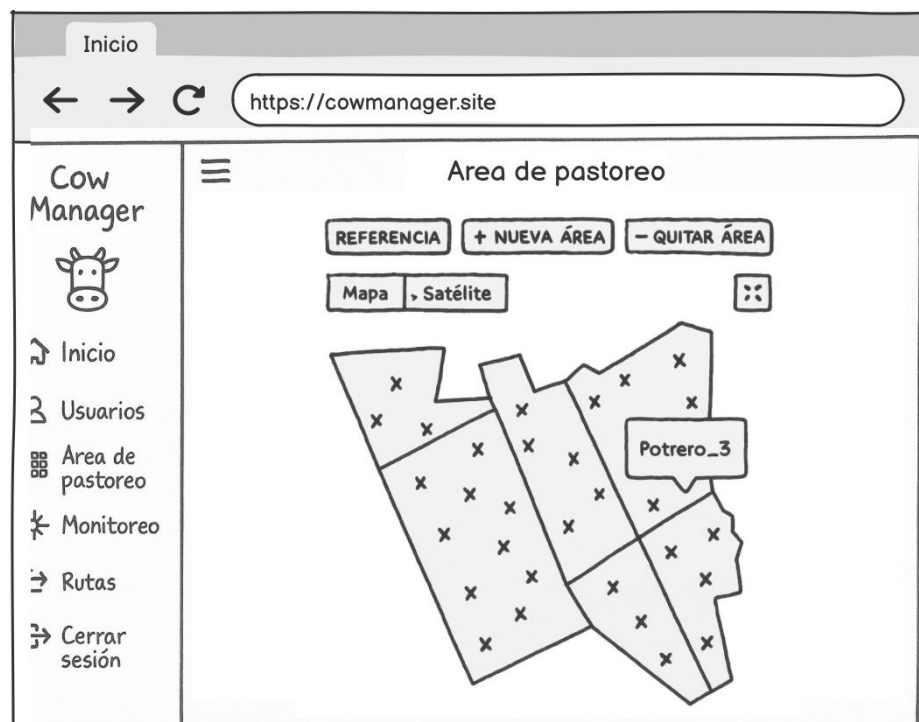


Figura 19 Área de pastoreo.

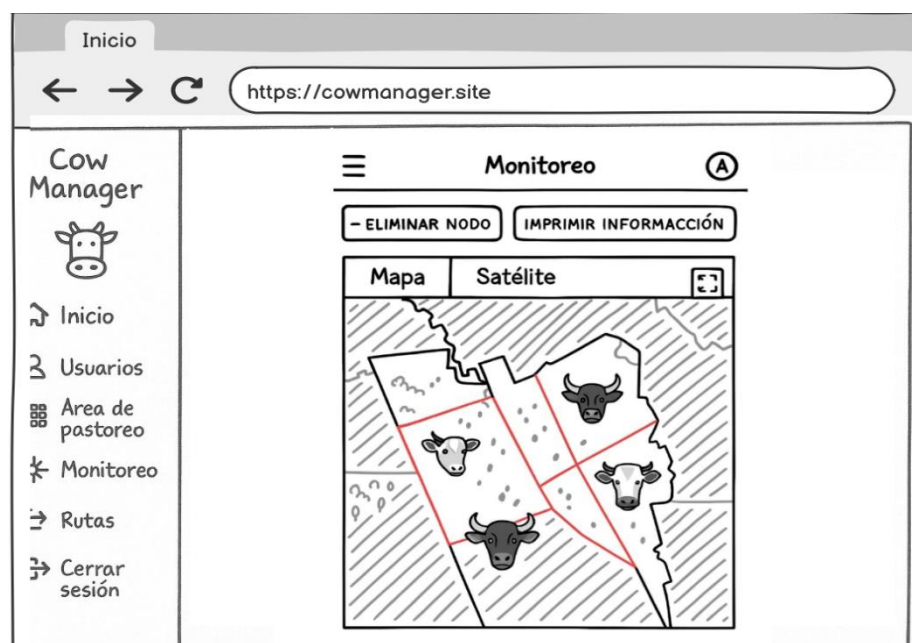


Figura 20 Monitoreo

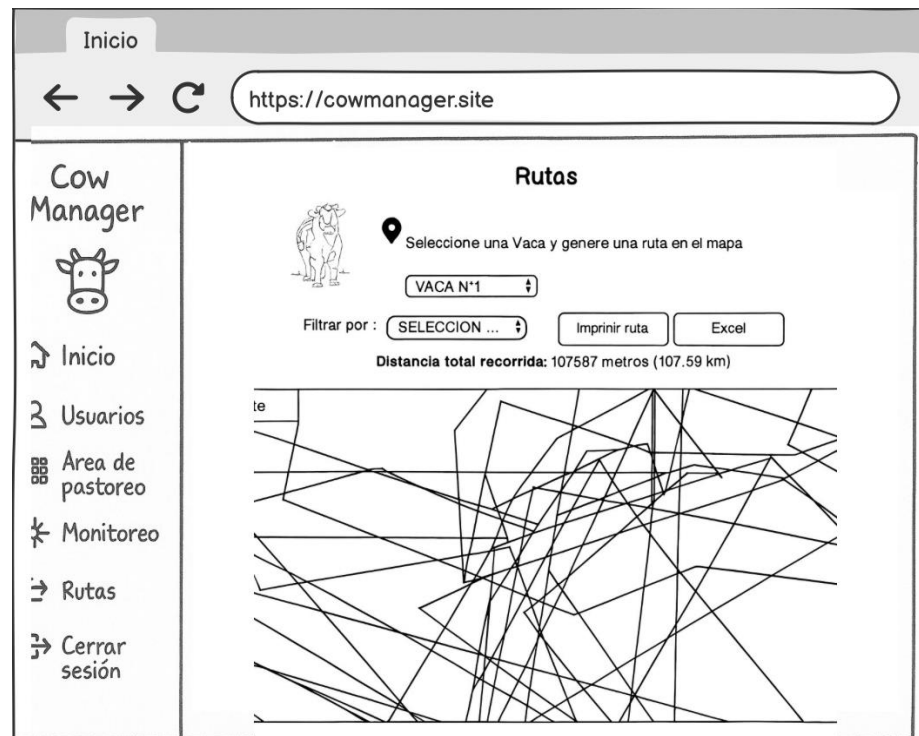


Figura 21 Rutas

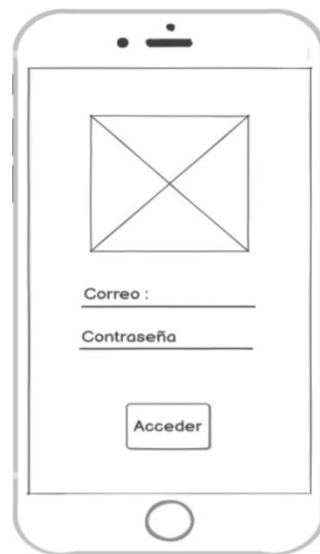


Figura 22 App móvil inicio de sesión



Figura 23 Menú principal

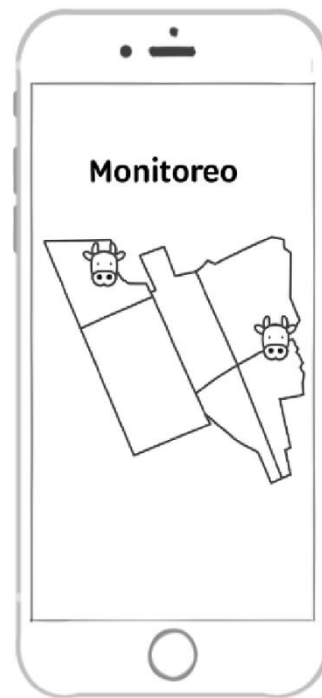


Figura 24 App móvil monitoreo.

C3. Diagrama de Clases

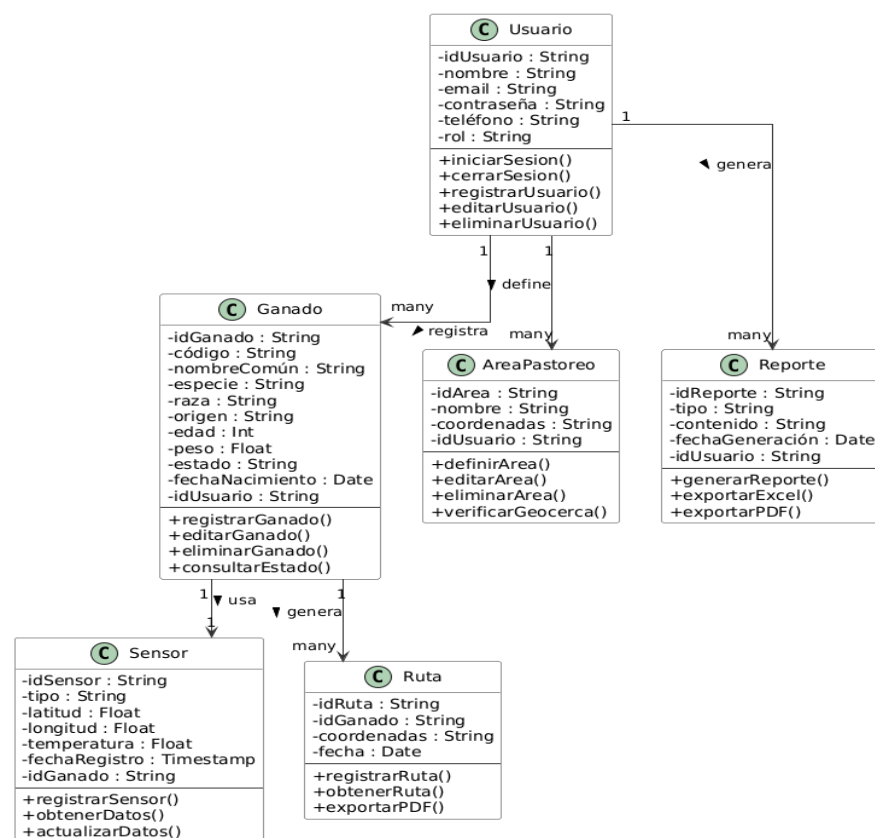


Figura 25 Diagrama de clases del sistema web.

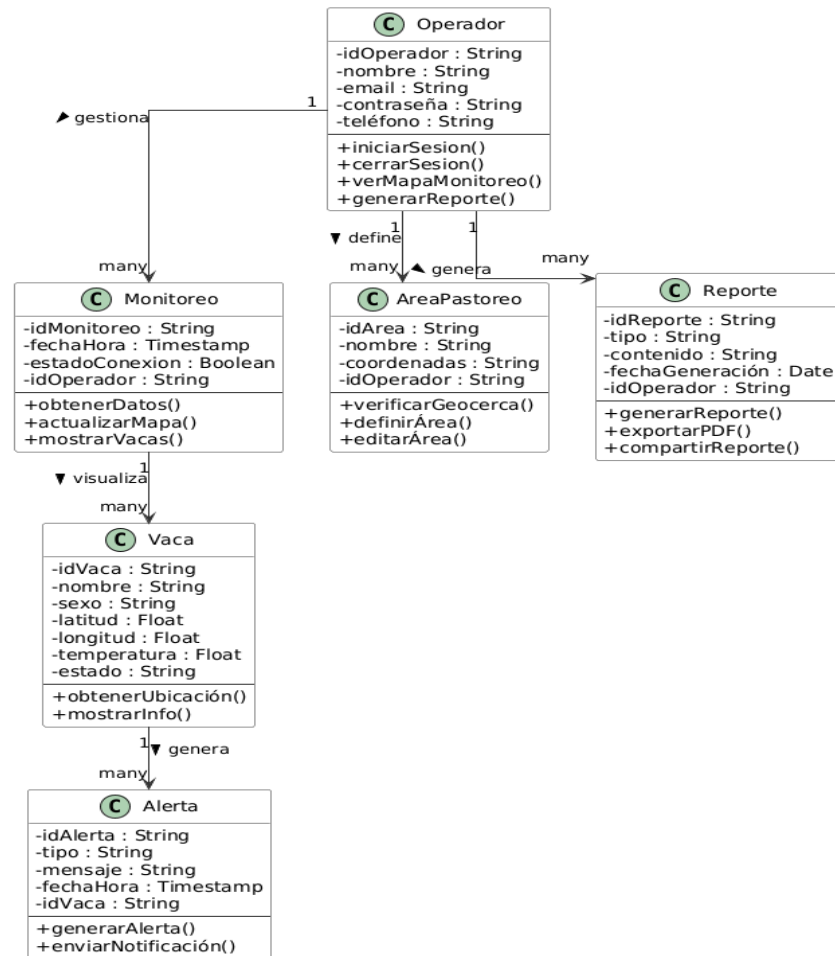


Figura 26 Diagrama de clases de la aplicación móvil.

C4. Principales clases del sistema

Sistema web

1. Gestión de rutas

Fragmento de código:

```
// --- CONFIGURACIÓN GENERAL ---
const db = firebase.firestore();
const DEFAULT_LOCATION = { lat: -12.5746489620646, lng:
-69.16789782379598 };
```

```
let map, drawingManager, shapes = [], vertices = "",
idDeleteArea = "", point = {};
```

// --- FUNCIONES AUXILIARES ---

```
const showModal = id => MicroModal.show(id);
const hideModal = id => MicroModal.close(id);
const notify = (icon, title) => Swal.fire({ toast:true,
position:'top-end', timer:2000, icon, title,
showConfirmButton:false });
```

```

const getReference = () =>
JSON.parse(localStorage.getItem("reference")) ||
DEFAULT_LOCATION;

// --- REFERENCIA ---
async function initializeReference() {
  const ref = getReference();
  const map = new
google.maps.Map(document.getElementById("googleMapRef
erence"), {
  center: ref, zoom: 16, mapTypeId:
google.maps.MapTypeId.ROADMAP
});

const marker = new google.maps.Marker({ position: ref, map,
title: "Mi posición", draggable: true });
  marker.addListener("drag", e => point = { lat: e.latLng.lat(),
lng: e.latLng.lng(), zoom: 17 });
}

async function saveReference() {
  if (!Object.keys(point).length) return Swal.fire("Hey!",
"Agregue un punto de referencia!", "info");
  toggleDisplay("footerReference", false);
  toggleDisplay("save_reference", true);

  await db.collection("reference").doc("point").set(point);
  localStorage.setItem("reference", JSON.stringify(point));
  toggleDisplay("footerReference", true);
  toggleDisplay("save_reference", false);
  hideModal("reference-area"); notify("success", "Ubicación
guardada!"); location.reload();
}
function toggleDisplay(id, show) {
  document.getElementById(id).style = show ?
"display:flex;justify-content:space-around;margin-top:-20px;" :
"display:none;";
}

// --- MAPA Y ÁREAS ---
function initialize() {
  const ref = getReference();
  map = new
google.maps.Map(document.getElementById("map-canvas"),
{ center: ref, zoom: 16, mapTypeId: "roadmap" });

drawingManager = new
google.maps.drawing.DrawingManager({
drawingMode: google.maps.drawing.OverlayType.POLYGON,

```

```

drawingControl: true,
drawingControlOptions: { position:
google.maps.ControlPosition.TOP_CENTER, drawingModes:
["polygon"] },
  polygonOptions: { editable: true }
});
drawingManager.setMap(map);

google.maps.event.addListener(drawingManager,
"overlaycomplete", e => {
  vertices = e.overlay.getPath().toArray().toString();
  drawingManager.setMap(null);
});
}

async function saveArea() {
const label = document.getElementById("label").value;
if (!vertices) return Swal.fire("Hey!", "Agregue un área!",
"warning");
if (!label) return Swal.fire("Hey!", "Ingresa un nombre al área!",
"warning");

const coords = vertices.split(",").map(v => {
const [lat, lng] = v.replace(/[(] )/g,
"").split(",").map(parseFloat);
return { lat, lng };
});

await db.collection("area").add({ shapes: coords, label });
notify("success", "Área registrada!");
resetMap();
}

function resetMap() {
vertices = ""; shapes = [];
document.getElementById("label").value = "";
initialize(); init();
}

// --- MOSTRAR Y ELIMINAR ÁREAS ---
async function init() {
const map = new
google.maps.Map(document.getElementById("mapa"), {
center: getReference(), zoom: 17, mapTypeId: "satellite"
});

const snapshot = await db.collection("area").get();
snapshot.forEach(doc => {
const poly = new google.maps.Polygon({
paths: doc.data().shapes,

```

```

strokeColor: "#fc0000", fillColor: "#fc0000", strokeOpacity: 0.8,
fillOpacity: 0.35
});
poly.setMap(map);
poly.addListener("mouseover", e => {
  new google.maps.InfoWindow({ content:
    <b>${doc.data().label}</b>`, position: e.latLng }).open(map);
});
});
}

async function deleteAreaFromDB() {
  if (!idDeleteArea) return;
  await db.collection("area").doc(idDeleteArea).delete();
  notify("success", "Área eliminada!"); idDeleteArea = ""; init();
}

// --- EVENTOS DE INICIO ---
google.maps.event.addDomListener(window, "load", () => {
  initialize();
  init();
  initializeReference();
});

```

Explicación:

Este módulo permite a los administradores gestionar zonas geográficas y puntos de referencia en un mapa interactivo conectado con Firebase Firestore. Su función principal es registrar, visualizar y eliminar áreas (polígonos) que representan sectores definidos dentro de un entorno (como zonas de pastoreo, parcelas o áreas de monitoreo), todo en tiempo real.

El sistema utiliza Google Maps API para el dibujo y manipulación de polígonos, y Firestore para el almacenamiento persistente de coordenadas y etiquetas.

Cada área se guarda con un nombre identificador (label) y un conjunto de vértices (shapes), mientras que un punto de referencia (reference) define el centro base del mapa.

Aplicación móvil

1. Alertas de geocerca

Fragmento de código:

```
private fun initMonitoring(){

    dr.child("cows").addValueEventListener(object :
    ValueEventListener {
        @RequiresApi(Build.VERSION_CODES.O)
        override fun onDataChange(snapshot: DataSnapshot)
        {
            if (snapshot.exists()){
                var ctx = 0
                val cows : ArrayList<Cows> = ArrayList()
                for(postSnapshot in snapshot.children){
                    ctx++
                    val key = postSnapshot.key
                    dr.child("cows").child(key!!).child("location").addListenerFor
                    SingleValueEvent(object :
                        ValueEventListener {
                            @SuppressWarnings("WrongConstant")
                            @RequiresApi(Build.VERSION_CODES.O)
                            override fun onDataChange(snapshotC:
                            DataSnapshot) {
                                if (snapshotC.exists()){
                                    val cow = snapshotC.getValue(Cows::class.java)!!
                                    val positionCow : LatLng =
                                    LatLng(cow.latitude,cow.longitude)
                                    cow.id = key
                                    val cowID = key.split("cow")
                                    val gender = cow.gender
                                    df.collection("area").get()
                                }.addOnCompleteListener { documents ->
                                    if (documents.isSuccessful){
                                        var isFar = 0
                                        for(document in documents.result) {
                                            val areas = document.toObject(Areas::class.java)
                                            val vertices: ArrayList<LatLng> = ArrayList()
                                            for ((countShape) in areas.shapes.withIndex()){
                                                val valueShape = LatLng(areas
                                                    .shapes[countShape].lat,areas
                                                    .shapes[countShape].lng)
                                                vertices.add(valueShape)
                                            }

                                            if(isPointInPolygon(positionCow,vertices)){
                                                isFar++
                                            }
                                        }
                                    }
                                }
                            }
                        })
                }
            }
        }
    })
}
```

```

if(isFar > 0){
    val notificationId = cowID[1].toInt()
    val notificationManager = getSystemService(

NOTIFICATION_SERVICE) as NotificationManager

notificationManager.cancel(notificationId)
}else{
    var largeIcon = 0
    val notificationId = cowID[1].toInt()
    val notificationIntent =
Intent(applicationContext, MapsActivity::class.java)
    val pendingIntent =
PendingIntent.getActivity(applicationContext, 0, notificationIntent, 0)
    largeIcon = if(gender == "male"){
        R.drawable.male_cow
    }else{
        R.drawable.female_cow
    }
    val alarmSound = Uri.parse(

ContentResolver.SCHEME_ANDROID_RESOURCE
                        + "://" +
application.packageName + "/raw/cow_sound")
    val r =
RingtoneManager.getRingtone(applicationContext,
alarmSound)
    r.play()
    val notification = Notification

.Builder(applicationContext, StringsValues.CHANNEL_ID)
        .setContentTitle(StringsValues.ALERT)
        .setContentText("La vaca N°" + cowID[1] + " está fuera
del perímetro")
        .setSmallIcon(R.drawable.icon_cow)
        .setLargeIcon(BitmapFactory.decodeResource(resources, largeIcon))
        .setPriority(NotificationCompat.PRIORITY_MAX)
        .setContentIntent(pendingIntent)
        .build()
    with(NotificationManagerCompat.from(applicationContext))
    {
        notify(notificationId, notification)
    } } }
.addOnFailureListener { exception ->
    Log.w(ContentValues.TAG, "Error getting documents: ",
exception) }
}
override fun onCancelled(error: DatabaseError) {

```

```

    }) }
    override fun onCancelled(error: DatabaseError) {
    }

    })

```

Explicación:

Este módulo permite realizar el monitoreo en tiempo real del ganado (vacas) mediante geolocalización, integrando datos de Firebase Realtime Database y Firebase Firestore con el sistema Android.

El sistema obtiene constantemente la ubicación de cada vaca registrada en la base de datos y verifica si su posición actual se encuentra dentro o fuera del perímetro autorizado, definido por polígonos geográficos almacenados en Firestore.

En caso de detectar que una vaca ha salido del área establecida, el sistema genera una alerta inmediata en el dispositivo móvil, incluyendo sonido, notificación visual y una imagen representativa según el género del animal (macho o hembra).

```

2. Algoritmo rayCastIntersect
private fun isPointInPolygon(tap: LatLng, vertices:
ArrayList<LatLng>): Boolean {
    var intersectCount = 0
    for (j in 0 until vertices.size - 1) {
        if (rayCastIntersect(tap, vertices[j], vertices[j + 1])) {
            intersectCount++
        }
    }
    return intersectCount % 2 == 1 // odd = inside, even =
outside;
}

private fun rayCastIntersect(tap: LatLng, vertA: LatLng,
vertB: LatLng): Boolean {
    val aY = vertA.latitude
    val bY = vertB.latitude
    val aX = vertA.longitude

```

```

    val bX = vertB.longitude
    val pY = tap.latitude
    val pX = tap.longitude
    if (aY > pY && bY > pY || aY < pY && bY < pY
        || aX < pX && bX < pX
    ) {
        return false // a and b can't both be above or below
pt.y, and a or
        // b must be east of pt.x
    }
    val m = (aY - bY) / (aX - bX) // Rise over run
    val bee = -aX * m + aY // y = mx + b
    val x = (pY - bee) / m // algebra is neat!
    return x > pX
}

```

Explicación:

Este algoritmo es esencial dentro del módulo de monitoreo inteligente de ganado. Se utiliza para determinar si una vaca ha salido del área delimitada en Firestore. En caso de que el método devuelva false, se genera una alerta inmediata en el dispositivo móvil, activando sonido, notificación e imagen asociada al animal.

C.5 Disponibilidad del cliente

La comunicación con el cliente fue constante y efectiva durante todo el proceso de desarrollo del sistema. Se contó con la colaboración permanente del área técnica y de producción de la empresa encargada del proyecto, en coordinación con el personal de campo y los responsables de la gestión ganadera en la zona de Tambopata.

Las reuniones se realizaron de manera presencial y virtual, con una frecuencia semanal en un horario de 9:00 a.m. a 12:00 p.m., de lunes a viernes, permitiendo revisar avances y resolver observaciones técnicas. En cada sesión se abordaron aspectos funcionales relacionados con la transmisión de datos de los nodos, la sincronización con Firebase, y la visualización en tiempo real desde la aplicación móvil y web.

Esta interacción continua facilitó el levantamiento preciso de requerimientos, asegurando que las necesidades operativas del cliente fueran satisfechas tanto en la plataforma web administrativa como en la aplicación móvil de monitoreo.

C.6. Programación en parejas

No se realizó programación en parejas. Las tareas de desarrollo y codificación del sistema fueron distribuidas entre los integrantes del equipo técnico de la empresa, quienes trabajaron de forma colaborativa, pero de manera independiente según los módulos asignados (aplicación web, aplicación móvil y sistema IoT).

La coordinación del equipo se mantuvo mediante reuniones periódicas donde se revisaban los avances, se resolvían incidencias técnicas y se planificaban los siguientes pasos de integración. Este método permitió mantener una estructura de trabajo ordenada y eficiente durante todo el ciclo de desarrollo.

C.7. Integración continua

El sistema, conformado por la plataforma web administrativa y la aplicación móvil para el operador, fue desplegado en un entorno de pruebas bajo un dominio y hosting activo con conexión a Firebase Realtime Database y Firestore. Esta estrategia de integración continua permitió verificar la comunicación entre los módulos IoT, la base de datos en la nube y las interfaces de usuario, asegurando la sincronización en tiempo real de la información proveniente de los sensores y nodos de monitoreo. Asimismo, el equipo técnico realizó pruebas funcionales y validaciones continuas para garantizar la estabilidad del sistema, detectando tempranamente posibles errores y aplicando ajustes antes de su implementación definitiva en campo.

D. Producción

D.1. Pruebas de aceptación

Se realizaron pruebas de aceptación con el propósito de verificar el correcto funcionamiento de la aplicación web y móvil, desarrollada para la gestión del monitoreo y control del ganado mediante dispositivos IoT en tiempo real. Estas pruebas fueron ejecutadas por el equipo de desarrollo junto con los representantes del área de producción ganadera de la región de Madre de Dios, quienes actuaron como clientes y usuarios finales del sistema.

Durante las pruebas, se evaluaron las funcionalidades clave de cada módulo, incluyendo la visualización de áreas de pastoreo, monitoreo en tiempo real de las vacas mediante GPS, así como la emisión de reportes y alertas automáticas ante cambios de comportamiento o salida de zonas delimitadas. Asimismo, se verificó la correcta sincronización entre la aplicación móvil y la plataforma web, asegurando un flujo constante de datos desde el Gateway hacia Firebase Realtime Database y Firestore. Las observaciones realizadas por el cliente permitieron afinar detalles de usabilidad, optimización del consumo de recursos del dispositivo móvil, y corrección de errores menores antes de su despliegue final.

D.2. Descripción de pruebas de aceptación

Tabla 26. Caso de prueba 01

CÓDIGO	01
Historia de usuario	Acceso a la aplicación web y móvil.
Condiciones de ejecución	El usuario debe contar con credenciales válidas registradas en Firebase Authentication.
Entrada/pasos de ejecución	1. Abrir la aplicación web o móvil. 2. Ingresar correo y contraseña válidos. 3. Presionar el botón 'Ingresar'.
Resultado esperado	Acceso exitoso al sistema mostrando el panel de inicio correspondiente al tipo de usuario.
Evaluación de la prueba	La prueba fue satisfactoria, verificando la autenticación segura mediante Firebase Authentication.

Tabla 27. Caso de prueba 02

CÓDIGO	02
Historia de usuario	Gestión de usuarios (web).
Condiciones de ejecución	El administrador debe estar autenticado y tener permisos de gestión.
Entrada/pasos de ejecución	1. Ingresar al panel de administración. 2. Acceder a la sección 'Usuarios'. 3. Registrar un nuevo usuario llenando los campos requeridos. 4. Guardar los datos.
Resultado esperado	El nuevo usuario se crea exitosamente y aparece en la lista general.
Evaluación de la prueba	La prueba fue exitosa, verificando la sincronización con Firebase Firestore.

Tabla 28. Caso de prueba 03

CÓDIGO	03
Historia de usuario	Monitoreo de vacas (web y app).
Condiciones de ejecución	El gateway debe estar enviando datos válidos a Firebase Realtime Database.
Entrada/pasos de ejecución	1. Acceder al módulo 'Monitoreo'. 2. Visualizar el mapa con las vacas activas. 3. Seleccionar una vaca para ver su información en tiempo real.
Resultado esperado	Los datos se muestran correctamente en el mapa, actualizándose en tiempo real.
Evaluación de la prueba	La prueba fue satisfactoria, validando la conexión IoT y la lectura desde Firebase.

Tabla 29. Caso de prueba 04

CÓDIGO	04
Historia de usuario	Gestión de áreas de pastoreo.
Condiciones de ejecución	El usuario administrador debe estar autenticado.
Entrada/pasos de ejecución	1. Acceder al módulo 'Área de pastoreo'. 2. Seleccionar 'Nueva área'. 3. Dibujar el perímetro del potrero. 4. Guardar los cambios.
Resultado esperado	El área se guarda y visualiza correctamente en el mapa.

Evaluación de la prueba	La prueba fue exitosa, validando la escritura y lectura de datos desde Firestore.
--------------------------------	---

Tabla 30. Caso de prueba 05

CÓDIGO	05
Historia de usuario	Alertas de geocerca (app).
Condiciones de ejecución	El sistema debe tener áreas registradas y vacas activas enviando coordenadas.
Entrada/pasos de ejecución	1. Iniciar monitoreo desde la app. 2. Mover el nodo de la vaca fuera del área definida. 3. Verificar la notificación.
Resultado esperado	Se genera una alerta en la aplicación indicando salida del perímetro.
Evaluación de la prueba	La prueba fue correcta, validando el algoritmo RayCastIntersect en tiempo real.

Tabla 31. Caso de prueba 06

CÓDIGO	06
Historia de usuario	Visualización de rutas (web).
Condiciones de ejecución	Deben existir registros previos de movimiento de vacas.
Entrada/pasos de ejecución	1. Acceder al módulo 'Rutas'. 2. Seleccionar una vaca y rango de fechas. 3. Generar la ruta.
Resultado esperado	Se muestra la ruta trazada con la distancia total recorrida.
Evaluación de la prueba	La prueba fue satisfactoria, verificando la correcta lectura de coordenadas históricas.

Tabla 32. Caso de prueba 07

CÓDIGO	07
Historia de usuario	Reportes del ganado (web).
Condiciones de ejecución	Debe haber información de monitoreo almacenada en la base de datos.
Entrada/pasos de ejecución	1. Ingresar al módulo 'Rutas'. 2. Seleccionar tipo de reporte y rango de fechas. 3. Exportar en formato Excel.

Resultado esperado	El reporte se genera exitosamente y se descarga correctamente.
Evaluación de la prueba	La prueba fue correcta, confirmando la exportación y generación de datos en formato Excel.

Tabla 33. Caso de prueba 08

CÓDIGO	08
Historia de usuario	Dashboard (web).
Condiciones de ejecución	Debe haber información de monitoreo almacenada en la base de datos.
Entrada/pasos de ejecución	1. Ingresar al módulo inicial. 2. Visualizar el mapa de calor y otros datos
Resultado esperado	Se visualiza exitosamente.
Evaluación de la prueba	La prueba fue correcta, confirmando la visualización de datos.

D.3. Pruebas de software

Durante el proceso de desarrollo del sistema, se aplicaron prácticas inspiradas en la metodología Extreme Programming (XP), con especial énfasis en la validación de la calidad del software y la estabilidad de la comunicación entre los nodos IoT, la aplicación móvil y la plataforma web. XP fomenta la retroalimentación continua y la mejora incremental del código, integrando las pruebas desde las etapas iniciales del desarrollo.

Para asegurar la confiabilidad del sistema, se implementaron dos enfoques técnicos fundamentales: pruebas de caja blanca y pruebas de caja negra, las cuales garantizaron el correcto funcionamiento tanto del firmware embebido en los microcontroladores como de los componentes de software en la nube y las interfaces de usuario.

• **Pruebas de Caja Blanca (Test-Driven Development - TDD):**

Este enfoque se aplicó principalmente en la etapa de desarrollo del firmware del sistema IoT y en los módulos críticos del backend.

Cada componente fue desarrollado siguiendo el ciclo Red-Green-Refactor, que consiste en:

1. Escribir una prueba que inicialmente falle (Red).
2. Implementar el código mínimo necesario para que la prueba pase (Green).
3. Refactorizar el código para optimizarlo y mantener su legibilidad (Refactor).

A través de este método, se validó el comportamiento interno del código, incluyendo la lectura de sensores, la transmisión de datos por LoRa, la sincronización con Firebase y la actualización de estados en tiempo real. Esto permitió detectar errores lógicos y garantizar la estabilidad del flujo de datos antes de su integración con la aplicación móvil y web.

Pruebas de Caja Negra:

Las pruebas de caja negra se enfocaron en la validación de la funcionalidad del sistema desde la perspectiva del usuario final.

Se realizaron evaluaciones sobre:

- La aplicación web (interacción del administrador, gestión de usuarios, áreas de pastoreo y rutas).
- La aplicación móvil (interfaz del operador y monitoreo en campo).
- La comunicación entre el gateway y los nodos IoT, verificando la precisión de los datos enviados al servidor en la nube.

Cada módulo fue probado sin acceder al código fuente, priorizando la correcta respuesta del sistema ante entradas específicas. Los resultados demostraron una alta estabilidad en la transmisión de datos, una visualización fluida de las rutas en el mapa y la detección precisa de límites geográficos (geocercas).

D.4. Comparación del Sistema Actual vs Sistema Propuesto

La siguiente tabla presenta la comparación entre el sistema actual de control y monitoreo del ganado y el sistema propuesto basado en tecnología IoT y aplicaciones web-móvil. Esta comparación permite evidenciar las mejoras tecnológicas, de eficiencia y gestión obtenidas con la nueva solución.

Tabla 34. Comparación del sistema web con lo actual

Aspecto	Sistema Actual	Sistema Propuesto
Registro de datos	Se realiza manualmente en cuadernos o hojas de cálculo, lo que ocasiona duplicidad o pérdida de información.	Los datos se registran automáticamente desde los nodos IoT hacia Firebase en tiempo real, garantizando precisión y trazabilidad.
Monitoreo del ganado	El seguimiento se hace visualmente en campo, sin herramientas de localización ni historial de movimiento.	Se realiza mediante el mapa integrado en la aplicación web y móvil, mostrando ubicación GPS en tiempo real y rutas recorridas.
Control de áreas de pastoreo	No existe un control delimitado; la detección de fugas depende del personal en campo.	Se implementa geocerca digital. Si una vaca sale del perímetro, se genera una alerta inmediata en la aplicación móvil del operador.
Comunicación de alertas	La detección de incidentes es	El sistema notifica automáticamente al

	tardía; las alertas se comunican de forma verbal o por teléfono.	operador mediante la app móvil cuando una vaca sale del área definida.
Gestión de reportes	Los reportes se elaboran manualmente sin respaldo digital ni datos históricos precisos.	El sistema genera reportes automáticos en formato PDF o Excel, mostrando rutas, alertas y estadísticas por animal.
Disponibilidad de información	Los datos solo se encuentran en campo o en registros locales.	Los datos se almacenan en la nube (Firebase), accesibles desde cualquier dispositivo con conexión a Internet.
Eficiencia operativa	Alta dependencia de personal de campo y errores humanos en los registros.	Reducción de tiempo, errores y personal necesario gracias a la automatización de procesos y alertas inteligentes.
Seguridad de la información	No existe respaldo o control de acceso.	Uso de autenticación Firebase y almacenamiento seguro en la nube.
Accesibilidad	Limitada a los usuarios en campo o responsables del registro.	Acceso multiplataforma (web y móvil) para administradores y operadores en cualquier momento y lugar.

D.5. Limitaciones del estudio

El presente estudio reconoce algunas limitaciones. En primer lugar, la muestra de validación se circunscribió únicamente al entorno de prueba implementado en la región de Madre de Dios, lo que restringe la generalización de los resultados a otras zonas geográficas con diferentes condiciones de conectividad, infraestructura tecnológica y extensión de campo. Otro aspecto relevante a considerar es la dependencia tecnológica del proyecto, ya que su operatividad se encuentra sujeta a la disponibilidad de conexión a internet y al correcto funcionamiento de los

dispositivos IoT utilizados (GPS y módulos SIM800L). Además, la continuidad del sistema requiere mantenimiento periódico, actualización del software para garantizar la precisión de los datos y la estabilidad de la plataforma. Finalmente, las pruebas se realizaron en un periodo limitado de tiempo, lo que no permite evaluar los efectos a largo plazo del uso del sistema en la productividad ganadera o en la gestión administrativa del usuario.

Recomendaciones para futuras investigaciones

Se recomienda ampliar el estudio a diferentes regiones ganaderas del país, con el fin de analizar el comportamiento del proyecto bajo distintos entornos climáticos y topográficos. Asimismo, sería conveniente integrar módulos de inteligencia artificial para la detección temprana de anomalías en el comportamiento o la salud del ganado, y evaluar su impacto en la toma de decisiones del productor.

4.7.Arquitectura IoT de 5 capas aplicada al sistema

La arquitectura de referencia del sistema IoT de monitoreo de ganado se ha implementado siguiendo el modelo de 5 capas: percepción, red, borde, procesamiento y aplicación/negocio. A continuación, se detalla cada una de estas capas aplicadas al proyecto.

4.7.1. Capa de Percepción

Esta capa está conformada por los nodos IoT instalados en el ganado. Cada nodo está diseñado en PCB personalizada y cuenta con:

- a) Microcontrolador ATMEGA328P como unidad de control.
- b) Módulo GPS (NEO-6M) para la obtención de coordenadas.
- c) Módulo LoRa SX1278 para comunicación de largo alcance.
- d) Módulo SIM800L para transmisión alternativa mediante GPRS.

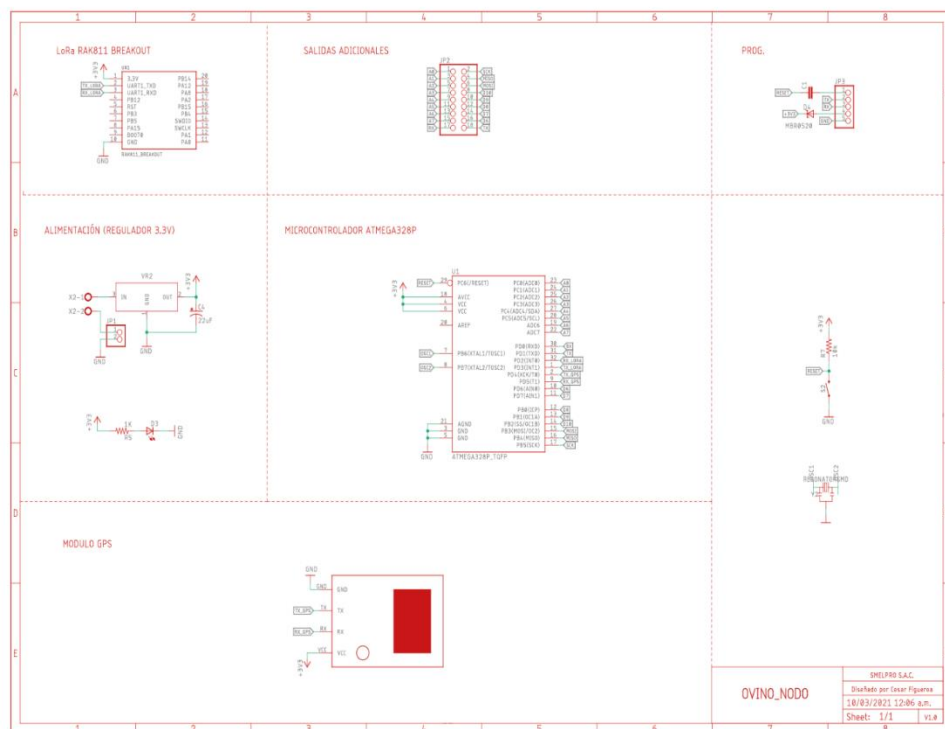


Figura 27. Esquemático del nodo IoT

El nodo IoT mostrado en el esquemático está diseñado para el monitoreo de ganado mediante adquisición y transmisión de datos (ubicación y estado). Se compone de los siguientes bloques principales:

1. Módulo LoRa RAK811 (Breakout)

- Permite la transmisión inalámbrica de datos a larga distancia utilizando la tecnología LoRa.
- Está conectado al microcontrolador para enviar las coordenadas y otros parámetros del nodo hacia el gateway.

2. Módulo GPS

- Encargado de obtener la ubicación geográfica (latitud y longitud) en tiempo real del animal.
- Se comunica con el microcontrolador mediante pines TX/RX (UART).

3. Microcontrolador ATmega328P

- Actúa como el cerebro del nodo, coordinando la recepción de datos del GPS y la transmisión hacia el módulo LoRa.
- Gestiona también los periféricos y la lógica de control.

4. Alimentación (Regulador 3.3V)

- Se incluye un regulador de voltaje que garantiza el suministro estable de 3.3V, necesarios para el correcto funcionamiento del GPS, LoRa y el microcontrolador.
- Se usan capacitores de filtrado para evitar ruido eléctrico.

5. Conectores de programación (PROG.)

- Facilitan la carga de firmware en el microcontrolador ATmega328P.
- Incluye pines de reset y comunicación.

6. Salidas adicionales

- El esquemático considera un conector de expansión para posibles sensores o periféricos extra (ejemplo: sensores de temperatura o pulso del animal).

7. Otros componentes auxiliares

- Resistencias, diodos y resonadores necesarios para estabilizar la señal y garantizar el funcionamiento estable del microcontrolador.

A continuación, se presenta el prototipo físico del nodo IoT.

El código implementado en el archivo 'Proyecto_Vacuno-Sender_Final.ino' captura periódicamente los datos de ubicación y los transmite vía LoRa hacia el gateway.

```
#include "RAK811.h"
#include <SoftwareSerial.h>
#include <TinyGPS.h>
#include <Timezone.h>
#include <TimeLib.h>

#define PERIODO 1500
#define LORA_RX 3
#define LORA_TX 2
#define GPS_RX 4
#define GPS_TX 5
#define WORK_MODE LoRaP2P // LoRaWAN or LoRaP2P
#define DebugSerial Serial

SoftwareSerial ATSerial(LORA_RX, LORA_TX);
SoftwareSerial GPSSerial(GPS_RX, GPS_TX);

RAK811 RAKLoRa(ATSerial, DebugSerial);
TinyGPS gps;

// Peru Time Zone
TimeChangeRule peMST = {"PET", Last, Sun, Mar, 1, -300}; // UTC
- 5 hours
Timezone pe(peMST);

char buffer[32];
bool newData = false;
float flat, flon;
unsigned long age;
unsigned long chars;
unsigned short sentences, failed;
String data = "";
String mensaje = "";
tmElements_t timeUTC;

void setup() {
  GPSSerial.begin(9600);

  DebugSerial.begin(115200);
  while(DebugSerial.available())
  {
    DebugSerial.read();
  }
}
```

```

DebugSerial.println("Inicializando sistema...");
ATSerial.begin(9600);
while(ATSerial.available())
{
    ATSerial.read();
}

if(!RAKLoRa.rk_setWorkingMode(WORK_MODE))
{
    DebugSerial.println(F("set work_mode failed, please reset
module."));
    while(1);
}

RAKLoRa.rk_getVersion();
DebugSerial.println(RAKLoRa.rk_recvData());

DebugSerial.println(F("Start init LoRaP2P parameters..."));

if (!RAKLoRa.rk_initP2P("869525000",12,0,1,8,20))
{
    DebugSerial.println(F("Init error,please reset module."));
    while(1);
}else DebugSerial.println(F("Init OK"));

DebugSerial.println("Sistema inicializado !");
}

void loop() {
    GPSSerial.listen();
    // Intentar recibir secuencia durante un segundo
    for (unsigned long start = millis(); millis() - start < 1000;)
    {
        while (GPSSerial.available())
        {
            char c = GPSSerial.read();
            if (gps.encode(c)){ // Nueva secuencia recibida
                newData = true;
            }
        }
    }

    if (newData)
    {
        gps.f_get_position(&flat, &flon, &age);
        Serial.print("LAT=");
        Serial.print(flat == TinyGPS::GPS_INVALID_F_ANGLE ? 0.0 :
flat, 6);
        Serial.print(" LON=");

```

```

        Serial.print(flon == TinyGPS::GPS_INVALID_F_ANGLE ? 0.0 :
flon, 6);
        Serial.print(" SAT=");
        Serial.print(gps.satellites() ==
TinyGPS::GPS_INVALID_SATELLITES ? 0 : gps.satellites());
        Serial.print(" PREC=");
        Serial.print(gps.hdop() == TinyGPS::GPS_INVALID_HDOP ? 0 :
gps.hdop());
        Serial.println();

        ImprimirFecha(gps);

        mensaje = "";
        String data = DataHexadecimal((uint8_t*)&flat, sizeof(float));
        mensaje += data;
        data = DataHexadecimal((uint8_t*)&flon, sizeof(float));
        mensaje += data;
        data = DataHexadecimal(&timeUTC.Year, sizeof(uint8_t));
        mensaje += data;
        data = DataHexadecimal(&timeUTC.Month, sizeof(uint8_t));
        mensaje += data;
        data = DataHexadecimal(&timeUTC.Day, sizeof(uint8_t));
        mensaje += data;
        data = DataHexadecimal(&timeUTC.Hour, sizeof(uint8_t));
        mensaje += data;
        data = DataHexadecimal(&timeUTC.Minute, sizeof(uint8_t));
        mensaje += data;
        data = DataHexadecimal(&timeUTC.Second, sizeof(uint8_t));
        mensaje += data;

        mensaje.getBytes(buffer, 29); //Numero de caracteres + 1
        DebugSerial.print(F("Start send data: "));
        Serial.println(buffer);

        ATSerial.listen();
        if (RAKLoRa.rk_sendP2PData(buffer))
        {
            DebugSerial.print("Mensaje enviado por LoRa: ");
            String ret = RAKLoRa.rk_recvP2PData();
            if(ret != NULL)
            {
                DebugSerial.println(ret);
            }else{
                DebugSerial.println("NA");
            }
        }
        delay(PERIODO);

        newData = false;
    }

```

```

gps.stats(&chars, &sentences, &failed);
Serial.print(" CHARS=");
Serial.print(chars);
Serial.print(" SENTENCES=");
Serial.print(sentences);
Serial.print(" CSUM ERR=");
Serial.println(failed);
}

String DataHexadecimal(uint8_t *n, uint8_t sizeN){
    String str_n = "";
    String hexByte = "";

    n += (sizeN - 1);
    for (int i = 0; i < sizeN; i++)
    {
        hexByte = String(*n, HEX);

        if (hexByte.length() == 1)
        {
            hexByte = "0" + hexByte;
        }
        str_n += hexByte;
        n --;
    }

    return str_n;
}

static void ImprimirFecha(TinyGPS &gps)
{
    int year;
    uint8_t month, day, hour, minute, second, hundredths;
    unsigned long age;
    gps.crack_datetime(&year, &month, &day, &hour, &minute,
    &second, &hundredths, &age);

    timeUTC.Year = year-1970;
    timeUTC.Month = month;
    timeUTC.Day = day;
    timeUTC.Hour = hour;
    timeUTC.Minute = minute;
    timeUTC.Second = second;
    time_t utc = makeTime(timeUTC);
    time_t local = pe.toLocal(utc);

    printDateTime(utc, " ");
    Serial.println();
    printDateTime(local, " ");
}

```

```

Serial.println();

void printDateTime(time_t t, const char *tz)
{
    char buf[32];
    char m[4];
    strcpy(m, monthShortStr(month(t)));
    sprintf(buf, "%.2d:%.2d:%.2d %s %.2d %s %d %s",
        hour(t), minute(t), second(t), dayShortStr(weekday(t)), day(t), m,
        year(t), tz);
    Serial.print(buf);
}

```

4.7.2. Capa de Red (Transporte de datos)

En esta capa se establece la comunicación entre los nodos de campo y el gateway:

- La comunicación entre nodo y gateway se realiza mediante LoRa.
- El gateway utiliza GPRS (SIM800L) para enviar la información hacia la nube.
- Flujo de datos: Nodo IoT → LoRa → Gateway → Internet (Firebase).

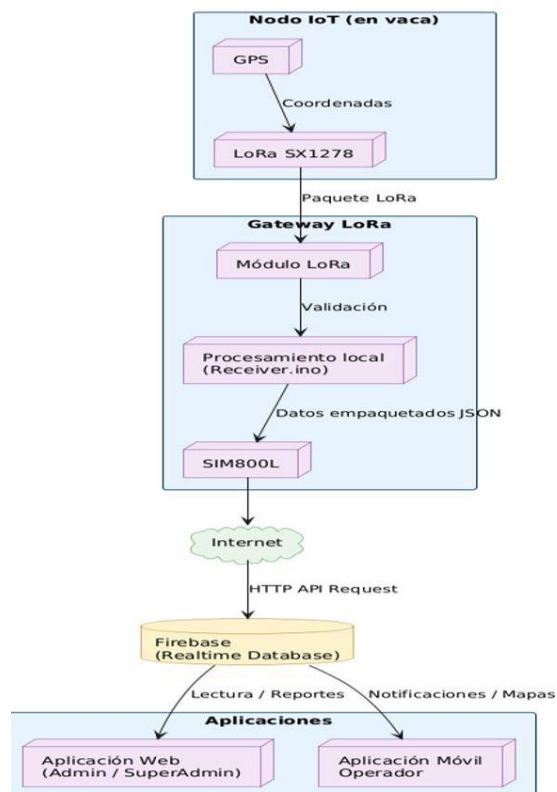


Figura 30. Flujo de red.

4.7.3. Capa de Borde (Edge Computing)

El gateway actúa como punto intermedio de procesamiento antes de enviar los datos a la nube. Está implementado en una PCB propia y ejecuta el código 'Proyecto_Vacuno-Receiver_Final.ino'.

Sus funciones son:

- Recepción de paquetes mediante LoRa.
- Validación y filtrado de datos corruptos.
- Reempaquetado en formato JSON.
- Transmisión hacia Firebase mediante API.

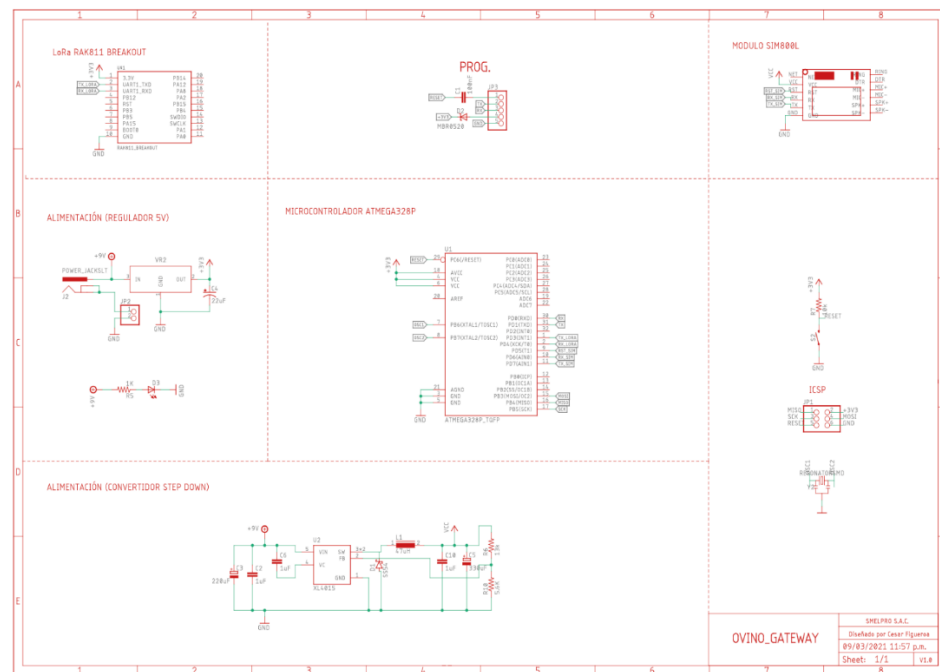


Figura 31. Esquemático del Gateway.

El esquemático presenta los siguientes componentes:

1. Módulo LoRa RAK811 (Breakout)

- Se encarga de recibir los paquetes LoRa enviados por los nodos.
- Está conectado al microcontrolador para decodificar y validar los datos recibidos.

2. Módulo SIM800L (GSM/GPRS)

- Permite la transmisión de datos a Internet mediante la red celular.
- Se conecta con el microcontrolador para enviar los datos a Firebase a través de peticiones HTTP.
- Actúa como respaldo de conectividad en caso de no disponer de infraestructura de red local.

3. Microcontrolador ATmega328P

- Gestiona la lógica principal del gateway.
- Recibe la información del módulo LoRa, la procesa y la envía al módulo SIM800L.
- Además, coordina las funciones auxiliares (reset, programación y control de energía).

4. Alimentación (Regulador 5V y Step Down)

- El gateway puede alimentarse a partir de una fuente de 9V.
- Se incluye un regulador lineal (5V) y un convertidor step-down (buck converter) para garantizar tensiones estables de 3.3V y 5V, necesarias para los distintos módulos.
- Los capacitores de filtrado y la bobina de inducción ayudan a reducir el ruido eléctrico.

5. Conector de Programación (PROG.) e ICSP

- Facilitan la carga y depuración del firmware del microcontrolador.
- Incluyen pines para programación en serie y en-circuito (ICSP).

6. Componentes auxiliares

- Resistencias, diodos y resonadores se encargan de la protección, estabilización y oscilación precisa del microcontrolador.

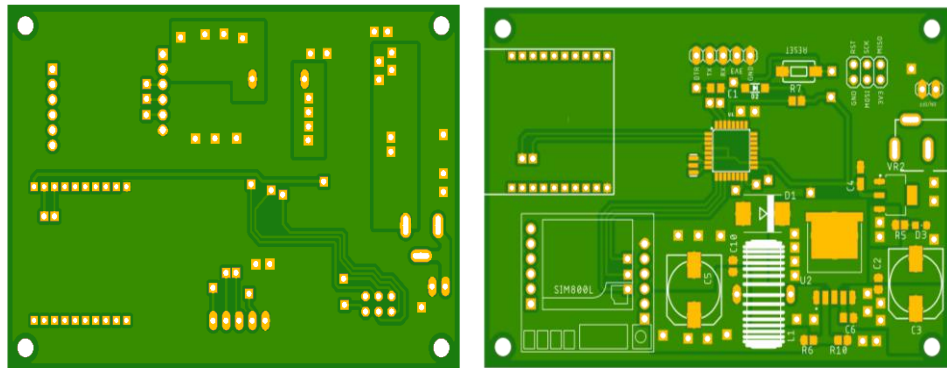


Figura 32. Prototipo físico del Gateway.

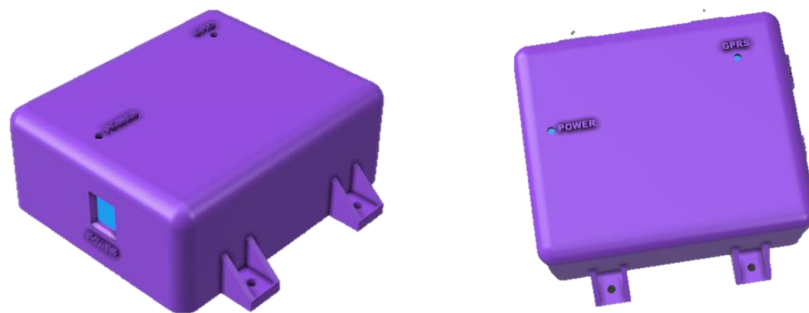


Figura 33. Modelo del Gateway.

El código implementado en el archivo 'Proyecto_Vacuno-Receiver_Final.ino' captura periódicamente los datos del nodo y los transmite vía API hacia firebase.

```
#include "RAK811.h"
#include "SoftwareSerial.h"
#include <Timezone.h>
#include <TimeLib.h>

#define PERIODO_ENVIAR_DATOS 5000
#define PERIODO_REINTENTAR 1000
#define WORK_MODE LoRaP2P
#define LORA_RX 3
#define LORA_TX 4
#define SIM_RX 7
#define SIM_TX 6
#define SIM_RST 5
#define DebugSerial Serial
```

```

SoftwareSerial ATSerial(LORA_RX,LORA_TX);
SoftwareSerial SIM800Serial(SIM_RX, SIM_TX);

RAK811 RAKLoRa(ATSerial,DebugSerial);

// Peru Time Zone

TimeChangeRule peMST = {"PET", Last, Sun, Mar, 1, -300}; // UTC
- 5 hours
Timezone pe(peMST);

tmElements_t timeUTC;
time_t timePET, timeGlobal;
boolean datoRecibido = false;
float latitud=0.0f, longitud=0.0f;
uint32_t prevMillisTB, periodoTB = PERIODO_ENVIAR_DATOS;

String URL_THINGSBOARD = "http://cowmanager.site/bridge.php";

void setup() {
  DebugSerial.begin(115200);
  while(DebugSerial.available())
  {
    DebugSerial.read();
  }
  DebugSerial.println("Inicializando sistema...");

  ATSerial.begin(9600); //set ATSerial baudrate:This baud rate has to
  be consistent with the baud rate of the WisNode device.
  while(ATSerial.available())
  {
    ATSerial.read();
  }
  ATSerial.listen();
  if(RAKLoRa.rk_setWorkingMode(LoRaP2P)) //set WisNode
  work_mode to LoRaP2P.
  {
    DebugSerial.println(F("set work_mode failed, please reset
    module."));
    while(1);
  }

  RAKLoRa.rk_getVersion(); //get RAK811 firmware version
  DebugSerial.println(RAKLoRa.rk_recvData()); //print version
  number

  DebugSerial.println(F("Start init LoRaP2P parameters..."));
  if (!RAKLoRa.rk_initP2P("869525000",12,0,1,8,20)) //init LoRaP2P

```

```

{
    DebugSerial.println(F("Init error,please reset module."));
    while(1);
}else DebugSerial.println(F("Init OK"));

SIM800Serial.begin(9600);
pinMode(SIM_RST, OUTPUT);
digitalWrite(SIM_RST, LOW);
delay(100);
digitalWrite(SIM_RST, HIGH);

DebugSerial.println("Sistema inicializado !");
delay(1000);
prevMillisTB = millis();
}

void loop() {
    ATSerial.listen();
    String ret = RAKLoRa.rk_rcvpP2PData();
    if(ret != NULL)
    {
        if (ATSerial.overflow()) {
            Serial.println("SoftwareSerial overflow!");
            while(ATSerial.available()!=0){
                uint8_t c = ATSerial.read();
            }
        }else{
            DebugSerial.println(ret);
            int i = ret.indexOf(':'); //Obtiene el indice del caracter ':'
            i += 1; //Se descarta el primer caracter ':'
            String dataHexa = ret.substring(i);
            DebugSerial.println("Datos recibidos:" + dataHexa);

            String lat = dataHexa.substring(0, 8);
            String lon = dataHexa.substring(8, 16);
            latitud = getFloat(lat);
            longitud = getFloat(lon);

            DebugSerial.println(lat);
            DebugSerial.println(latitud, 6);
            DebugSerial.println(lon);
            DebugSerial.println(longitud, 6);

            uint8_t yearUTC = getUInt8(dataHexa.substring(16, 18));
            uint8_t monthUTC = getUInt8(dataHexa.substring(18, 20));
            uint8_t dayUTC = getUInt8(dataHexa.substring(20, 22));
            uint8_t hourUTC = getUInt8(dataHexa.substring(22, 24));
            uint8_t minuteUTC = getUInt8(dataHexa.substring(24, 26));
            uint8_t secondUTC = getUInt8(dataHexa.substring(26, 28));

```

```

timeUTC.Year = yearUTC;
timeUTC.Month = monthUTC;
timeUTC.Day = dayUTC;
timeUTC.Hour = hourUTC;
timeUTC.Minute = minuteUTC;
timeUTC.Second = secondUTC;
timeGlobal = makeTime(timeUTC);
timePET = pe.toLocal(timeGlobal);
/*
printDateTime(utc, " ");
Serial.println();
printDateTime(local, " ");
Serial.println();
*/
datoRecibido = true;
}
}

if((millis() - prevMillisTB) > periodoTB){
if(datoRecibido){
    DebugSerial.println("Enviando...");

    if(EnviarThingsboard()){
        DebugSerial.println("Mensaje SI enviado a Thingboard !");
        periodoTB = PERIODO_ENVIAR_DATOS;
    }else{
        DebugSerial.println("Mensaje NO enviado a Thingboard !");
        periodoTB = PERIODO_REINTENTAR;
    }

    prevMillisTB = millis();
    //datoRecibido = false;
}
}

float getFloat(String dataHexa){
    float sol;
    float* adr = &sol;
    byte b;
    byte data[4];
    for(int i=3; i>=0; i--){
        b = getByte(dataHexa.charAt(i*2), dataHexa.charAt(i*2+1));
        data[3-i] = b;
        //Serial.println(data[i], HEX);
    }
    //Serial.println(*data, HEX); //Inicia en data[0]
    memcpy(adr, data, 4);
}

```

```

    return sol;
}

uint8_t getUint8(String dataHexa){
    uint8_t sol;
    sol = (uint8_t)getByte(dataHexa.charAt(0), dataHexa.charAt(1));
    return sol;
}

byte getByte(char nibbleSup, char nibbleInf){
    char nibble;
    byte ret;
    byte sol;

    for(int i=0; i<2; i++){
        if(i == 0){
            nibble = nibbleSup;
        }else{
            nibble = nibbleInf;
        }

        switch(nibble){
            case '0':
                ret = 0x00;
                break;
            case '1':
                ret = 0x01;
                break;
            case '2':
                ret = 0x02;
                break;
            case '3':
                ret = 0x03;
                break;
            case '4':
                ret = 0x04;
                break;
            case '5':
                ret = 0x05;
                break;
            case '6':
                ret = 0x06;
                break;
            case '7':
                ret = 0x07;
                break;
            case '8':
                ret = 0x08;
                break;
            case '9':

```

```

        ret = 0x09;
        break;
    case 'A':
        ret = 0x0A;
        break;
    case 'B':
        ret = 0x0B;
        break;
    case 'C':
        ret = 0x0C;
        break;
    case 'D':
        ret = 0x0D;
        break;
    case 'E':
        ret = 0x0E;
        break;
    case 'F':
        ret = 0x0F;
        break;
    default:
        break;
}

    if(i == 0){
        sol = ret << 4;
    }else{
        sol = sol | ret;
    }
}
return sol;
}
/*
// format and print a time_t value, with a time zone appended.
void printDateTime(time_t t, const char *tz)
{
    char bufTime[28];
    char m[4]; // temporary storage for month string (DateStrings.cpp
uses shared buffer)
    strcpy(m, monthShortStr(month(t)));
    sprintf(bufTime, "%.2d:%.2d:%.2d %s %.2d %s %d %s",
        hour(t), minute(t), second(t), dayShortStr(weekday(t)), day(t), m,
        year(t), tz);
    Serial.print(bufTime);
}
*/
boolean EnviarThingsboard(void){

    boolean result = true;
    char dataHTTP[32];

```

```

char body[128];
char val1[12], val2[12];

SIM800Serial.listen();

Serial.println("AT+CGATT?");
SIM800Serial.println("AT+CGATT?");
if(!examinarRespuesta("+CGATT: 1", 1000, 1))
{
    return false;
}

Serial.println("AT+SAPBR=3,1,\"Contype\",\"GPRS\"");
SIM800Serial.println("AT+SAPBR=3,1,\"Contype\",\"GPRS\"");
if(!examinarRespuesta("OK", 1000, 1)){
    return false;
}

Serial.println("AT+SAPBR=3,1,\"APN\",\"claro.pe\"");
SIM800Serial.println("AT+SAPBR=3,1,\"APN\",\"claro.pe\"");
if(!examinarRespuesta("OK", 1000, 1)){
    return false;
}

Serial.println("AT+SAPBR=1,1");
SIM800Serial.println("AT+SAPBR=1,1");
if(examinarRespuesta("OK", 1500, 1)){

    Serial.println("AT+HTTPINIT");
    SIM800Serial.println("AT+HTTPINIT");
    examinarRespuesta("OK", 1000, 1);

    Serial.println("AT+HTTPPARA=\"CID\",1");
    SIM800Serial.println("AT+HTTPPARA=\"CID\",1");
    examinarRespuesta("OK", 1000, 1);

    Serial.print("AT+HTTPPARA=\"URL\",");
    Serial.print(URL_THINGSBOARD);
    SIM800Serial.print("AT+HTTPPARA=\"URL\",");
    SIM800Serial.print(URL_THINGSBOARD);
    SIM800Serial.println("");
    examinarRespuesta("OK", 1000, 1);

    Serial.println("AT+HTTPPARA=\"CONTENT\", \"application/json\"");

    SIM800Serial.println("AT+HTTPPARA=\"CONTENT\", \"application/js
on\"");
    examinarRespuesta("OK", 1000, 1);

```

```

    dtostrf(latitud, 1, 7, val1);
    dtostrf(longitud, 1, 7, val2);

    char bufTime[28] = "Sunday";

    //-----//
    String id = "cow0"; // Change ID
    //-----//
    String gender = "male"; // Change gender
    //-----//

    String allData = id+"/"+gender;
    const char* values_cow = "";
    int values_length = allData.length()+1;
    char cow[values_length];
    allData.toCharArray(cow, values_length);
    values_cow = cow;

    char m[4]; // temporary storage for month string (DateStrings.cpp
    uses shared buffer)
    strcpy(m, monthShortStr(month(timePET)));
    sprintf(bufTime, "%.2d:%.2d:%.2d %s %.2d %s %d ",
    hour(timePET), minute(timePET), second(timePET),
    dayShortStr(weekday(timePET)), day(timePET), m, year(timePET));

    sprintf(body, "{\"latitude\":%s,\"longitude\":%s,\"cow\":\"%s\"}",
    val1, val2, values_cow);
    sprintf(dataHTTP, "AT+HTTPDATA=%d, 10000", strlen(body));

    Serial.println(dataHTTP);
    SIM800Serial.println(dataHTTP);
    if(examinarRespuesta("DOWNLOAD", 1000, 1)){
        Serial.println(body);
        SIM800Serial.println(body);
        examinarRespuesta("OK", 1000, 1);
    }

    Serial.println("AT+HTTPSSL=0");
    SIM800Serial.println("AT+HTTPSSL=0");
    examinarRespuesta("OK", 1000, 1);

    Serial.println("AT+HTTPACTION=1");
    SIM800Serial.println("AT+HTTPACTION=1");
    examinarRespuesta("200", 3000, 1);
    delay(20);

```

```

    Serial.println("AT+HTTPTERM");
    SIM800Serial.println("AT+HTTPTERM");
    examinarRespuesta("OK", 1000, 1);
}
else{
    result = false;
}

Serial.println("AT+SAPBR=0,1");
SIM800Serial.println("AT+SAPBR=0,1");
if(!examinarRespuesta("OK", 1000, 1)){
    result = false;
}

return result;
}

boolean examinarRespuesta(char* label, long timeOut, boolean
empty){
    boolean result;
    SIM800Serial.setTimeout(timeOut); //En milisegundos
    if(SIM800Serial.find(label)){
        Serial.print(label);
        Serial.println(" is True ! ");
        result = true;
    }
    else{
        Serial.print(label);
        Serial.println(" is False ! ");
        result = false;
    }
    if(SIM800Serial.overflow()){
        emptyBuffer();
    }
    if(empty){
        emptyBuffer();
    }
    return result;
}

void emptyBuffer(){
    while(SIM800Serial.available()!=0){
        uint8_t c = SIM800Serial.read();
    }
}

```

4.7.4. Capa de Procesamiento

Esta capa utiliza Firebase como plataforma en la nube. Los componentes principales son:

- Firebase Realtime Database para almacenamiento de datos.
- API REST para procesar eventos.
- Procesos:
 - Almacenamiento de coordenadas de cada vaca en tiempo real.
 - Comparación con áreas de pastoreo.
 - Generación automática de alertas de salida de perímetro.
 - Registro histórico de ubicaciones.

4.7.5. Capa de Aplicación

El sistema dispone de dos interfaces:

Aplicación Web:

- Gestión de usuarios, ganado y áreas de pastoreo.
- Visualización en mapa en tiempo real.
- Generación de reportes históricos.

Aplicación Móvil:

- Visualización de vacas en mapa con íconos diferenciados (machos/hembras).
- Consulta de información individual al seleccionar un marcador.
Recepción de notificaciones en caso de salida de geocerca.
- Aplicación del algoritmo rayCastIntersect para comparar la posición con el polígono del área de pastoreo.

4.7.6. Capa de Negocio

En esta capa se refleja el impacto y beneficios del sistema:

- Reducción de pérdidas por fuga o robo de ganado.
- Optimización del tiempo y recursos en la supervisión.
- Control histórico del comportamiento del rebaño.

- Posible integración con programas institucionales de control productivo.
- Valor académico y científico para estudios en ganadería.

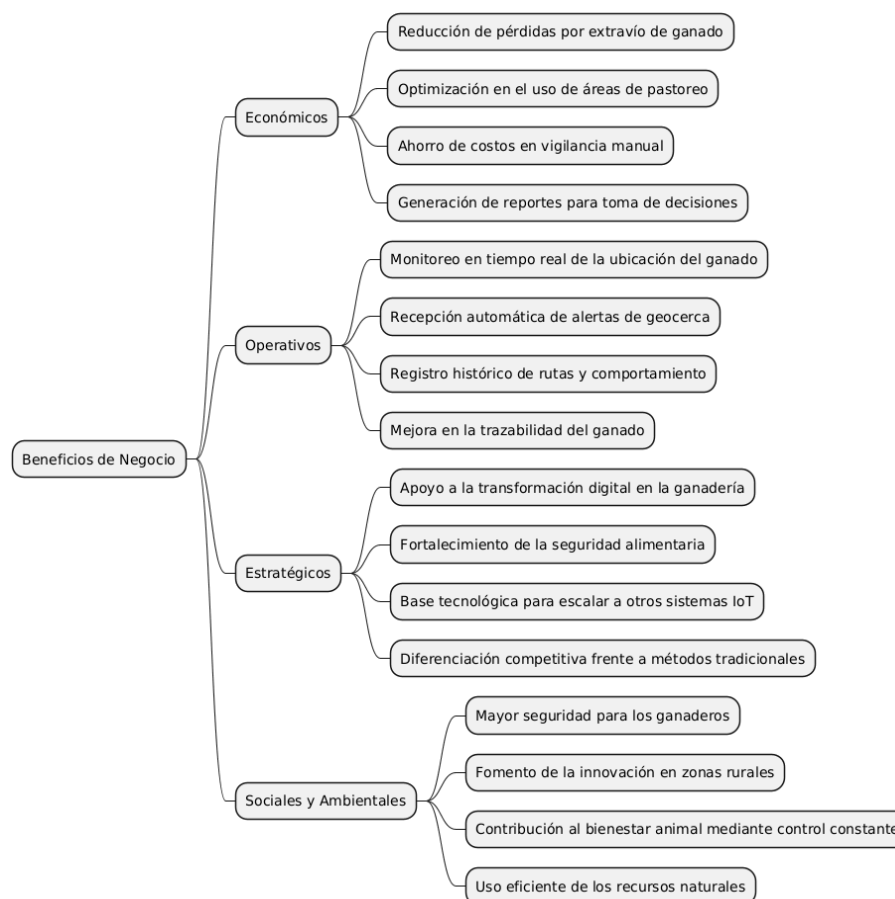


Figura 34. Diagrama de beneficios.

4.8. Conclusiones

De acuerdo a lo descrito anteriormente, se llega a las siguientes conclusiones:

Los resultados del estudio permiten afirmar, con sustento técnico y estadístico, que la aplicación web y móvil desarrollada mejora significativamente el proceso de monitoreo del ganado vacuno. El análisis se fundamenta en un total de **5012 registros de ubicación**, correspondientes al seguimiento del desplazamiento de ganado vacuno en condiciones reales de campo.

Primero, el sistema demostró una **optimización significativa en la precisión geoespacial** del monitoreo. Los datos registrados presentaron una **media de error de 1.98 metros**, con una **desviación estándar de 1.15** y una **varianza de 1.33**, valores que evidencian una dispersión baja respecto al promedio y, por tanto, una estabilidad estadística favorable. Asimismo, el análisis del intervalo de confianza, establecido entre 1 y 4 metros, confirma que la mayoría de los registros se mantiene dentro del rango esperado para un sistema de localización eficiente en zonas de campo abiertos. Con ello, se valida que el margen de error aproximado de ± 4 metros es estadísticamente consistente y adecuado para la finalidad del monitoreo ganadero.

Segundo, en relación con la **fiabilidad del sistema**, los resultados indican que la aplicación web y móvil alcanzó un rendimiento superior al 90% en la obtención de lecturas válidas de ubicación. Es importante destacar que los datos se recolectaron principalmente bajo condiciones climáticas favorables en la región de Madre de Dios, durante meses con cielo despejado y típicos de la temporada de verano. Estas condiciones medianamente estables influyeron positivamente en la disponibilidad satelital y en la calidad de la señal GPS, contribuyendo a los altos niveles de fiabilidad observados.

Tercero, el nivel de precisión y fiabilidad alcanzado por el sistema se encuentra directamente relacionado con el enfoque metodológico adoptado durante su desarrollo. La implementación se realizó siguiendo los artefactos y buenas prácticas de la **metodología de Programación Extrema (XP)**, tales como desarrollo iterativo, pruebas unitarias frecuentes, retroalimentación continua, revisión de código y refactorización. Esto permitió construir un software robusto, estable y adaptado a las necesidades del monitoreo ganadero, asegurando además que los resultados obtenidos tengan respaldo metodológico y técnico.

En conjunto, los hallazgos permiten concluir que la aplicación web y móvil constituye una herramienta efectiva para el monitoreo del ganado vacuno,

aportando precisión, fiabilidad y calidad técnica en escenarios reales de uso.

4.9. Sugerencias y/o trabajos futuros

Se recomienda que el sistema web y móvil sea evaluado en condiciones climáticas adversas, especialmente durante las temporadas de lluvias, con el fin de determinar si la fiabilidad en la obtención de datos se mantiene por encima del 90%, tal como se evidenció en la presente investigación. Este tipo de pruebas permitirá validar la estabilidad del sistema en escenarios de baja disponibilidad satelital o interferencias ambientales.

Asimismo, para futuros trabajos de investigación se sugiere ampliar el monitoreo incorporando otros parámetros fisiológicos y ambientales del ganado, tales como la temperatura corporal, niveles de estrés en condiciones climáticas calurosas y la identificación de las áreas donde el ganado realiza con mayor frecuencia sus actividades de pastoreo. Esta información contribuiría a generar análisis complementarios sobre la disponibilidad de nutrientes orgánicos, los tipos de pastos predominantes y el impacto del entorno en el bienestar animal, fortaleciendo así el alcance del sistema propuesto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDULLAHI, U S et al., 2019. Exploiting IoT and LoRaWAN Technologies for effective livestock monitoring in Nigeria. *Space Science and Technology for Sustainable Development AZOJETE* [online]. Vol. 15, pp. 146–159. Retrieved from : www.azojete.com.ng
- ACERO, Oscar, 2023. *Prototipo IoT de geolocalización y monitoreo mediante tecnología LoRa, para la prevención del abigeato en el Cantón El Tambo*. [online]. Chimborazo : Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Retrieved from : <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/21644/1/108T0522.pdf> [accessed 4 October 2024].
- AHMED, Sheikh Tareq et al., 2024. A Scalable and Energy-Efficient LoRaWAN-Based Geofencing System for Remote Monitoring of Vulnerable Communities. *IEEE Access*. Vol. 12, pp. 48540–48554. DOI 10.1109/ACCESS.2024.3383778.
- ALELUIA, Vitor M. T. et al., 2022. Livestock Monitoring: Approaches, Challenges and Opportunities. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*. Vol. 11, no. 4, pp. 67–76. DOI 10.35940/ijeat.D3458.0411422.
- ALONSO, Ricardo S. et al., 2020. An intelligent Edge-IoT platform for monitoring livestock and crops in a dairy farming scenario. *Ad Hoc Networks*. Vol. 98. DOI 10.1016/j.adhoc.2019.102047.
- ARIFIN, Mohammad Nazir and SIAHAAN, Daniel, 2020. Structural and Semantic Similarity Measurement of UML Use Case Diagram. *Lontar Komputer : Jurnal Ilmiah Teknologi Informatika*. Vol. 11, no. 2, p. 88. DOI 10.24843/lkjiti.2020.v11.i02.p03.
- ARSHAD, Jehangir et al., 2022. Deployment of Wireless Sensor Network and IoT Platform to Implement an Intelligent Animal Monitoring System. *Sustainability (Switzerland)*. Vol. 14, no. 10. DOI 10.3390/su14106249.
- AVIÑA HERNÁNDEZ, Judith and MONTES SÁNCHEZ, Juan José, 2025. Monitoreo de movimientos entre arbustos para una ganadería sostenible. *Therya ixmana*. Vol. 4, no. 2, pp. 78–80. DOI 10.12933/therya_ixmana-25-634.
- BAILEY, Derek W. et al., 2021. Opportunities to Apply Precision Livestock Management on Rangelands. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. Vol. 5. DOI 10.3389/fsufs.2021.611915.
- BEHJATI, Mehran et al., 2021. Lora communications as an enabler for internet of drones towards large-scale livestock monitoring in rural farms. *Sensors*. Vol. 21, no. 15. DOI 10.3390/s21155044.
- BERGSTRÖM, Gustav et al., 2022. Evaluating the layout quality of UML class diagrams using machine learning. *Journal of Systems and Software*. Vol. 192. DOI 10.1016/j.jss.2022.111413.
- CADAVID, A. N., MARTÍNEZ, J. D. F. and VÉLEZ, J. M., 2013. Revisión de metodologías ágiles para el desarrollo de software. *Prospectiva* [online]. Vol. 11, no. 2, pp. 30–39. Retrieved from : <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=496250736004%0ACómo>

- CASAS, Roberto et al., 2021. Real-time extensive livestock monitoring using IpwAN smart wearable and infrastructure. *Applied Sciences (Switzerland)*. Vol. 11, no. 3, pp. 1–18. DOI 10.3390/app11031240.
- CEGARRA, José, 2004. *Metodología de la investigación científica y tecnológica*. Díaz de Santos. Madrid. ISBN 84-7978-624-8.
- CHELOTTI, José O. et al., 2020. An online method for estimating grazing and rumination bouts using acoustic signals in grazing cattle. *Computers and Electronics in Agriculture*. Vol. 173. DOI 10.1016/j.compag.2020.105443.
- CODELUPPI, Gaia et al., 2020. LoraFarM: A LoRaWAN-based smart farming modular IoT architecture. *Sensors (Switzerland)*. Vol. 20, no. 7. DOI 10.3390/s20072028.
- DÍAZ-MARTÍNEZ, Marco A. et al., 2021. Aplicación móvil;AppIndustria: una herramienta para la evaluación de las organizaciones en industria 4.0. *Información tecnológica*. Vol. 32, no. 4, pp. 53–64. DOI 10.4067/s0718-07642021000400053.
- DINEVA, Kristina and ATANASOVA, Tatiana, 2021. Design of scalable IoT architecture based on AWS for smart livestock. *Animals*. Vol. 11, no. 9. DOI 10.3390/ani11092697.
- DOS REIS, B. R. et al., 2021. A LoRa sensor network for monitoring pastured livestock location and activity. *Translational Animal Science*. Vol. 5, no. 2, pp. 1–9. DOI 10.1093/tas/txab010.
- ESTUARDO, Alan, 2021. *Diseño de un collar de geolocalización para ganado vacuno*. . Guatemala : Universidad del Istmo.
- GEHLOT, Anita et al., 2022. Dairy 4.0: Intelligent Communication Ecosystem for the Cattle Animal Welfare with Blockchain and IoT Enabled Technologies. *Applied Sciences (Switzerland)*. Vol. 12, no. 14. DOI 10.3390/app12147316.
- GUBBI, Jayavardhana et al., 2013. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*. Vol. 29, no. 7, pp. 1645–1660. DOI <https://doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010>.
- GUTIERRES-SÁNCHEZ, Juan Pablo. et al., 2021. Tecnología para el desarrollo de un prototipo de geolocalización bovina. *Revista Científica de Informática ENCRIPtar* [online]. Vol. 4, pp. 1–11. Retrieved from : <https://publicacionescd.uleam.edu.ec/index.php/encriptar/article/view/231/417> [accessed 4 October 2024].
- HARISH ARORA, Charu et al., 2024. Smart Cattle Care: An IOT Based Monitoring and Management System. *International Journal of Innovative Science and Research Technology (IJISRT)*. pp. 1928–1931. DOI 10.38124/ijisrt/ijisrt24apr1600.
- HERLIN, Anders et al., 2021. *Animal welfare implications of digital tools for monitoring and management of cattle and sheep on pasture*. Stockholm : MDPI AG. Animals 11. DOI 10.3390/ani11030829.
- HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto. and MENDOZA TORRES, Christian Paulina., 2018. *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Education. ISBN 9781456260965.

- IQBAL, Saqib et al., 2020. Extending UML use case diagrams to represent non-interactive functional requirements. *E-Informatica Software Engineering Journal*. Vol. 14, no. 1, pp. 97–115. DOI 10.37190/E-INF200104.
- JUSTIN, Isaac, 2021. IoT-Livestock monitoring and managment system. *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology* [online]. Vol. 5, pp. 254–257. Retrieved from : <http://www.ijeast.com>
- KALPIĆ, Damir. and HLJUŽ DOBRIĆ, Vesna., 2000. *ITI 2000 : proceedings of the 22nd International Conference on Information Technology Interfaces : Pula, Croatia, June 13-16 2000*. SRCE University Computing Centre, University of Zagreb. ISBN 9539676916.
- KAMONKUSONMAN, Kasama et al., 2021. Utilization-Weighted Algorithm for LoRaWAN Capacity Improvement for Local Smart Dairy Farms in Ratchaburi Province of Thailand. *IEEE Access*. Vol. 9, pp. 141738–141746. DOI 10.1109/ACCESS.2021.3120794.
- KIRILL FAKHROUTDINOV, 2015. Package diagrams . 2015 [online]. June 2015. Retrieved from : <https://www.uml-diagrams.org/> [accessed 11 October 2025].
- KRAFT, Martin et al., 2022. Can Livestock Farming Benefit from Industry 4.0 Technology? Evidence from Recent Study. *Applied Sciences (Switzerland)*. Vol. 12, no. 24. DOI 10.3390/app122412844.
- KUMAR, Arhath et al., 2022. Internet-based cattle health monitoring system using raspberry Pi. *International journal of health sciences*. DOI 10.53730/ijhs.v6ns1.8572.
- LAZO, Jorge. et al., 2022. *Análisis sobre el mercado potencial de carne bovina procedente de Madre de Dios*. [online]. Lima. Retrieved from : <https://produccion sostenible.org.pe/wp-content/uploads/2023/11/Analisis-mercado-potencial-de-carne-bovina.pdf> [accessed 29 August 2024].
- LUO, Wei et al., 2024. High-precision tracking and positioning for monitoring Holstein cattle. *PLoS ONE*. Vol. 19, no. 5 May. DOI 10.1371/journal.pone.0302277.
- MARTINS DE LIMA, J., 2024. *Avaliação da Tecnologia LoRa em Cenários de IoT na Suplementação de Bovinos de Corte* [online]. Mato Grosso do Sul : Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Retrieved from : https://repositorio.ufms.br/jspui/retrieve/1b981ca4-a520-4f18-9b4a-7414903e79d9/Texto%20disserta%C3%A7%C3%A3o%20Jorcel%20Martins%20de%20Lima_.pdf [accessed 10 March 2025].
- MCINTOSH, Matthew M. et al., 2022. Can cattle geolocation data yield behavior-based criteria to inform precision grazing systems on rangeland? *Livestock Science*. Vol. 255. DOI 10.1016/j.livsci.2021.104801.
- MEDRANO REYNOSO, Esteban and ESPINOZA BARRIOS, Eduardo, 2014. Módulos autoinstructivos mediante el modelo de íconos verbales en el aprendizaje de la estadística inferencial de estudiantes universitarios. *Horizonte de la Ciencia*. Vol. 4, no. 6, p. 103. DOI 10.26490/uncp.horizonteciencia.2014.6.99.
- MEKKI, Kais et al., 2019. A comparative study of LPWAN technologies for large-scale IoT deployment. *ICT Express*. Vol. 5, no. 1, pp. 1–7. DOI 10.1016/j.icte.2017.12.005.

- MICROCHIP, 2020. *ATmega48A-PA-88A-PA-168A-PA-328-P-DS-DS40002061B*. Patent submitted on and published on 20202020.
- MINAYA, C et al., 2022. Competitividad de la ganadería vacuna en la provincia de Atalaya, Ucayali, Perú. *Natura@economía*. Vol. 7, no. 1, pp. 15–31. DOI 10.21704/ne.v7i1.1908.
- MOUTAOUAKIL, Khalid El and FALIH, Nouredine, 2023. A design of a smart farm system for cattle monitoring. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*. Vol. 32, no. 2, pp. 857–864. DOI 10.11591/ijeecs.v32.i2.pp857-864.
- MUDASSAR, Qazi and AHMAD, Muneer, 2020. Smart Farming: An Enhanced Pursuit of Sustainable Remote Livestock Tracking and Geofencing Using IoT and GPRS. *Wireless Communications and Mobile Computing*. Vol. 2020, pp. 1–12. DOI 10.1155/2020/6660733.
- NEETHIRAJAN, Suresh and KEMP, Bas, 2021. *Digital Livestock Farming*. Elsevier B.V. Sensing and Bio-Sensing Research 32. DOI 10.1016/j.sbsr.2021.100408.
- NUÑO, Carlos and FRAGOSO, Héctor, 2022. Adoption of agile development methodologies. *Journal Macroeconomics and Monetary economy*. pp. 9–13. DOI 10.35429/jmme.2022.10.6.9.13.
- OJO, Mike O. et al., 2022. Practical experiences of a smart livestock location monitoring system leveraging gnss, lorawan and cloud services. *Sensors*. Vol. 22, no. 1. DOI 10.3390/s22010273.
- PARLATO, Monica C.M., VALENTI, Francesca and PORTO, Simona M.C., 2024. GIS-based methodology for tracking the grazing cattle site use. *Heliyon*. Vol. 10, no. 13. DOI 10.1016/j.heliyon.2024.e33166.
- PARRA CORTES, Rosa Ines, MARTÍNEZ CORREAL, Germán and VALDERRAMA-RODAS, Marino, 2021. Situación actual y perspectivas de la ganadería de bovinos criollos en América Latina. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. Vol. 29, no. 3–4, pp. 79–90. DOI 10.53588/alpa.293401.
- PODEVIJN, Nico et al., 2020. *LoRaWAN geo-tracking using map matching and compass sensor fusion*. MDPI AG. *Sensors (Switzerland)* 20. DOI 10.3390/s20205815.
- PURKAYASTHA, Koel Datta et al., 2021. IoT Based Design of Air Quality Monitoring System Web Server for Android Platform. *Wireless Personal Communications*. Vol. 118, no. 4, pp. 2921–2940. DOI 10.1007/s11277-021-08162-3.
- QUISPE-CCASA, Hurley Abel et al., 2023. Characterization of Livestock Systems on Farms in the Tambopata and Tahuamanu Provinces, Madre de Dios, Peru. *Revista Científica de la Facultad de Veterinaria*. Vol. 33. DOI 10.52973/rcfcv-e33193.
- RIOJAS, I et al., 2018. *La ganadería y el desarrollo sustentable (Animal husbandary and sustainable development)*. .
- RUMPE, Bernhard, 2014. Agile Modeling with the UML. *Radical Innovations of Software and Systems Engineering in the Future*. [online]. pp. 1–15. Retrieved from : www.se-rwth.de/publications

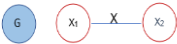
- SANCHEZ-IBORRA, Ramon et al., 2019. Tracking and monitoring system based on LoRa technology for lightweight boats. *Electronics (Switzerland)*. Vol. 8, no. 1. DOI 10.3390/electronics8010015.
- SCHULTHESS, Lukas et al., 2023. A Lora-Based and Maintenance-Free Cattle Monitoring System for Alpine Pastures and Remote Locations. In : *ENSsys 2023 - Proceedings of the 2023 11th International Workshop on Energy Harvesting and Energy-Neutral Sensing Systems, Part of: SenSys 2023*, pp. 44–50. Association for Computing Machinery, Inc. 12 November 2023. ISBN 9798400704383. DOI 10.1145/3628353.3628549.
- SILVA RUIZ, Lucy and JARAMILLO PERALTA, Denys Alberto, 2022. Manejo Sostenible de la ganadería en Latinoamérica: Revisión Sistemática 2018-2021. *Ambiente, Comportamiento y Sociedad*. Vol. 5, no. 1, pp. 1–18. DOI 10.51343/racs.v5i1.969.
- SIMCOM, 2013. *SIM800L_Hardware_Design_V1.00* [online]. Patent submitted on and published on 20 August 201320 August 2013. China. Retrieved from : https://altronics.cl/uploads/SIM800L_Hardware_Design_V1.00.pdf. [accessed 10 October 2024].
- SURIYA, Dr.S. and S., Nivetha, 2023. Design of UML Diagrams for WEBMED - Healthcare Service System Services. *EAI Endorsed Transactions on e-Learning*. Vol. 8, no. 1, p. e5. DOI 10.4108/eetel.v8i1.3015.
- THE THINGS NETWORK, 2022. *Módulo de conexión RAK811 LoRa*. Patent submitted on and published on 20222022. EEUU.
- TORRES JARA DE GARCÍA, Giovanna Patricia et al., 2023. Sustainability of livestock farms: The case of the district of Moyobamba, Peru. *Heliyon*. Vol. 9, no. 2, p. e13153. DOI <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13153>.
- TORRES-ARMAS, Elías A and HUAYAMA, Polito M, 2021. *Factores estructurales y funcionales de la ganadería de bovinos doble propósito de Molinopampa, Amazonas*. DOI 10.25127/RIAGROP.20211.661.
- TZOUNIS, Antonis et al., 2017. Internet of Things in agriculture, recent advances and future challenges. *Biosystems Engineering*. Vol. 164, pp. 31–48. DOI <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2017.09.007>.
- WATI, Lidya, MAWARNI, Sri and KURNIATI, Rezki, 2023. Application of Extreme Programming in Population Administration Service Applications and Village Licensing Management. In : . INSTICC. 28 December 2023. DOI 10.5220/0011809500003575.
- WÄTZOLD, Frank et al., 2024. Harnessing virtual fencing for more effective and adaptive agri-environment schemes to conserve grassland biodiversity. *Biological Conservation*. Vol. 297. DOI 10.1016/j.biocon.2024.110736.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Operacionalización de las Variables

Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Aplicación web y móvil desde el enfoque de la Industria 4.0, viene a ser el conjunto de diversas fuentes de datos, sensores integrados, actuadores, controladores, protocolos, arquitectura de desarrollo y base de datos, detección y monitoreo en tiempo real, cuya finalidad es optimizar las actividades operativas y productivas (Herlin et al. 2021).	Combinación de sistemas y tecnología de información, que permite recabar datos sobre los parámetros de localización y temperatura de un ganado vacuno.		
El monitoreo de ganado, se refiere a la observación sistemática de los animales, buscando garantizar dos aspectos importantes como: salud y bienestar, tiene como objetivo detectar anomalías y mejorar las prácticas de gestión y lo enfoca desde la monitorización de los signos vitales y seguimiento de la ubicación (Aleluia et al. 2022).	Proceso mediante el cual, se realiza la actividad de seguimiento a un conjunto de animales, cuyo objetivo es verificar parámetros de salud, localización entre otros.	Precisión de seguimiento de ubicación.	Diferencia entre posición reportada en el sistema versus posición real del ganado (error en metros)
		Precisión de seguimiento de ubicación.	Precisión en condiciones de baja cobertura.

Anexo 2: Matriz de Consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES/ INDICADORES	METODOLOGIA
General	General	General	Variable independiente:	Nivel: Aplicativo
¿La aplicación web y móvil con tecnología LoRa mejora el monitoreo del ganado vacuno?	Determinar si la aplicación web y móvil con tecnología LoRa mejora de manera significativa el monitoreo del ganado vacuno.	La aplicación web y móvil con tecnología LoRa mejora el monitoreo del ganado vacuno.	Aplicación web y móvil con tecnología LoRaWAN	Enfoque: Cuantitativo
Específicos	Específicos	Específicos	Dimensiones/ Indicadores:	Diseño: Descriptivo-longitudinal
¿La aplicación web y móvil con tecnología LoRa optimiza significativamente la precisión de seguimiento de la ubicación del ganado vacuno mediante la reducción del error de localización en un +-4 metros?	Determinar si la aplicación web y móvil con tecnología LoRa optimiza significativamente la precisión de seguimiento de la ubicación del ganado vacuno mediante la reducción del error de localización en un +-4 metros.	La aplicación web y móvil con tecnología LoRa optimiza significativamente la precisión de seguimiento de la ubicación del ganado vacuno mediante la reducción del error de localización en un +-4 metros.		 X: Aplicación web y móvil Técnica: Fichaje, Instrumento :Ficha de registro. Población: registro diario de seguimiento en cuanto a localización con un total de 5000 registros. Muestra: Se usó del 100% de la población para obtener precisión y fiabilidad del aplicativo.
¿La aplicación web y móvil con tecnología LoRa mejora la fiabilidad de seguimiento de la ubicación del ganado vacuno alcanzando una tasa de disponibilidad del sistema superior al 90% en condiciones climáticas adversas?	Determinar si la aplicación web y móvil con tecnología LoRa mejora la fiabilidad de seguimiento de la ubicación del ganado vacuno, alcanzando una tasa de disponibilidad del sistema superior al 90% en condiciones climáticas adversas.	La aplicación web y móvil con tecnología LoRa mejora la fiabilidad de seguimiento de la ubicación del ganado vacuno, alcanzando una tasa de disponibilidad del sistema superior al 90% en condiciones climáticas adversas.	Diferencia entre posición reportada en el sistema versus posición real del ganado (error en metros). Fiabilidad de seguimiento de la ubicación	

Anexo 3: Instrumento

Ficha de registro

[illegible]

Anexo 4: Solicitud de autorización para la realización del estudio

**"AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA INDEPENDENCIA, Y DE LA
CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO"**

"Madre de Dios, Capital de la Biodiversidad del Perú"

**SOLICITO: Solicitud de autorización para la
realización del estudio.**

MVZ. EMANUEL PAUCAR CABRERA

GERENTE DE LA VETERINARIA SAN FABIO.

Mi nombre es **Bach. LITMAN SEYNELDY, VENTURA FLORES**, de la Carrera Profesional de **Ingeniería de Sistemas e Informática** de la **UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZONICA DE MADRE DE DIOS**, y junto con mi compañera **Bach. LIBERTAD KAREEN KARINA, HUAMAN COAQUIRA**, Hemos elegido al **CENTRO GANADERO SAN FABIO** debido a su destacada experiencia y contribuciones en este campo, para desarrollar el proyecto de tesis denominada **" APLICACION WEB Y MÓVIL CON TECNOLOGÍA LORA PARA EL MONITOREO DE GANADO VACUNO - PUERTO MALDONADO - 2024 "**, así mismo pueda brindarnos información adecuada para enriquecer nuestro trabajo de investigación, como también solicitarle permiso para Realizar el trabajo y pruebas necesaria de la investigación.

Garantizamos que toda la información proporcionada será tratada con la máxima confidencialidad y sólo se utilizará con fines académicos. Si es necesario, estaríamos dispuestos a firmar acuerdos de confidencialidad adicionales que el **CENTRO GANADERO SAN FABIO** pueda requerir.

Agradecemos de antemano cualquier colaboración que puedan brindarnos para enriquecer nuestro trabajo de investigación. Esperamos sinceramente que consideren nuestra solicitud y nos permitan la oportunidad de aprender de su experiencia.

Sin otro en particular agradecemos su atención a esta solicitud.

Puerto Maldonado, 15 de octubre de 2024

Atentamente,


Bach. Litman Seyneldy Ventura Flores
DNI: 71753154


Bach. Libertad Kareen Karina Huaman Coaquira
DNI: 73047338

*Recibido
17/10/2024*


Anexo 5: Solicitud de validación de instrumento

"AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA INDEPENDENCIA, Y DE LA
CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO"
"Madre de Dios, Capital de la Biodiversidad del Perú"

Puerto Maldonado 15 de octubre de 2024

OFICIO Nº S/N

Señor:

Dr. RALPH MIRANDA CASTILLO

Presente.-

ASUNTO: SOLICITO APOYO PARA LA VALIDACIÓN DE
INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.

Es grato de dirigirme a usted, para saludarlo cordialmente y a la vez manifestarle que, en condición de bachiller en Ingeniería de Sistemas e Informática de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, así mismo hacer de su conocimiento que venimos realizando la tesis denominada:

"APLICACION WEB Y MÓVIL CON TECNOLOGÍA LORA PARA EL MONITOREO DE GANADO VACUNO- PUERTO MALDONADO - 2024"

En ese sentido recurrimos a su conocimiento y experiencia en el campo de la investigación para solicitarle su opinión profesional respecto a la estructura y validez de los instrumentos que acompañamos a la presente.

- Matriz de consistencia de la investigación.
- Matriz de definición conceptual y operacional de variables de investigación.
- Instrumentos y fichas técnicas.

Sin otro asunto en particular, expreso a usted las consideraciones de mi mayor estima personal

Atentamente,

Recibido
17/10/24



Bach. Litman Seyneldy Ventura Flores
DNI: 71753154



Bach. Libertad Kareen Karina Huaman Coaquira
DNI: 73047338

"AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA INDEPENDENCIA, Y DE LA
CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO"
"Madre de Dios, Capital de la Biodiversidad del Perú"

Puerto Maldonado 15 de octubre de 2024

OFICIO Nº S/N

Señor:

Dra. NELLY JACQUELINE ULLOA GALLARDO

Presente.-

ASUNTO: SOLICITO APOYO PARA LA VALIDACIÓN DE
INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.

Es grato de dirigirme a usted, para saludarlo cordialmente y a la vez manifestarle que, en condición de bachiller en Ingeniería de Sistemas e Informática de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, así mismo hacer de su conocimiento que venimos realizando la tesis denominada:

"APLICACION WEB Y MÓVIL CON TECNOLOGÍA LORA PARA EL MONITOREO DE GANADO VACUNO- PUERTO MALDONADO - 2024"

En ese sentido recurrimos a su conocimiento y experiencia en el campo de la investigación para solicitarle su opinión profesional respecto a la estructura y validez de los instrumentos que acompañamos a la presente.

- Matriz de consistencia de la investigación.
- Matriz de definición conceptual y operacional de variables de investigación.
- Instrumentos y fichas técnicas.

Sin otro asunto en particular, expreso a usted las consideraciones de mi mayor estima personal

Atentamente,

*Recibido
Seynedy*


Bach. Litman Seynedy Ventura Flores
DNI: 71753154


Bach. Libertad Kareen Karina Huaman Coaquira
DNI: 73047338

"AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA INDEPENDENCIA, Y DE LA
CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO"
"Madre de Dios, Capital de la Biodiversidad del Perú"

Puerto Maldonado 15 de octubre de 2024

OFICIO Nº S/N

Señor:

Dr. /Mg OSBEL MORA ESTRADA

Presente.-

**ASUNTO: SOLICITO APOYO PARA LA VALIDACIÓN DE
INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.**

Es grato de dirigirme a usted, para saludarlo cordialmente y a la vez manifestarle que, en condición de bachiller en Ingeniería de Sistemas e Informática de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, así mismo hacer de su conocimiento que venimos realizando la tesis denominada:

**"APLICACION WEB Y MÓVIL CON TECNOLOGÍA LORA PARA EL MONITOREO
DE GANADO VACUNO- PUERTO MALDONADO - 2024"**

En ese sentido recurrimos a su conocimiento y experiencia en el campo de la investigación para solicitarle su opinión profesional respecto a la estructura y validez de los instrumentos que acompañamos a la presente.

- Matriz de consistencia de la investigación.
- Matriz de definición conceptual y operacional de variables de investigación.
- Instrumentos y fichas técnicas.

Sin otro asunto en particular, expreso a usted las consideraciones de mi mayor estima personal

Atentamente,



Bach. Litman Seyneldy Ventura Flores
DNI: 71753154



Bach. Libertad Kareen Karina Huaman Coaquira
DNI: 73047338

*Revisado
17-10-24*

Anexo 6: Ficha de validación

"AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA INDEPENDENCIA, Y DE LA
CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO"

"Madre de Dios, Capital de la Biodiversidad del Perú"

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

Título del trabajo de investigación:

"APLICACION WEB Y MÓVIL CON TECNOLOGÍA LORA PARA
EL MONITOREO DE GANADO VACUNO- PUERTO MALDONADO
- 2024"

Nombre del instrumento: Ficha de registro.

Investigadores: Litman Seyneldy Ventura Flores y Libertad Kareen Karina
Huaman Coaquira.

II. DATOS DEL EXPERTO

Nombre y Apellido: Ralph Miranda Castillo

Lugar y Fecha: Puerto Maldonado, 17 de octubre De 2024

III. OBSERVACIONES EN CUANTO A:

1. **FORMA:** (Ortografía, Coherencia lingüística, Redacción)

Es adecuado

2. **CONTENIDO:** (Coherencia en Torno al Instrumento. Si el Indicador
corresponde a los ítems y dimensiones)

Es adecuado

3. **ESTRUCTURA:** (Profundidad de los ítems)

IV. APOORTE Y/O SUGERENCIAS

Es adecuado

LUEGO DE REVISADO EL INSTRUMENTO

Procede su Aplicación



Debe Corregirse



Dr./Mg:

Dr. Ralph Miranda Castillo

DNI:

40941903

"AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA INDEPENDENCIA, Y DE LA
CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO"
"Madre de Dios, Capital de la Biodiversidad del Perú"

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

**"APLICACION WEB Y MÓVIL CON TECNOLOGÍA LORA PARA
EL MONITOREO DE GANADO VACUNO- PUERTO MALDONADO
- 2024"**

Nombre del instrumento: Ficha de registro.

Investigadores: Litman Seyneldy Ventura Flores y Libertad Kareen Karina
Huaman Coaquira.

CRITERIO	INDICADORES	CRITERIOS	Deficiencia 0-20%	Regular 21-40%	Bueno 41-60%	Muy Bueno 61-80%	Excelente 81-100%
Forma	1. REDACCIÓN	Los indicadores e ítems están redactados considerando los elementos necesarios.					X
	2. CLARIDAD	Esta formulado con un lenguaje apropiado				X	
	3.OBJETIVIDAD	Esta expresado en conductas observables.					X
Contenido	4. ACTUALIDAD	Es adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					X
	5. SUFICIENCIA	Los ítems son adecuados en cantidad y profundidad.					X
	6. INTENCIONALIDAD	El instrumento mide en forma pertinente el comportamiento de las variables de investigación.				X	
Estructura	7. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica entre todos los elementos básicos de la investigación.					X
	8. CONSISTENCIA	Se basa en aspectos teóricos científicos de la investigación.					X
	9. COHERENCIA	Existe coherencia entre los ítems: Indicadores, dimensiones y variables.					X
	10. METODOLOGÍA	La estrategia de investigación responde al propósito del diagnóstico.					X

LUEGO DE REVISADO EL INSTRUMENTO

Procede su Aplicación ☒

Debe Corregirse ☐

Dr./Mg:

DNI:


Dr. RALPH RURINDA CASTILLO
42941903

"AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA INDEPENDENCIA, Y DE LA
CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO"
"Madre de Dios, Capital de la Biodiversidad del Perú"

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

Título del trabajo de investigación:

"APLICACION WEB Y MÓVIL CON TECNOLOGÍA LORA PARA EL
MONITOREO DE GANADO VACUNO - PUERTO MALDONADO
- 2024"

Nombre del instrumento: Ficha de registro.

Investigadores: Litman Seyneldy Ventura Flores y Libertad Kareen Karina
Huaman Coaquira.

II. DATOS DEL EXPERTO

Nombre y Apellido: Nelly Jacqueline Ulloa Gallardo

Lugar y Fecha: Puerto Maldonado, 17 de Octubre De 2024

III. OBSERVACIONES EN CUANTO A:

1. **FORMA:** (Ortografía, Coherencia lingüística, Redacción)

Es adecuado

2. **CONTENIDO:** (Coherencia en Torno al Instrumento. Si el Indicador
corresponde a los ítems y dimensiones)

Es adecuado

3. **ESTRUCTURA:** (Profundidad de los ítems)

IV. APOORTE Y/O SUGERENCIAS

Es adecuado

LUEGO DE REVISADO EL INSTRUMENTO

Procede su Aplicación



Debe Corregirse



Dr./Mg:

Nelly Jacqueline Ulloa Gallardo

DNI:

28168848

"AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA INDEPENDENCIA, Y DE LA
CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO"
"Madre de Dios, Capital de la Biodiversidad del Perú"

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

**"APLICACION WEB Y MÓVIL CON TECNOLOGÍA LORA PARA EL
MONITOREO DE GANADO VACUNO - PUERTO MALDONADO
- 2024"**

Nombre del instrumento: Ficha de registro.

Investigadores: Litman Seyneldy Ventura Flores y Libertad Kareen Karina

Huaman Coaquira.

CRITERIO	INDICADORES	CRITERIOS	Deficiencia 0-20%	Regular 21-40%	Bueno 41-60%	Muy Bueno 61-80%	Excelente 81-100%
Forma	1. REDACCIÓN	Los indicadores e ítems están redactados considerando los elementos necesarios.					X
	2. CLARIDAD	Esta formulado con un lenguaje apropiado				X	
	3. OBJETIVIDAD	Esta expresado en conductas observables.					X
Contenido	4. ACTUALIDAD	Es adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					X
	5. SUFICIENCIA	Los ítems son adecuados en cantidad y profundidad.					X
	6. INTENCIONALIDAD	El instrumento mide en forma pertinente el comportamiento de las variables de investigación.				X	
Estructura	7. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica entre todos los elementos básicos de la investigación.					X
	8. CONSISTENCIA	Se basa en aspectos teóricos científicos de la investigación.					X
	9. COHERENCIA	Existe coherencia entre los ítems: Indicadores, dimensiones y variables.					X
	10. METODOLOGÍA	La estrategia de investigación responde al propósito del diagnóstico.					X

LUEGO DE REVISADO EL INSTRUMENTO

Procede su Aplicación ☒

Debe Corregirse ☐


 Dr./Mg: Nelly Sagorcinella Gallo
 DNI: 58168848

"AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA INDEPENDENCIA, Y DE LA
CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO"
"Madre de Dios, Capital de la Biodiversidad del Perú"

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

Título del trabajo de investigación:

"APLICACION WEB Y MÓVIL CON TECNOLOGÍA LORA PARA EL
MONITOREO DE GANADO VACUNO - PUERTO MALDONADO
- 2024"

Nombre del instrumento: Ficha de registro.

Investigadores: Litman Seyneldy Ventura Flores y Libertad Kareen Karina
Huaman Coaquira.

II. DATOS DEL EXPERTO

Nombre y Apellido: Osbel Mora Estrada

Lugar y Fecha: Puerto Maldonado, ... 17 de octubre De 2024

III. OBSERVACIONES EN CUANTO A:

1. **FORMA:** (Ortografía, Coherencia lingüística, Redacción)

.....
Es adecuado
.....

2. **CONTENIDO:** (Coherencia en Torno al Instrumento. Si el Indicador
corresponde a los ítems y dimensiones)

.....
Es adecuado
.....

3. **ESTRUCTURA:** (Profundidad de los ítems)

IV. APOORTE Y/O SUGERENCIAS

.....
Es adecuado.
.....

LUEGO DE REVISADO EL INSTRUMENTO

Procede su Aplicación



Debe Corregirse



Dr./Mg:

Osbel Mora E.

DNI:

70026045

"AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA INDEPENDENCIA, Y DE LA
CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO"
"Madre de Dios, Capital de la Biodiversidad del Perú"

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

"APLICACION WEB Y MÓVIL CON TECNOLOGÍA LORA PARA EL
MONITOREO DE GANADO VACUNO - PUERTO MALDONADO
- 2024"

Nombre del instrumento: Ficha de registro.

Investigadores: Litman Seyneldy Ventura Flores y Libertad Kareen Karina

Huaman Coaquira.

CRITERIO	INDICADORES	CRITERIOS	Deficiencia 0-20%	Regular 21-40%	Bueno 41-60%	Muy Bueno 61-80%	Excelente 81-100%
Forma	1. REDACCIÓN	Los indicadores e ítems están redactados considerando los elementos necesarios.					X
	2. CLARIDAD	Esta formulado con un lenguaje apropiado				X	
	3.OBJETIVIDAD	Esta expresado en conductas observables.					X
Contenido	4. ACTUALIDAD	Es adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					X
	5. SUFICIENCIA	Los ítems son adecuados en cantidad y profundidad.					X
	6. INTENCIONALIDAD	El instrumento mide en forma pertinente el comportamiento de las variables de investigación.				X	
Estructura	7. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica entre todos los elementos básicos de la investigación.					X
	8. CONSISTENCIA	Se basa en aspectos teóricos científicos de la investigación.					X
	9. COHERENCIA	Existe coherencia entre los ítems: Indicadores, dimensiones y variables.					X
	10. METODOLOGÍA	La estrategia de investigación responde al propósito del diagnóstico.					X

LUEGO DE REVISADO EL INSTRUMENTO

Procede su Aplicación

☒

Debe Corregirse

☐

Dr./Mg:

Osbel Mora E.

DNI:

70026045

Anexo 7: Consentimiento informado



CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo: **Emanuel Paucar Cabrera** Identificado(a) con DNI N° **72645017**, actuando a mi nombre y en calidad de Gerente del CENTRO GANADERO SAN FABIO, acepto participar de manera voluntaria del proceso de recolección de datos, pruebas e implementación para el proyecto de investigación titulado: **"APLICACION WEB Y MÓVIL CON TECNOLOGÍA LORA PARA EL MONITOREO DE GANADO VACUNO - PUERTO MALDONADO - 2024"**, realizado por los investigadores: **Bach. Litman Seyneldy Ventura Flores** y **Bach. Libertad Kareen Karina Huaman Coaquira** y accedo a participar y me comprometo a responder las preguntas que se me hagan de la forma más honesta posible, así como de participar en caso de ser requerido en actividades propias del proceso. Autorizo a que los datos que se obtengan del proceso de investigación sean utilizados, para efectos de sistematización y publicación del resultado final de la investigación. Expreso que los investigadores me han explicado con antelación el objetivo y alcances de dicho proceso.

Puerto Maldonado, 17 de octubre de 2024

Atentamente


MVZ Emanuel Paucar Cabrera
CMVP 13141

Anexo 8 Otros

