



**“Prototipo de una solución con técnicas de IoT y tecnología lora para la detección temprana del celo vacuno con un aplicativo móvil”**

Pillajo Machado, Luis Jordy y Suntaxi Gualotuña, Jonatan Javier

Departamento de Ciencias de la Computación

Carrera de Ingeniería de Sistemas e Informática

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero en Sistemas e Informática

Ing. Díaz Zúñiga, Magi Paúl

11 de agosto de 2022



Tesis\_PodometroVacuno\_Pillajo\_Suntaxi\_V2.pdf - report.pdf

Scanned on: 20:34 August 15, 2022 UTC



Firmado electrónicamente por:  
**MAGI PAUL  
DIAZ**



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	199
Words with Minor Changes	22
Paraphrased Words	88
Omitted Words	2688



**Departamento de Ciencias de la Computación**

**Carrera de Ingeniería de Sistemas e Informática**

### **Certificación**

Certifico que el trabajo de titulación, **“Prototipo de una solución con técnicas de IoT y tecnología lora para la detección temprana del celo vacuno con un aplicativo móvil”** fue realizado por los señores **Pillajo Machado, Luis Jordy** y **Suntaxi Gualotuña, Jonatan Javier** el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

**Sangolquí, 11 de agosto 2022**



Firmado electrónicamente por:  
**MAGI PAUL  
DIAZ**

**Ing. Díaz Zuniga, Magi Paúl**

C. C. 1707249072



**Departamento de Ciencias de la Computación**

**Carrera de Ingeniería de Sistemas e Informática**

**Responsabilidad de Autoría**

Nosotros, **Pillajo Machado, Luis Jordy** con cédula de ciudadanía N° **1722063623** y **Suntaxi Gualotuña, Jonatan Javier**, con cédula de ciudadanía N° **1718911488**, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“Prototipo de una solución con técnicas de IoT y tecnología lora para la detección temprana del celo vacuno con un aplicativo móvil”**, es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

**Sangolquí, 11 de agosto 2022**

**Pillajo Machado, Luis Jordy**

C.C.:1722063623

**Suntaxi Gualotuña, Jonatan Javier**

C.C.:1718911488



**Departamento de Ciencias de la Computación**

**Carrera de Ingeniería de Sistemas e Informática**

**Autorización de Publicación**

Nosotros, **Pillajo Machado, Luis Jordy** con cédula de ciudadanía N° **1722063623** y **Suntaxi Gualotuña, Jonatan Javier** con cédula de ciudadanía N° **1718911488**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“Prototipo de una solución con técnicas de IoT y tecnología lora para la detección temprana del celo vacuno con un aplicativo móvil”**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

**Sangolquí, 11 de agosto 2022**

**Pillajo Machado, Luis Jordy**

C.C.:1722063623

**Suntaxi Gualotuña, Jonatan Javier**

C.C.:1718911488

## **Dedicatorias**

Dedico la presente tesis a mis padres Luis y Cecilia, quienes con sus sabios consejos, paciencia y apoyo incondicional han dado razón a mi vida, y me han impulsado a ser mejor cada día.

A mis hermanas Jimena y Fernanda quienes con su ejemplo e inmenso cariño siempre confiaron en mí y me animaron a ser perseverante y a cumplir mis ideales.

A mi amada Patricia y a mis hijos Miguel y Josue, quienes con su amor han sido mi fuente de inspiración para poder superarme y esforzarme para forjar un futuro mejor.

**Luis Pillajo**

El presente trabajo de titulación se la dedico mis padres Jaime y Olga quienes con su paciencia, amor y perseverancia me ayudaron. En especial a mi madre Olga que me guio en cada paso de mi vida, sus consejos, ejemplo de vida, me enseñaron que todo con esfuerzo y dedicación se puede cumplir, no hay meta imposible, solo personas que no sueñan.

A mis hermanos Darwin, Cristian, Lorena, que me apoyaron y confiaron en mí, y son pilares fundamentales para seguir soñando con más cosas.

A toda familia que, con su apoyo, consejos, son el pilar para muchos sueños

A mis amigos y compañeros que estuvieron en el camino universitario, profesional, y deportivo, quienes me brindaron su apoyo, y voz de aliento, consejos oportunos y el impulso que se necesita para cumplir esta meta.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a todas las personas que de manera indirecta apoyaron y ayudaron, trabajadores de la universidad, conocidos, entre otros, los llevo en el corazón aprecio su colaboración.

**Jonatan Suntaxi**

## **Agradecimientos**

Agradezco a mis padres y hermanas que con todo su cariño, amor y consejos me ayudaron a conseguir este objetivo tan anhelado, especialmente en los momentos difíciles sin dejarme desfallecer.

Agradezco a Patricia, quien me brindo todo su amor y apoyo incondicional, con la cual logre formar una familia siendo esta la mayor motivación de mi vida.

Agradezco a mi compañero de tesis Jonatan Sntaxi, por su responsabilidad esfuerzo y dedicación en el desarrollo de este trabajo.

Finalmente, a mis docentes de la universidad que con su experiencia y amplios conocimientos me formaron como un profesional.

**Luis Pillajo**

Agradecer a Dios, a mis padres Jaime y Olga a quienes, con su amor, paciencia, dedicación, persistencia, esfuerzo, y sobre todo preocupación guiaron mi camino, me dieron aliento al transcurso de la carrera sobre todo en momentos difíciles que parecía que se volvía más oscuro el camino, no me dejaron caer, con sus consejos y el ejemplo de lucha diaria que da en especial mi madre Olga, que me demuestra que no hay problema que no se pueda solucionar, que si la vida golpea te puedes seguir levantando una y otra vez, gracias a sus valores este triunfo es para ella en especial. Agradecer a mis hermanos Darwin, Cristian, Lorena, por los consejos de experiencias, por las oraciones, el ejemplo siendo mis otros padres, por el cuidado, sobre todo por siempre estar conmigo apoyándome incondicionalmente. A toda mi familia por sus palabras de aliento haciendo mejor persona todos los días.

Agradecer a todos los docentes de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por los conocimientos brindados, su paciencia, y su entregan. En especial al Ing. Paul Diaz por la ayuda brindada en todo el camino del proyecto de titulación, al Ing. Diego Vela por los conocimientos en el área de ganadería y su tiempo, a la Dra. Elizabeth Urbano por el tiempo y la ayuda brindada en el desarrollo del proyecto de titulación.

A Jordy por ser un gran amigo y persona durante el camino universitario, su apoyo incondicional, palabras de aliento en el proyecto de titulación.

Finalmente, a mis dos amigos que están en el cielo, Juan Carlos y Roberto, que me acompañan todos los días, y la ingeniería fue uno de sus sueños que me quede a cumplir por ellos. A Daniel por su amistad, lealtad, consejos y ser mi hermano de otra madre. A todos los amigos de la universidad que me apoyaron en momentos difícil, siempre los llevare en el corazón y a todos mis amigos, conocidos esta tesis es por ustedes.

**Jonatan Suntaxi**

## Índice de Contenidos

Análisis de plagio .....	2
Certificación .....	3
Responsabilidad.....	4
Autorización .....	5
Dedicatorias .....	6
Agradecimientos .....	8
Índice de Contenidos.....	10
Índice de Tablas.....	15
Índice de Figuras.....	16
Resumen.....	19
Abstract .....	20
Capítulo I.....	21
Introducción .....	21
Antecedentes.....	21
Planteamiento del problema .....	22
Justificación .....	24
Objetivos.....	26
Objetivo General .....	26
Objetivos Específicos .....	26
Alcance.....	26
Hipótesis.....	27

	11
Capítulo II.....	28
Marco teórico .....	28
Metodología de desarrollo .....	28
Identificación de la Problemática.....	28
Definición de los Objetivos de la Solución.....	28
Diseño y Desarrollo .....	28
Demostración .....	29
Evaluación.....	29
Comunicación.....	30
Tecnologías de la Información y Comunicación .....	31
Redes de comunicación .....	31
Redes inalámbricas .....	32
LoRaWAN .....	33
Herramientas de Desarrollo.....	35
Visual Studio Code.....	35
React Native.....	36
Firebase .....	36
GitHub .....	37
Proteus.....	37
Arduino IDE .....	37
Tinkercad.....	38
Manejo del celo bovino .....	38

	12
Ciclo estral.....	38
Factores que se manifiestan en el estro bovino .....	44
Métodos para la detección del celo .....	46
Visuales.....	46
Electrónicos.....	47
Programa con software .....	48
Modelo de comunicación para el sector ganadero. ....	48
Capítulo III.....	50
Materiales y Desarrollo .....	50
Ubicación.....	50
Ubicación geográfica.....	50
Ubicación política.....	50
Infraestructura.....	50
Materiales .....	53
Materiales de Campo .....	53
Materias para la recolección de datos.....	53
Comercialización del proyecto .....	55
Análisis de costos.....	55
Desarrollo .....	63
Desarrollo del Emisor y Receptor .....	64
Hardware del Emisor y Receptor.....	65
Software del Emisor y Receptor .....	69

	13
Funcionamiento electrónico del emisor y receptor.....	72
Diseño y desarrollo del aplicativo móvil .....	73
Mockup.....	73
Estructura de carpetas .....	74
Interfaces graficas del Aplicativo Móvil.....	75
Integración entre la aplicación y los dispositivos .....	82
Funcionalidad del Aplicativo .....	82
Capítulo IV .....	84
Pruebas y Resultados.....	84
Pruebas .....	84
Configuración de la red .....	84
Calibración del acelerómetro .....	85
Colocación del dispositivo .....	89
Animales.....	92
Resultados.....	115
Recolección de datos .....	115
Limpieza de datos .....	117
Resultados Finales.....	118
Capítulo V .....	124
Conclusiones y Recomendaciones .....	124
Conclusiones .....	124
Recomendaciones .....	124

Referencias bibliográficas ..... 126

## Índice de Tablas

Tabla 1	Hormonas involucradas en el ciclo estral y su función .....	38
Tabla 2	Características de comportamiento durante el estro en bovinos.....	40
Tabla 3	Ubicación Geográfica del Campus de Estudio .....	50
Tabla 4	<i>Característica de los equipos</i> .....	53
Tabla 5	<i>Lista de costos general</i> .....	56
Tabla 6	<i>Inversión de activos</i> .....	58
Tabla 7	<i>Materia prima</i> .....	62
Tabla 8	<i>Costo mano de obra por mes seguimiento bovino</i> .....	62
Tabla 9	<i>Costos de fabricación indirectos</i> .....	63
Tabla 10	<i>Descripción de los componentes para el Emisor y Receptor</i> .....	72
Tabla 11	<i>Configuración de Red Bovinos</i> .....	85
Tabla 12	<i>Información de los bovinos para pruebas</i> .....	94
Tabla 13	<i>Muestra de datos Bovino 3</i> .....	100
Tabla 14	<i>Muestra de datos Bovino 4</i> .....	102
Tabla 15	<i>Muestra de datos Bovino 5</i> .....	103
Tabla 16	<i>Muestra de datos general</i> .....	107
Tabla 17	<i>Promedio de pasos por metro y kilometro</i> .....	110
Tabla 18	<i>Cronograma de Pruebas</i> .....	113
Tabla 19	<i>Prueba bovino 1908</i> .....	119

## Índice de Figuras

Figura 1 Diagrama de desarrollo de la Metodología SCRUM .....	29
Figura 2 Modelo de referencia propuesto para LoRaWAN.....	34
Figura 3 Servidor LoRaWAN.....	35
Figura 4 Modelo de Comunicación IoT.....	49
Figura 5 Ubicación geográfica (Google Maps) .....	51
Figura 6 Establo Físico (Google Maps).....	52
Figura 7 Entrada principal al establo.....	52
Figura 8 Diagrama de barras de la inversión de activos .....	61
Figura 9 Circuito Receptor .....	64
Figura 10 Circuito del Emisor .....	65
Figura 11 Diagrama Electrónico del Receptor.....	65
Figura 12 Diagrama Electrónico del Emisor .....	66
Figura 13 Diagrama Tinkercad del Receptor.....	67
Figura 14 Diagrama Tinkercad del Emisor.....	67
Figura 15 Logo representativo del dispositivo .....	68
Figura 16 Impresión de cajas emisor 3D.....	68
Figura 17 Diagrama de Flujo del Receptor.....	69
Figura 18 Código del Receptor en Arduino IDE .....	70
Figura 19 Diagrama de Flujo del Emisor .....	71
Figura 20 Código del Emisor en Arduino IDE.....	72
Figura 21 Mockups de aplicativo móvil JJMU .....	73
Figura 22 Estructura de Carpetas React Native (CLI).....	75
Figura 23 Pantalla de Bienvenida App .....	76
Figura 24 Pantalla de Registro de Usuario App .....	77

	17
Figura 25 Pantalla Inicio de Sesión App.....	77
Figura 26 Pantalla de registro Vacas .....	78
Figura 27 Pantalla de vinculación Vaca con Dispositivo .....	79
Figura 28 Pantalla de alerta .....	80
Figura 29 Pantalla de pasos.....	81
Figura 30 Pantalla de estadísticas .....	81
Figura 31 Condición y Muestra de Pasos del Bovino .....	82
Figura 32 Funcionalidad del App.....	83
Figura 33 Prueba de datos Coordenadas X, Y y Z.....	86
Figura 34 Formula de la Moda .....	86
Figura 35 Aplicación de la formula en Excel .....	87
Figura 36 Gráfico de ejes en movimiento.....	87
Figura 37 Gráfico de ejes estables.....	88
Figura 38 Sensores Acelerómetro.....	89
Figura 39 Caja de la primera prueba.....	89
Figura 40 Dispositivo Emisor y Receptor .....	90
Figura 41 Colocación del dispositivo prueba 1 .....	91
Figura 42 Colocación del dispositivo prueba 2.....	91
Figura 43 Dispositivo colocado en el Bovino.....	92
Figura 44 Prueba con el Canino Uno .....	93
Figura 45 Prueba con el Canino Dos .....	93
Figura 46 Prueba con el Ternero 2225.....	95
Figura 47 Muestra de datos Bovino 1.....	96
Figura 48 Primera prueba, pasos por 100 Metros.....	97
Figura 49 Primera prueba, pasos por 1 kilómetro .....	97
Figura 50 Muestra de datos Bovino 2.....	98

	18
Figura 51 Segunda prueba, pasos por 100 Metros .....	99
Figura 52 Segunda prueba, pasos por 1 kilómetro .....	99
Figura 53 Tercera prueba, pasos por 100 Metros .....	101
Figura 54 Tercera prueba, pasos por 1 kilómetro .....	101
Figura 55 Cuarta prueba, pasos por 100 Metros.....	102
Figura 56 Cuarta prueba, pasos por 1 Kilómetro .....	103
Figura 57 Quinto prueba, pasos por 100 Metros .....	104
Figura 58 Quinto prueba, pasos por 1 Kilómetro.....	105
Figura 59 Bovinos para la muestra de datos.....	105
Figura 60 Prueba general, pasos por 100 Metros .....	108
Figura 61 Prueba general, pasos por 1 kilómetro .....	109
Figura 62 Formula media aritmética.....	109
Figura 63 Diagrama de Barras por días y pasos (metro) .....	110
Figura 64 Diagrama de Barras por días y pasos (kilometro) .....	111
Figura 65 Muestra de pasos en la App.....	111
Figura 66 Lugar de Ordeño (Tarde) .....	115
Figura 67 Lugar de Ordeño (Madrugada).....	116
Figura 68 Toma de datos (Madrugada).....	116
Figura 69 Toma de muestras (Tarde).....	117
Figura 70 Bovino comiendo con el dispositivo .....	118
Figura 71 Alerta en la App.....	118
Figura 72 Prueba final bovino 1908 .....	120
Figura 73 Bovino 1908 (Abi).....	120
Figura 74 Alerta App Bovino 1908 .....	121
Figura 75 Estadística de pasos bovino 1908.....	122
Figura 76 Muestra de un bovino en celo .....	123

## Resumen

La ganadería en Ecuador tiene métodos rudimentarios para el monitoreo de sus animales un ejemplo claro, es la detección del celo bovino el cual en su mayoría de haciendas o ganaderías lo detectan de forma visual siendo esto un problema, por la poca cantidad de personas encargadas de los animales o su poca experiencia en el campo, esto hace que exista mayor cantidad de días abiertos lo que ocasiona pérdidas diarias a sus dueños.

En consecuencia, se desarrolló un prototipo de detección temprana del celo bovino basa en la comunicación LoRa que permitió tener un seguimiento del bovino mediante sus pasos, mencionando que un animal en celo tiende a tener mayor actividad física, es decir, camina más.

Para el desarrollo de este trabajo de titulación se utilizó la metodología Desing Science la cual nos brinda las siguientes fases de investigación, diseño, validación, implementación y evaluación además para el desarrollo del aplicativo móvil se utilizó la metodología de desarrollo SCRUM. Como resultado se obtuvo un prototipo de detección temprana de celo bovino con tecnología IoT y comunicación LoRa.

Al terminar se pudo observar que con el prototipo desarrollado se cumplió el objetivo de conteo de pasos extras, cuando el animal está en celo, lo que manda una alerta al celular del ganadero.

*Palabras Claves:* Celo o Estro, Bovino o Vacuno, Tiempo Real, IoT, LoRa.

## **Abstract**

Livestock in Ecuador has rudimentary methods for monitoring their animals a clear example is the detection of bovine estrus which most of the farms or cattle ranches detect it visually, this being a problem due to the small number of people in charge of the animals or their little experience in the field, this causes a greater number of open days, which causes daily losses to their owners.

Consequently, a prototype for early detection of bovine estrus was developed based on LoRa communication, which allowed to have a follow-up of the bovine through its steps, mentioning that an animal in heat tends to have more physical activity, that is, it walks more.

For the development of this degree work, the Desing Science methodology was used, which provides us with the following phases of research, design, validation, implementation and evaluation, in addition, the SCRUM development methodology was used for the development of the mobile application. As a result, we obtained a prototype for early detection of bovine estrus with IoT technology and LoRa communication.

At the end, it was observed that the prototype developed met the objective of counting extra steps when the animal is in heat, which sends an alert to the farmer's cell phone.

Key words: Estrus, Cattle or bovine, Real time, IoT, LoRa.

## Capítulo I

### Introducción

#### Antecedentes

En Ecuador el sector agropecuario representa aproximadamente un 8% del total del Producto Interno Bruto PIB, de lo cual, alrededor de un 7% se debe a las actividades relacionadas con la acuicultura, pesca y producción pecuaria según el Sistema Nacional de Información del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador en el 2016. De acuerdo con la información proporcionada por la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua - ESPAC realizada por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos en el 2016, en el sector pecuario predomina el ganado vacuno con un total de 4,13 millones de cabezas a nivel nacional, seguido por el ganado porcino con 1,14 millones de cabezas. Según datos del INEC a junio del 2017 un 28.62% de la población económicamente activa, se dedica a la agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca.

A nivel nacional en el sector agropecuario, Ecuador realiza actividades de forma tradicional para la detección de celo bovino, por lo que esto puede ocasionar pérdidas económicas, como se observó en la hacienda el Prado las tareas de monitoreo y control de los animales se los realiza aun en hojas de cuaderno para el seguimiento del animal. A nivel nacional el proceso de detección de celo bovino, en la mayor parte de las haciendas lo realizan de forma visual dando lugar a muchos errores si no son muy experimentados en el sector ganadero, dada que las personas somos propensos a errores, siendo esto una de las causas que posibilita el robo de los animales según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos en el 2016.

Para el ganadero o hacendado el poder tener más crías se ha visto limitado por la falta de una pronta detección de celo y así reduciendo el óptimo rendimiento reproductivo, teniendo pérdidas económicas al ganadero, al tener más días abiertos esto quiere decir que el animal no está en celo, reduciendo considerablemente la eficiencia de estado de preñez del bovino. Tienen varios factores a tomar en cuenta que pueden variar para la detección de celo que estos pueden ser: tiempo de duración del ciclo estral, pocos signos de celo en el animal, tiempo variable de manifestación de síntomas, causas genéticas que viene desde el padre y ambientales climáticos.

Para los productores ganaderos, uno de los pilares fundamentados para tener ganancias estables depende del correcto manejo reproductivo de los animales, siendo fundamental tener una óptima precisa detección del celo en la hembra bovina, mediante los diferentes comportamientos que esta presenta, como puede ser el bovino con más actividad física, para que consecuentemente el ganadero o capataz encargado pueda llevar a cabo la monta natural o inseminación artificial (González, Método de ayuda para aumentar la eficiencia en la detección de celos., 2016) .

### **Planteamiento del problema**

En el Ecuador, uno de los problemas más importantes y aspectos a tener en cuenta es la detección precisa del celo vacuno, ya que se han presentado fallas importantes en el manejo del estro en las fincas o ganaderas del país. La detección de celo suele ocurrir de 2 a 4 veces al día: a la hora del ordeño (mañana y tarde) y al momento de muda del rejo, sin contar con las horas de la noche; Del mismo modo, no se puede predecir con exactitud a qué hora empezó el celo y el mejor momento para la inseminación; Todos los estudios con respecto a la frecuencia del inicio del estro y su duración variaron según el autor y la región de estudio, lo que resulta en

una detección deficiente del celo y una tasa limitada de inseminaciones mensuales (Arias, 2017).

En la ganadería bovina del IASA, al igual que en muchas otras ganaderías, uno de los problemas más habituales es la imprecisión en la detección del celo en los bovinos, que afectan directamente la productividad de las vacas lecheras y lógicamente los porcentajes de concepción van hacer a ser bajos ocasionados por este problema, genera pérdidas económicas a los ganaderos por el incremento de los días abiertos (desde el parto hasta la preñez), menor vida útil productiva, menos vacas en producción, menor producción total de leche, e incremento de los costos de manejo y alimentación de vacas no productivas.

Otro problema que se da en la Hacienda el Prado IASA I es el escaso personal, en el cual existe 3 vaqueros y 2 ordeñadoras para un total de 220 cabezas de ganado, y una rotación no adecuada de personal extra para fines de semana y/o feriados. El rejo tiene aproximadamente 75 vacas, que normalmente es el grupo al que se debe preñar. El celo es detectado de manera visual por el personal a cargo, no se utiliza dispositivos tecnológicos ni otros mecanismos para la ayuda en la detección del celo. La falta de celo y por consiguiente la falta de la inseminación artificial en las vacas es quizá la mayor causa de disminución de la fertilidad del hato, con las pérdidas ya descritas anteriormente.

La tecnología para este sector no es la más accesible, tomando en cuenta que los costos de los collares son muy elevados para el monitoreo de los bovinos, ya que estos no son hechos en el Ecuador como por ejemplo la marca “Mu Sensor o Heatime” o los podómetros, que son collares inteligentes o pulseras no invasivos respectivamente, que permite monitorear en tiempo real y de manera remota la salud, comportamiento y actividad del animal, además, de que estos dispositivos necesitan de un mayor conocimiento tecnológico para ser utilizados.

Con lo antes mencionado, está claro que se precisa contar con un mecanismo que permita la detección temprana de celo bovino para la Hacienda el Prado IASA I a bajo costo, además, de que se pueda visualizar la información del estado del animal en un aplicativo móvil que sea de fácil manejo para el usuario.

A continuación, se detallan los objetivos que están sujetos a la realización, ejecución y validación del prototipo.

### **Justificación**

En la ganadería de la Hacienda el Prado, ESPE - IASA I, el ganadero se enfrenta a la dificultad que representa la detección del celo en las vacas, ya que en muchos casos ocurre en horas de la noche, donde es casi imposible detectarlo. Esto implica que estas vacas no sean inseminadas artificialmente, por lo que se deberá esperar el siguiente celo que ocurre aproximadamente a los 21 días, lo que significa pérdidas para el productor por la dificultad para conseguir un adecuado intervalo entre partos que debe ser cercano a los 12 meses, y consecuentemente menos vida útil de la vaca y menos producción total.

Los dispositivos que se encuentran en el mercado no son hechos en el Ecuador y estos a su vez necesitan de una gran cobertura del internet, puesto que en la hacienda El Prado no se cuenta con esta capacidad y las áreas de pastoreo son alejadas de zonas que cuenten con conexión, pero, esto se solucionaría con la implementación de la tecnología Lora que es ideal para conexiones a grandes distancias y para redes de IoT en las que se necesitan sensores, el cual a través de la información que registra, permitirá hacer las inseminaciones a su debido tiempo, generando un menor número de concesiones de servicios (pajuelas).

Además se enfoca en la construcción de un prototipo al menor costo posible en el mercado, para la detección temprana del celo bovino el cual podrá ser manejado desde una aplicación móvil con sistema operativo Android el cual trabajara las 24 horas del día dependiendo si el dispositivo esté conectado y cargado, por que, el ganadero encargado tiene un mayor manejo del dispositivo, este no cuenta con una instrucción para el manejo del computador, el cual proporcionará un mayor beneficio para la hacienda del IASA I lo que permitirá que se tenga un mayor control y seguimiento diario para el ganado permitiéndole al ganadero invertir en más dispositivos, para en un futuro sin tener la necesidad de una gran inversión poder tener más dispositivos conectados a nuestro sistema.

Estos dispositivos lo que miden y cuantifican es el movimiento de cada animal puesto el dispositivo, y se basa en que una vaca en celo tiene mayor actividad física, es decir, camina más. Por el contrario, una vaca enferma camina menos, por lo que este dispositivo puede resultar efectivo tanto para la detección de celo como de animales con problemas de salud.

Los días abiertos, desde el parto a la siguiente preñez, en la ganadería del IASA es de 160 días, siendo el óptimo hasta los 120 días. El período de espera voluntario, desde el parto hasta que se pueda inseminar, es de 45 días, que es un tiempo técnicamente recomendado para este tipo de ganaderías.

Por ende, se justifica la investigación para desarrollar el sistema que se propone en esta investigación. Para su eficiencia en la toma de información generada por la actividad física del animal, se registra gracias a su microcontrolador y su visualización de datos en el celular; llevándolo a tomar la decisión de una inseminación a un tiempo determinado, optimizando la detección de celo luego del

periodo de espera voluntario, ya que cada día abierto pasado los 120 días, representa un promedio estimado de \$3,5 dólares diarios de pérdida según el ganadero.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Desarrollar un prototipo basado en el paradigma IoT que permita la detección temprana del celo bovino en la Hacienda el Prado, ESPE - IASA I utilizando un aplicativo móvil mediante comunicación Lora.

### **Objetivos Específicos**

- Realizar un estudio en torno a la problemática de la detección temprana del celo bovino a través de una investigación exploratoria.
- Estudiar la factibilidad de aplicación de propuestas tecnológicas de detección temprana del celo bovino en zonas rurales a través de una revisión de literatura preliminar.
- Diseñar e implementar un prototipo de sistema de tecnología LORA, para la detección temprana del celo bovino aplicando la metodología de desarrollo de software SCRUM en el aplicativo móvil.
- Validar el prototipo de sistema de detección de celo bovino mediante pruebas de campo en la Hacienda el Prado, ESPE - IASA I

### **Alcance**

El alcance del proyecto comprende el desarrollo de un prototipo basado en IoT conjuntamente con la comunicación Lora, el cual permite monitorear, analizar y gestionar la información referente a la actividad física de los bovinos.

En primer lugar, se realiza una revisión preliminar de artículos científicos los cuales exponen técnicas y tipos de tecnologías usadas para el monitoreo del ganado bovino en zonas rurales.

Después se generan diferentes categorías que sustentan las variables de investigación, las cuales permiten obtener información científica para desarrollar el presente estudio.

Por último, se establece el modelo del sistema el cual será validado en la zona rural de la Hacienda el Prado, ESPE - IASA I donde se cuenta con un hato bovino lechero, bajo un sistema semi intensivo en base de pastoreo. El cual se podrá visualizar en los dispositivos móviles con sistema operativo Android.

### **Hipótesis**

Un sistema de monitoreo basado en la tecnología de comunicación LORA, permite la detección temprana del celo bovino en la Hacienda el Prado, ESPE - IASA I.

## Capítulo II

### Marco teórico

### Metodología de desarrollo

Para el desarrollo del proyecto, tomando en cuenta el ámbito de la problemática, se consideró la aplicación de una metodología que se oriente hacia temas de tecnologías de la información. La metodología de investigación Design Science se enfoca principalmente en la ejecución de un proceso iterativo, el cual, tiene como objetivo generar conocimiento, mayor comprensión de la problemática y un producto final durante el diseño, desarrollo y evaluación de este (Cataldo, 2015). Cada una de estas fases se definen a continuación (Azasoo, 2012).

### Identificación de la Problemática

El principal objetivo de la metodología es brindar soluciones y respuestas tecnológicas que aborden o mitiguen problemas sociales relevantes.

### Definición de los Objetivos de la Solución

En esta fase, los resultados específicos se describen en forma de indicadores cuantitativos, destinados a reflejar el valor del producto final que debe lograrse en un plazo y con los recursos disponibles.

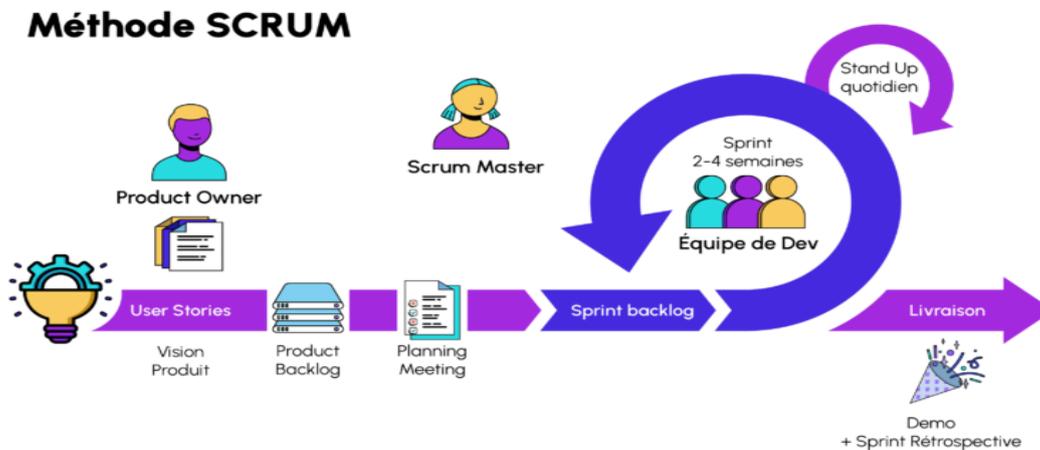
### Diseño y Desarrollo

A través del diseño inicial se propone un modelo conceptual del artefacto, mediante la aplicación de una abstracción adecuada se estiman los recursos y el comportamiento esperado. Procedemos con la construcción de artefactos centrados

en la solución como el objetivo de esta sección, se utilizará el método de desarrollo SCRUM.

## Figura 1

*Diagrama de desarrollo de la Metodología SCRUM*



## Demostración

Se comprueba la actividad del artefacto. En primer lugar, se depuran y validan las funciones básicas, mientras que se utilizan métricas y métodos, como simulaciones, para demostrar el rendimiento, la eficiencia, la precisión y la estabilidad de la precisión del prototipo final.

## Evaluación

Mediante la implementación de métodos de evaluación se confirma y verifica el correcto desempeño del artefacto, el cual puede cambiar si no se logran los resultados esperados, es aquí donde el modelo puede ser aplicado iterativamente, puede volver a la fase de diseño y desarrollo o a definir los objetivos de la solución.

## Comunicación

Una vez que se logre el resultado deseado, el modelo de artefacto y sus hallazgos se presentarán efectivamente a la comunidad de TI. La metodología Design Science ofrece diversas ventajas a la investigación y desarrollo de este proyecto de software, entre las que se pueden identificar las siguientes:

- Se emplean métodos rigurosos para la construcción y evaluación del artefacto
- Posibilidad de generar alternativas de diseño en el ciclo iterativo.
- Minimización de costos y recursos.
- Detección temprana de fallas y errores.
- Fomenta la investigación para garantizar la innovación del prototipo.

Cada fase de exposición está vinculada a objetivos específicos establecidos para el proyecto. Este proceso se detalla a continuación: En la definición del problema se realiza un estudio de estado a través de la revisión y análisis de estudios exploratorios y bibliográficos, y se determina los objetivos de la solución a través del estudio de factibilidad de las propuestas, obtenido a través de una revisión preliminar del material. Así, también se ha realizado el paso de determinar el objetivo de la solución.

A través de la construcción de un prototipo, se lleva a cabo la fase de diseño y desarrollo utilizando la metodología SCRUM, apoyado en la implementación de infraestructura y protocolos IoT, basados en redes de sensores, comunicación inalámbrica y métodos de desarrollo de software. Las fases de demostración, evaluación y comunicación se realizan de forma secuencial mediante la validación del prototipo, mediante la simulación de un caso de estudio, y aplicando técnicas de entrevista a diversos profesionales del sector turístico, los resultados se obtienen mediante la validación cruzada de la información.

## **Tecnologías de la Información y Comunicación**

Estas tecnologías están conformadas por un conjunto de herramientas, herramientas, fundamentos y canales desarrollados y soportados por la tecnología (computadoras, programas, telecomunicaciones, etc.), procesan, comunican y presentan información a través de datos, multimedia, voz con el fin de mejorar la calidad de vida de las personas. calidad de vida (Ávila, 2013).

La tecnología de la información y la comunicación se usa indistintamente para referirse a diferentes tipos de tecnología en diferentes campos con el propósito de crear, transmitir y difundir información para apoyar el desarrollo de habilidades y nuevas habilidades. (Saint-Dizier, 2012).

Las tecnologías de la información y la comunicación tienen impactos no solo tecnológicos sino también sociales debido a sus cambios dramáticos en las estructuras económicas, culturales, sociales y ambientales; dentro de la organización, se adaptan y transforman con el objetivo de crear una ventaja competitiva en el campo al que pertenecen (Ávila, 2013).

### **Redes de comunicación**

Una red de comunicación es un conjunto de elementos de similares características que se encuentran interconectados por un medio físico común, con el fin de compartir recursos a través de una solicitud. (Ramírez-Iglesia L. N.-R.-B., 2002).

Para (Barceló, 2015), las características fundamentales de una red de comunicación son las siguientes:

- Las redes de comunicación deben de tener un medio en común para que exista comunicación.
- Siempre debe haber una conexión entre todos los dispositivos conectados.
- Cada dispositivo conectado debe tener características comunes tanto a nivel de software como de hardware.
- Se debe realizar un análisis exhaustivo del diseño físico y la implementación de la red en un lugar determinado.

### **Redes inalámbricas**

La red inalámbrica es un tipo de comunicación basada en dispositivos que no son guiados por ondas de frecuencia electromagnética, utilizada como medio de transmisión y recepción de datos; dispositivos como antenas, sensores, etc (Andreu, 2011).

Una red de sensores es una red de pequeños dispositivos, grupos de sensores que ayudan a colaborar para un propósito común (Ramírez-Iglesia L. N.-R.-B., 2002). Para (Donzelli, 2010), las ventajas que tienen las redes inalámbricas sobre otro tipo de redes son las siguientes:

- **Diseño:** Los receptores son lo suficientemente cómodos y pequeños como para que puedan integrarse en cualquier tipo de dispositivo para llevarlo a diferentes lugares a los que las redes tradicionales no pueden acceder.
- **Robustez:** Las redes cableadas pueden quedar inutilizables ante imprevistos como: terremotos, derrumbes, etc. Por el contrario, una red inalámbrica puede permanecer funcional frente a todo tipo de eventos inesperados.

- **Poca Planificación:** Al realizar un cableado estructurado dentro de cualquier tipo de edificio, es necesario hacer un estudio previo de cómo se distribuirá toda la red, mientras que una red inalámbrica debe ser centralizada, haga clic en la pregunta para conocer la ubicación donde se instalará. dentro de la cobertura de la red.
- **Flexibilidad:** Dentro de la cobertura de una red inalámbrica, los nodos deben comunicarse sin necesidad de un medio físico de conexión.

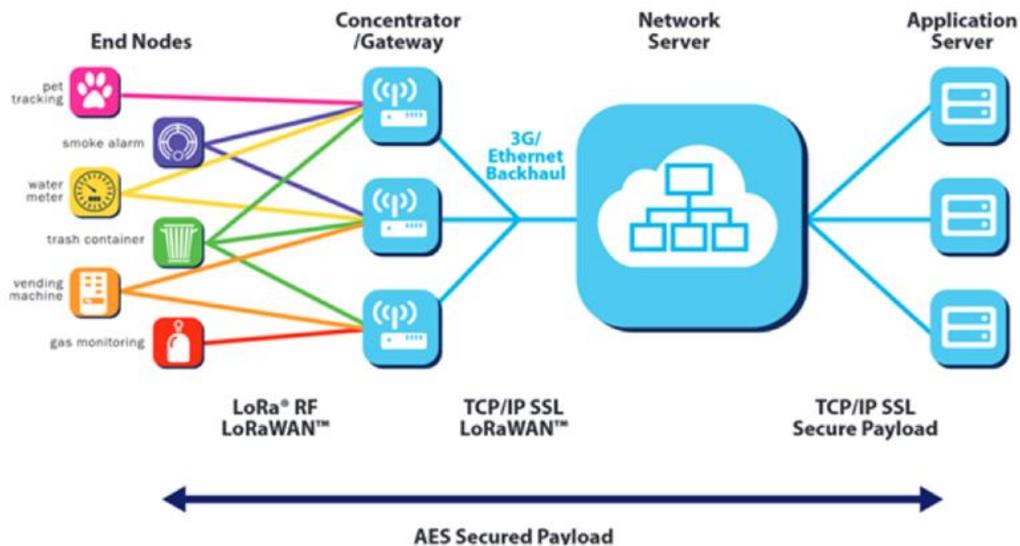
## LoRaWAN

Es una tecnología ubicada en la capa física, se basa en una técnica de comunicación llamada modulación de espectro ensanchado. Esta técnica de comunicación permite la transmisión de datos y ayuda a convertir la señal portadora en un ancho de banda mayor que el ancho de banda de la señal de datos real (Rajkhowa, 2018).

Desarrollar un prototipo de LoRaWAN es un nuevo desafío, ya que deja obsoleto el modelo de referencia OSI y se hace cargo de la arquitectura de todas las tecnologías LPWAN (Alhamedi, 2014). No existe un único modelo de referencia para todas las tecnologías LPWAN para crear un prototipo basado en la resolución de un problema común. Cada tecnología tiene su propio modelo, la Figura 9 detalla el modelo de referencia propuesto por LoRa Alliance (Alliance, 2020).

**Figura 2**

*Modelo de referencia propuesto para LoRaWAN.*



**Nota:** El diagrama representa cada parte de la arquitectura LoRaWAN y sus diversos servicios. Tomado de (Alliance, 2020).

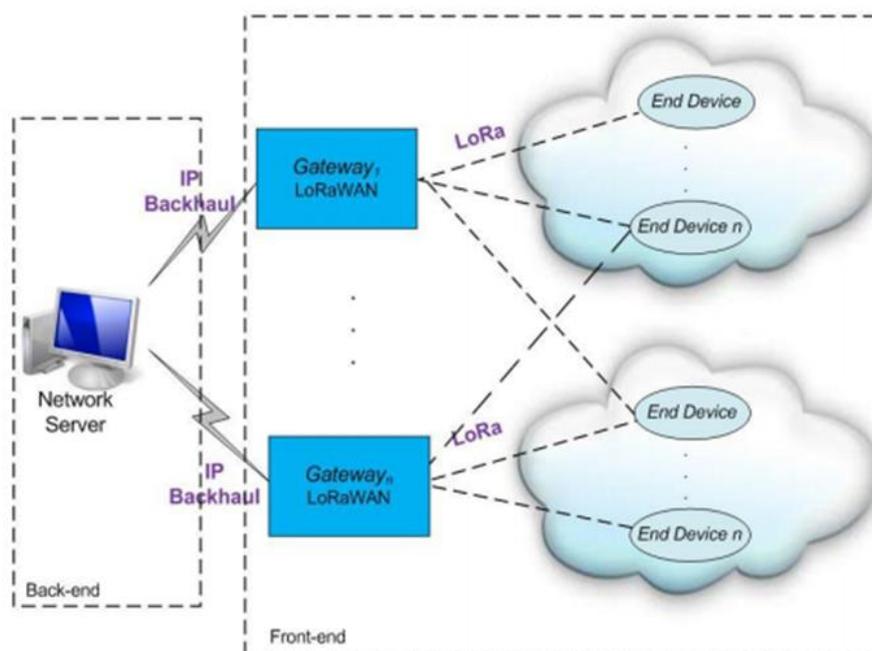
**LoRaWAN** admite una potente topología en estrella, donde el servidor central y las puertas de enlace, a través de una conexión IP, permiten transferir todo tipo de datos desde el primer dispositivo al dispositivo final o viceversa, de manera bidireccional. Cada uno de estos componentes se detallan, a continuación:

- **Gateway o pasarela:** Como su nombre lo indica, son estaciones que cumplen la función de recibir información transmitida por dispositivos terminales y enviarla a los servidores de la red.
- **Dispositivos clientes o finales:** Son dispositivos que sirven para conectar varios sensores, cables, entre otros, en una red LoRa. Realizan la función de recopilar datos para su procesamiento a través de la puerta de enlace.

- **Servidores de red:** Se trata de dispositivos que se pueden utilizar de forma local o en la nube y cuya función es procesar y recibir información de los terminales. Estos servidores administran los dispositivos conectados a la red, como se detalla en la Figura 3.

**Figura 3**

*Servidor LoRaWAN*



**Nota:** El gráfico representa los módulos que tiene el servidor LoRaWAN tanto en su frontend como en su backend. Tomado de (Magaña-Sevilla, 2009).

## Herramientas de Desarrollo

### Visual Studio Code

Visual Studio Code (VS Code) es un editor de código desarrollado por Microsoft. Este es un software gratuito y compatible con los diferentes sistemas operativos. Algunas características se describen a continuación.

- Tiene una variedad de extensiones que brindan una excelente integración.
- Permite escribir y ejecutar código en prácticamente cualquier lenguaje de programación.
- Permite ensamblar aplicaciones web y móviles (Microsoft, 2021).

Por las facilidades anteriormente descritas se utilizó el editor de código Visual Studio Code para el presente proyecto.

## **React Native**

React Native es un framework creado por Facebook que utiliza JavaScript como lenguaje de programación, el cual fue creado para desarrollar aplicaciones reales nativas para iOS y Android.

Para el presente proyecto se utiliza el lenguaje de programación react native ya que se enfoca en escribir una sola vez el código y que este se pueda ejecutar en Android o iOS.

## **Firebase**

Firebase es una plataforma basada en la nube para desarrollar aplicaciones web y móviles. Está disponible para diferentes plataformas (iOS, Android y web), agilizando el desarrollo. Tiene las siguientes características

- Realtime Database: Son las bases de datos en tiempo real. Estas se alojan en la nube, son NoSql y almacenan los datos como JSON.
- Autenticación de usuarios: Firebase proporciona un sistema de autenticación el acceso mediante perfiles de otras plataformas externas.

- Almacenamiento en la nube: Firebase tiene un sistema de almacenamiento que permite a los desarrolladores guardar y sincronizar los archivos de su aplicación. Como la mayoría de las herramientas de Firebase, se puede personalizar mediante reglas específicas.

## **GitHub**

GitHub es un repositorio en línea gratuito que se usa para administrar proyectos y rastrear versiones de código. Comúnmente se utiliza para almacenar código de programación de millones de personas en todo el mundo por lo que se puede decir que GitHub es una red social para desarrolladores en la cual se puede interactuar sin la necesidad de estar presentes.

## **Proteus**

Proteus es una herramienta de software de diseños eléctricos, en la cual se puede simular circuitos electrónicos complejos, además da la oportunidad de manejar microcontroladores. Para este proyecto se utilizó el diseñador de circuitos proteus ya que caracterizada por su potencia y facilidad de uso.

## **Arduino IDE**

Arduino IDE es un entorno de programación interactivo utilizado para compilar e interpretar el código para desarrollar programas utilizados en las placas Arduino. Es compatible con Linux y Windows, y brinda las facilidades para desarrollar proyectos electrónicos.

## Tinkercad

Tinkercad es un software gratuito de diseño y modelado 3D en línea que facilita la creación de proyectos de animación digital. También proporciona una enorme biblioteca de formas listas para usar.

## Manejo del celo bovino

### Ciclo estral

Es un conjunto de signos fisiológicos los que se presentan antes de la ovulación, el tiempo puede variar entre estros (de 17 a 24 días, media 21 días), se dividen en 2 fases y 4 etapas en bovinos, se lo llama así por la estructura del ovario, estos se clasifican en folicular (presencia de estrógeno) y lúteo (presencia de progesterona) (Martini, 2016). A continuación, mostraremos una tabla de la dinámica que tiene el ciclo estral, se resume en la tabla 1.

**Tabla 1**

*Hormonas involucradas en el ciclo estral y su función*

Hormonas	Funciones
Progesterona	Implantación del embrión y desarrollo sincrónico del embrión
Estrógenos	Comportamiento sexual, atresia temprana de folículos, bajos niveles de estrógenos afectan la fertilidad
Hormona folículo-estimulante (FSH)	Induce la aparición de las ondas foliculares, la tasa de crecimiento del folículo es estimulada por FSH,

---

	reclutamiento de folículos y vascularización del folículo dominante
Hormona luteinizante (LH)	Desencadena la ovulación, controla el desarrollo y mantenimiento del cuerpo lúteo (CL).
Hormonas	Funciones
Progesterona	Implantación del embrión y desarrollo sincrónico del embrión
Estrógenos	Comportamiento sexual, atresia temprana de folículos, bajos niveles de estrógenos afectan la fertilidad
Hormona folículo-estimulante (FSH)	Induce la aparición de las ondas foliculares, la tasa de crecimiento del folículo es estimulada por FSH, reclutamiento de folículos y vascularización del folículo dominante
Hormona luteinizante (LH)	Desencadena la ovulación, controla el desarrollo y mantenimiento del cuerpo lúteo (CL).

---

**Fuente:** Adaptado de (Khodaei. M., 2011), (Boer, 2011) y (Gigli. I., 2006).

El celo o período estral: tiene el inicio principalmente en horarios nocturnos, tiene unas conductas que se pueden clasificar en: primarias y secundarias, una de los factores que acompaña el cambio es la de disminución de la producción de leche y aumento visible de la temperatura corporal (González, 2016). El período que tiene

como máxima intensidad sexual el bovino durante el ciclo estral (monta estática) y en este tiempo la vaca está inmovilizada para la unión de otras vacas (la duración varía de 8, 15, 18 o hasta 30 horas) (Cunningham, 2013).

Finalización del estro: en este periodo a menudo se observa sangre saliendo de la vagina, pegándose a la piel, alrededor de la vulva y la cola (Pueyo, 2017). Se puede observar a continuación, en la tabla 2 un resumen los comportamientos del ciclo estral que los bovinos tienen en este periodo.

**Tabla 2**

*Características de comportamiento durante el estro en bovinos.*

Característica	Descripción	Etapa de presentación
Primaria	Pasividad a la monta  Inmovilización de la hembra de 5 a 7 segundos cuando es montada por un toro o hembra (característico del estro).	Estro
Secundarias	Monta o intento de monta a otras vacas  Puede estar presente en el 95% de las vacas del grupo sexualmente activo (SAG), pero	Proestro y estro

---

sólo entre el 30%  
y -40% tienen este  
signo durante el  
estro.

---

Inquietud	Las vacas están	Estro
-----------	-----------------	-------

constantemente  
inquietas, caminan  
más y lloran a  
menudo, el resto  
de la hembra  
puede participar  
en sus actividades  
diarias (pastoreo,  
rumia o  
descanso).

---

Olfateo de los genitales	La vaca olfatea los genitales de otras vacas del grupo.	Proestro y Estro
-----------------------------	---	---------------------

---

Encuentros cabeza- cabeza	Puede haber un comportamiento agresivo debido a la formación de un nuevo comportamiento.	Estro
---------------------------------	---	-------

---

Apoyo de mentón	Apoya el mentón	Estro
-----------------	-----------------	-------

---

---

sobre el anca de la otra y lo roza con firmeza hacia atrás aplicando presión sobre el anca, es una prueba de receptividad a la monta (reflejo de papada).

---

Signos físicos	Descarga vulvar mucosa	El moco vaginal es viscoso, claro y fibroso (similar a la clara de huevo) debido a los altos niveles de estrógeno (que duran aproximadamente 3 días), que pueden adherirse a la base de la cola, las patas traseras, los flancos o el	Estro y primer día de metaestro
----------------	------------------------	---	---------------------------------

---

---

	perineo.	
Pelos despeinados y suciedad en la grupa	Debido a las sucesivas montas el pelo de la grupa se observa despeinado, con saliva y suciedad por el roce, puede haber lesiones ulcerativas por los cascotes en los isquiones, miembros y los flancos, que aparecen con barro o estiércol.	Estro
Edema y congestión vulvar	En el celo, la alta concentración de estrógenos induce edema y congestión de la vulva.	Estro

---

**Fuente:** Adaptado de (González, 2016).

## Factores que se manifiestan en el estro bovino

Entre los factores propios de los animales estos pueden ser que incluyen la condición corporal, que su valoración está en una escala del 1 al 5, siendo 1 extremadamente delgado y 5 muy obeso (Frasinelli, 2004). Si el animal presenta una condición corporal menor a 2, se aumenta el número de días para reiniciar el ciclo de celo, si es mayor a 12 meses, sin cambios de signos para la actividad sexual, ni de ovulación y se incrementó el tiempo de penetración intrauterina, que se llega a promediar entre 25-32 días (Donzelli, 2010). En el periodo que dura la presentación de la primera ovulación del bovino y la pérdida folicular (Pérez-Hernández, 2001). Una de las condiciones que refleja el animal es el estado nutricional como factor principal, a mayor ingesta energética de alimentos mayor tasa de concepción, como de igual manera los bovinos jóvenes también tienen requerimientos alimentos nutricionales para su crecimiento óptimo y la reproducción (Montiel, 2005). Al igual que la forma productiva, en el ganado lechero se crea un balance energético negativo si no se toma en cuenta las condiciones del animal, delimitado por la producción de estrógenos y la ovulación de la hembra (Reece, 2009).

Se puede tomar en cuenta un factor adicional que es la duración del celo que tiene en el bovino, donde tenemos un rango de 1 a 8 horas que conlleva a decir que es un 24% de hembras que entran en celo, de las cuales presentes tienen a tomarse en celo un porcentaje de un 20% de eficiencia, que esto cabe decir que la detección de celo se lo puede ver en un periodo de 9 a 16 horas, tiene una eficacia del 46% de hembras la detección de celo es del 82%, en un periodo de tiempo de 17 a 24 horas la eficacia es de aproximadamente del 27% del lote con un 83% eficiencia en la detección del celo y en un periodo de tiempo de entre 25 a 32 horas en porcentaje es de un 3% del lote con un 100% de eficiencia en la detección del celo bovino (Galvis

et al., 2005). Entre otro de los factores que se presenta es el fisiológico que nos da en una hora de manifestación, los cuales puedes estar entre las horas de 0 a 6 am con un porcentaje de 45%, en otro periodo de horas que son de 6 pm a 12 am tenemos un porcentaje de 25%, entre el periodo de horas de 6 am a 12 pm tenemos un porcentaje del 22% y como último periodo de horario tenemos de 12 pm a 3 pm con un porcentaje de 8%. Sin embargo a tomar en cuenta tenemos que otro estudio reporta que las montas entre las misma hembras bovinas se los realiza de 6 de la mañana y las 9 am esto alcanzan un porcentaje del 33%, entre otro horario que se puede dar es las 9 am y las 12 am con un porcentaje del 16% y el ultimo horario que puede darse la monta es las 12 am y 3 am con un porcentaje del 13% (Arroyo, 2009).

Factores externos que intervienen: Para esto uno de los factores que es importantes es el tipo de suelo, por lo que la actividad sexual del bovino se reporta con más visibilidad cuando están sobre el suelo con una superficie estable que esta puede ser sobre cemento, y cuando la temperatura medio ambiental es superior a 27°C que puede ser al medio día, porque el flujo de calor de los bovinos hacia el exterior se disminuye o invierte, esta produce hipertermia que provoca calor, estrés, que ayuda a provocar un medio ambiente de tiempo de calentamiento más corto que esta entre las 5 a 6 horas (González, 2016). Al mismo que tiene un índice temperatura con humedad (ITH) propicio para el bovino, que esta pueden influir considerablemente en la expresión o cambios del comportamiento estral muestra así con la actividad física (Ramírez-Iglesia L. N.-R.-B., 2002).

Otro de los factores de gestión, es la frecuencia de detección, que es expresada como observaciones en periodos de tiempo estratégicos que tiene el capataz o ganadero, que son de 2 o 3 observaciones diarias en momentos críticos para el bovino y que tiene una duración aproximada de 60 minutos, que ente tiempo

el animal produce una buena detección que es de aproximadamente el 80% (Arias, 2017). Otro de los factores a tomar en cuenta en la no detección del celo, es la distracción o descuido del personal que está a cargo del bovino que particularmente lo hacen mediante la vista en el periodo del ordeño, la falta de expertos para observar los signos que tiene el animal en celo y una buena identificación de los animales para saber qué número de identificación tiene influyen negativamente en la detección del celo (Ramírez-Iglesia L. N.-R.-B., 2002).

### **Métodos para la detección del celo**

El objetivo de la correcta detección de celo bovino es el disminuir los errores que tienen al manejo, que esto afectan principalmente el porcentaje de visualización que tiene el capataz como el dueño de la hacienda para la manifestación estral, donde se pueden visualizar las tres etapas: 1) atracción, medir en función del grado que la hembra induce comportamientos sexuales al macho de la camada (Strappini, 2015). Si no se encuentra los machos, las hembras interactúan con comportamientos no habituales entre sí montándose entre ellas y reflejan las primeras señales del celo, como la monta entre ellas, 2) proceptividad, actividad física más de lo habitual y 3) receptividad, más activas (González, Método de ayuda para aumentar la eficiencia en la detección de celos. UNCPBA., 2016). Existen diferentes métodos entre los ganaderos para la identificación de la presencia del celo, entre las cuales se pueden mencionar en la clasificación que se pone a continuación:

### **Visuales**

Inspección visual: esto se basa en la observación que se lo realiza por el capataz que se la manifiesta cuando tiene signos del celo en la hembra cuando está en el ordeño , se debe realizar cuando el animal está dentro de la vista mínimo 30

minutos cada vez que está a la vista y se deben tener a considerar los siguientes signos que presente el animal: Actividad física fuera de lo normal como es el incrementado de sus pasos habituales, caminar de maneja brusca, olfateos entre los otros bovinos, mugidos seguidos con contacto físico entre ellas: Intento de monta entre ellas, apoyar la cabeza, vulva roja, edematosa y con descarga de mucus cristalino, escoriaciones y micción frecuente (León J. R., 2017).

Etiquetas detectoras de monta: Estas son adhesivos que se colocan en la base de la cola del animal, con un color fluorescente en su interior, que cuando se trata de unir a otros animales, estos perciben calor a través del olfato y avisan al trabajador que el animal se ha aclimatado a la monta del bovino. Algunos nombres comerciales son Estrus alert® y Estrotect® (Munguía, 2018).

Ampollas adheridas a la base de la cola: Son botellas de tinta que vienen en una bolsa de plástico y se coloca en la cola de la hembra, cuando la vaca monta a otra la ampolla se agrieta pintándola (León J. , 2013).

Crayón marcador: Esta se aplica en la base de la cola del animal para que el ganadero lo vea, este mecanismo es inicialmente, que se pinta la zona donde el bovino se va a montar, con montas sucesivas se elimina el color que se le puso al animal esto indicando que el bovino está en celo (Strappini, 2015).

## **Electrónicos**

Podómetro: Es un contador de pasos que se lo coloca como collar en el cuello o en la pata del bovino, una vez obtenido este dato el podómetro transmite una señal a un receptor que muestra al usuario cuantos pasos dio el animal esto quiere decir si el bovino aumento su actividad física diaria (León J. , 2013). Existe dificultades en él

envió de datos ya que el hábitat del bovino es en establos o potreros donde existe poca recepción de señal. (Saint-Dizier, 2012). Lo que da como resultado un retraso en la información lo que dificulta la detección del celo, por esta razón la eficiencia de este método varía entre el 60% al 95% según el dispositivo que se utilice y el alcance de señal que tenga el establecimiento (Cunningham, 2013).

### **Programa con software**

Celotor: Este es un sistema que cuenta con un método complicado, que requiere un programa que ayuda al seguimiento del bovino, se complementa con mensajes que envían información al implante para que el cliente en tiempo real pueda visualizarlo cuando se detecta celo con los parámetros establecidos, para la funcionalidad del sistema tenemos que implantar un chip electrónico en la parte inferior de la cola del bovino el cual nos ayudara para tomar los datos, que es otra alternativa a la detección temprana de celo bovino (Trenkle, 2001). Para ver la funcionalidad de este se requiere un toro celador, que lleva un arnés en el pecho con un lector del microchip ayudando así para el envío de datos inmediatamente, después procesando el dato y lanzando una notificación al teléfono móvil, que este anunciara el celo y la hora para la inseminación (Celotor, 2014).

### **Modelo de comunicación para el sector ganadero.**

El esquema de gestión de la comunicación se presenta al teléfono móvil mediante el sensor acelerómetro. El sensor acelerómetro transfiere la información al receptor. Se establece una conexión que se transmite a través de una conexión inalámbrica a una antena receptora implementada con tecnología de protocolo LoRa y se enruta a Internet a través de la estructura de una red de área amplia de baja

potencia (LPWAN). Esta información se almacena en el servidor de datos (Base de Datos - Firebase). La visualización de datos se adapta a las necesidades del cliente.

#### Figura 4

*Modelo de Comunicación IoT*



## Capítulo III

### Materiales y Desarrollo

#### Ubicación

La Hacienda “El Prado” se encuentra ubicada en el Sur-Este de la ciudad de Quito, en la provincia de Pichincha, cantón Rumiñahui, parroquia Sangolquí.

#### Ubicación geográfica

La Hacienda “El Prado” se encuentra entre los puntos:

**Tabla 3**

*Ubicación Geográfica del Campus de Estudio*

	Norte	Sur
Longitud	W 78° 25´00´´	W 78° 26´00´´
Latitud	S 0° 22´21´´	S 0° 23´46´´
Altitud	Min: 2675 m.s.n.m.	Max: 2800 m.s.n.m.

#### Ubicación política

El presente estudio se llevó a cabo en la Hacienda El Prado, Carrera Agropecuaria IASA, de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, parroquia Sangolquí, cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha.

#### Infraestructura

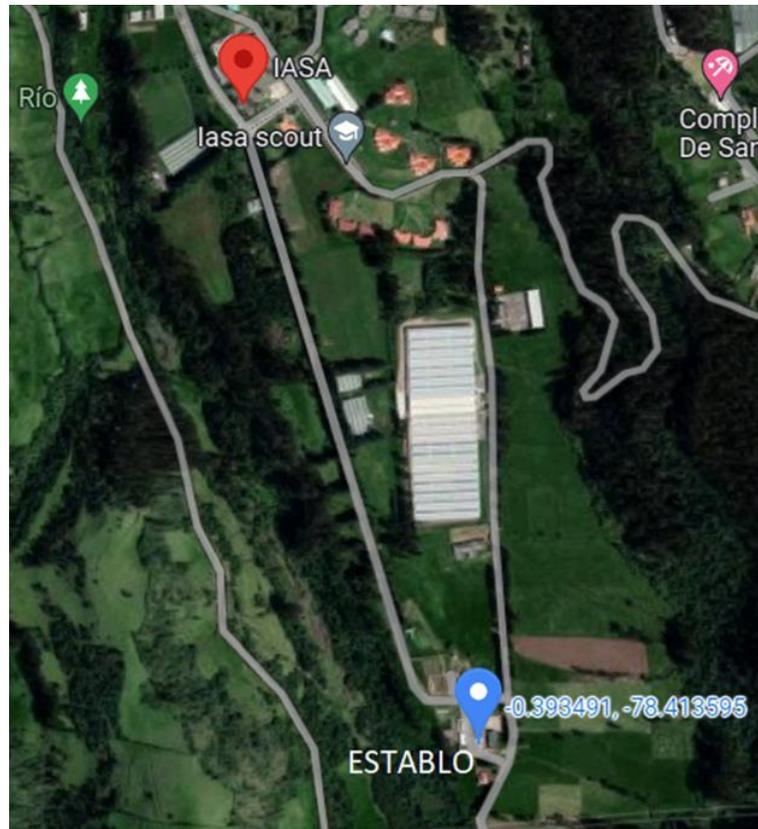
La ubicación del establo de ganadería que se utilizó para la toma de datos se encuentra descritas a continuación.

- Altitud 2748 m.s.n.m

- Latitud  $0^{\circ}39'34.91''$  Sur
- Longitud  $78^{\circ}41'35''$  Oeste

### Figura 5

*Ubicación geográfica (Google Maps)*



**Figura 6**

*Establo Físico (Google Maps)*

**Figura 7**

*Entrada principal al establo*



## Materiales

### Materiales de Campo

- Establo del Campus
- Lugar de pastoreo

### Materias para la recolección de datos

- Computadoras
- Lora
- ESP8266
- Arduino
- Módulo sensor
- Cámara fotográfica
- Red Wifi

## Tabla 4

### *Característica de los equipos*

<b>Dispositivo</b>	<b>Características</b>
<b>Computadora portátil investigador 1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Marcar: Dell INSPIRION N5110</li> <li>• Procesador: Core Intel i7</li> <li>• Ram: 8Gb</li> <li>• Disco Duro: 500 SSD</li> <li>• Sistema Operativo: Windows 10</li> </ul>
<b>Computadora portátil investigador 2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Marcar: MSI GF65 Thin 9SD</li> <li>• Procesador: Core Intel i7</li> </ul>

---

	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ram: 16Gb</li><li>• Disco SSD 500</li><li>• Sistema Operativo: Windows 10</li></ul>
<b>Sensor acelerómetro</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Módulo Acelerómetro (ADXL 335)</li><li>• Acelerómetro de 3 ejes</li></ul>
<b>Placa de microcontrolador 1</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Marca: Arduino PRO MICRO</li><li>• Voltaje: 5v</li><li>• Digital I/O</li><li>• Pines de entrada/salida: 18</li><li>• Entradas Analógicas: 9</li></ul>
<b>Placa de microcontrolador 2</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Marca: ESP8266</li><li>• Voltaje: 3.0 a 3.6V</li><li>• Pines: 16 pins GPIO</li></ul>
<b>Módulo de comunicación lora</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Voltaje de alimentación: 3.6-5.5V</li><li>• Rango de frecuencia: 420MHz ~ 450MHz</li><li>• Chip WiFi: ESP8266</li><li>• Conector para antena externa</li></ul>

---

## **Comercialización del proyecto**

### **Análisis de costos**

Se realizó un análisis de costos que es una estrategia para determinar el valor monetario de los insumos (mano de obra, materias primas, activos, infraestructura, entre otros), considerados como costos de producción, lo que ayuda en la toma de decisiones sobre los niveles óptimos de producción para tomar decisiones cuidadosas.

Se realizó un listado con todo lo necesario sobre los recursos que se va a utilizar, para llevar a cabo este proyecto de investigación y se resume en la siguiente tabla.

Tabla 5

Lista de costos general

Listado de costos					
Clasificación	Concepto	Unidad de medida	Cant.	Costo unitario	Valor total
<b>Materia Prima</b>	Vaca en producción	Un	2	\$ 1,600.00	\$ 3,200.00
<b>Materia Prima</b>	Vaca seca	Un	2	\$ 1,200.00	\$ 2,400.00
<b>Costos Indirectos de Fabricación</b>	Agua	LT			
<b>Costos Indirectos de Fabricación</b>	Luz	Kw			
<b>Costos Indirectos de Fabricación</b>	Internet	Mbps			
<b>Activos</b>	Ups	Un	1	\$ 45.00	\$ 45.00
<b>Activos</b>	ESP 8266	Un	1	\$ 12.00	\$ 12.00
<b>Activos</b>	Módulo de Comunicación	Un	2	\$ 17.00	\$ 34.00
	LORA				
<b>Activos</b>	Arduino Pro Micro	Un	1	\$ 9.00	\$ 9.00
<b>Activos</b>	Acelerómetro + Giroscopio	Un	1	\$ 8.00	\$ 8.00

<b>Activos</b>	Pilas	Un	2	\$	6.00	\$	12.00
<b>Activos</b>	Módulo de carga de batería	Un	2	\$	3.00	\$	6.00
<b>Activos</b>	Diseño de placa electrónica	Un	2	\$	14.00	\$	28.00
<b>Activos</b>	Diseño e impresión 3D	Un	2	\$	15.00	\$	30.00
<b>Activos</b>	Correa Negra	Un	1	\$	2.00	\$	2.00
<b>Activos</b>	Cable USB	Un	2	\$	3.00	\$	6.00
<b>Activos</b>	Conector de carga	Un	2	\$	1.00	\$	2.00

En la lo invertido de activos se ha considerado la infraestructura y los equipos necesarios para la toma de datos para la comprobación de la detección de celo bovino, que son necesarios recolectar datos, que son los equipos esenciales para llevar esta actividad y se detalla a continuación en la tabla 6.

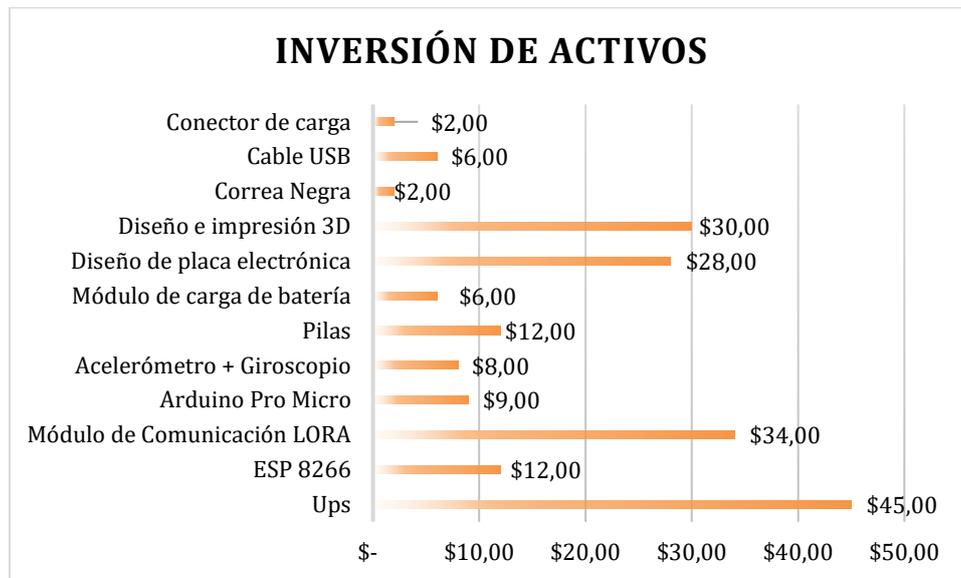


<b>Equipo</b>	Acelerómetro	Un 1	\$ 8.00	\$ 8.00	3	\$ 1.02	0.25
<b>de</b>	+ Giroscopio						
<b>computo</b>							
<b>Equipo</b>	Pilas	Un 2	\$ 6.00	\$ 12.00	3	\$ 0.77	0.25
<b>de</b>							
<b>computo</b>							
<b>Equipo</b>	Módulo de	Un 2	\$ 3.00	\$ 6.00	3	\$ 0.38	0.25
<b>de</b>	carga de						
<b>computo</b>	batería						
<b>Equipo</b>	Diseño de	Un 2	\$ 14.00	\$ 28.00	3	\$ 1.79	0.25
<b>de</b>	placa						
<b>computo</b>	electrónica						
<b>Equipo</b>	Diseño e	Un 2	\$ 15.00	\$ 30.00	3	\$ 1.92	0.25
<b>de</b>	impresión 3D						
<b>computo</b>							

<b>Equipo</b>	Correa Negra	Un	1	\$ 2.00	\$ 2.00	3	\$ 0.26	0.25
<b>de</b>								
<b>computo</b>								
<b>Equipo</b>	Cable USB	Un	2	\$ 3.00	\$ 6.00	3	\$ 0.38	0.25
<b>de</b>								
<b>computo</b>								
<b>Equipo</b>	Conector de	Un	2	\$ 1.00	\$ 2.00	3	\$ 0.13	0.25
<b>de</b>	carga							
<b>computo</b>								
<b>Valor total</b>					\$ 194.00		\$ 17.28	\$ 3.00

**Figura 8**

*Diagrama de barras de la inversión de activos*



Miramos en la gráfica los equipos para la infraestructura para la detección de celo bovino, tiene un alto costo por la producción unitaria, esto se debe por la materia que se compra unitario, los equipos de informáticos para la recolección de datos para la visualización de estos en la aplicación no son muy elevados, por lo que sí se puede implementar en este proyecto.

**Tabla 7***Materia prima*

<b>Materia Prima</b>								
<b>Calificación</b>	Concepto	UM	Por semana				Total	
<b>Materia</b>	Vaca en	Un	2	\$	\$ 3,200.00	2	\$ 1,600.00	\$ 3,200.00
<b>Prima</b>	producción			1,600.00				
<b>Materia</b>	Vaca seca	Un	2	\$	\$ 2,400.00	2	\$ 1,200.00	\$ 2,400.00
<b>Prima</b>				1,200.00				

**Tabla 8***Costo mano de obra por mes seguimiento bovino*

<b>Mano de obra</b>									
<b>Calificación</b>	Cargo	Sueldo	Aporte IESS	Aporte Patronal	Décimo Tercero	Décimo Cuarto	Vacaciones	Fondo de Reserva	Total
<b>Mano de obra</b>	Capataz	\$425,00	\$36,86	\$47,39	\$32,50	\$32,50	\$195,00	\$32,50	\$801,75

La tabla anterior se pudo visualizar el costo de mano de obra por mes que es muy importante que realiza el personal al cuidado de los bovinos.

**Tabla 9**

*Costos de fabricación indirectos*

<b>Costos indirectos de fabricación</b>					
<b>Calificación</b>	Concepto	UM	Cantidad	Costo unitario	Valor total
<b>Costos indirectos de fabricación</b>	Agua	LT	0	0	0
<b>Costos indirectos de fabricación</b>	Energía eléctrica	KW	0	0	0
<b>Costos indirectos de fabricación</b>	Internet	Mbps	0	0	0

La tabla que muestra los costos indirectos, son aquellos que provienen de servicios que no tiene implicación directa con el proyecto, pero son muy necesarios para que se llevara a cabo la toma de datos

En resumen, los costos de la aplicación móvil y el dispositivo están en un precio estándar debido que esta de manera demo en este momento se podría ampliar la utilidad del dispositivo, aumentando otros tipos de sensores como estos pueden ser geolocalización, temperatura, entre otros.

## **Desarrollo**

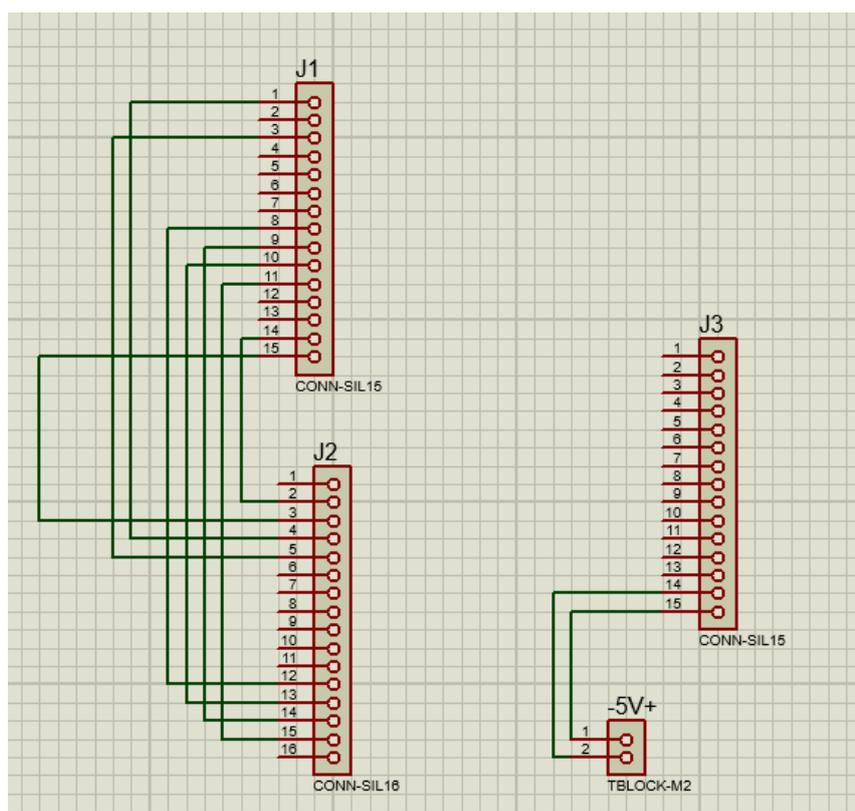
En este apartado se va a describir el desarrollo de los dispositivos (emisor y receptor) y del aplicativo móvil.

## Desarrollo del Emisor y Receptor

Para el desarrollo de este dispositivo se realizó varias simulaciones en el sistema Proteus, que nos da la facilidad de simular el circuito y poder rectificarlo si es necesario para que, una vez probado, nos muestre el resultado requerido para poderlo implementar de manera física.

### Figura 9

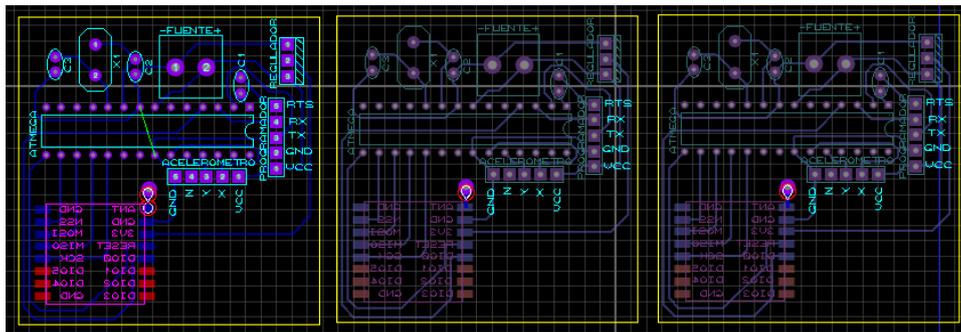
*Circuito Receptor*





**Figura 12**

*Diagrama Electrónico del Emisor*



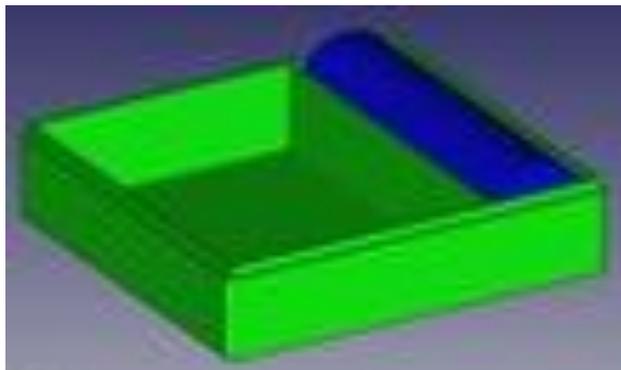
Una vez obtenido el circuito funcional tanto para el emisor como para el receptor se procedió con la compra de los materiales electrónicos; A continuación, se detalla los pasos para armar el circuito físico:

- 1) Se imprime la placa con el circuito.
- 2) Se colocan los materiales (Arduino PRO, ESP8266, Modulo Lora, Acelerómetro más Giroscopio, Antena, Modulo de carga, Pilas Recargables).
- 3) Se procede a soldar cada uno de los materiales en sus respectivos lugares.
- 4) Se comprueba que estén correctamente funcionando.

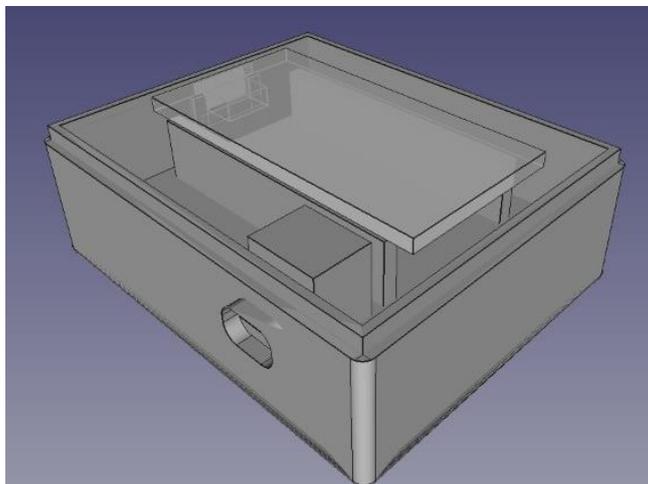
Para la estructura de la caja que contendrá el circuito del emisor y receptor se utilizó la herramienta Tinkercad para la simulación de la caja como se muestra en la siguiente imagen.

**Figura 13**

*Diagrama Tinkercad del Receptor*

**Figura 14**

*Diagrama Tinkercad del Emisor*



Adicional se creó un logo representativo de nuestro sistema, como se muestra en la figura 15.

**Figura 15**

*Logo representativo del dispositivo*



Dando como resultado la siguiente impresión en 3D, tanto como el receptor como el emisor, como se muestra en la figura 15.

**Figura 16**

*Impresión de cajas emisor 3D*

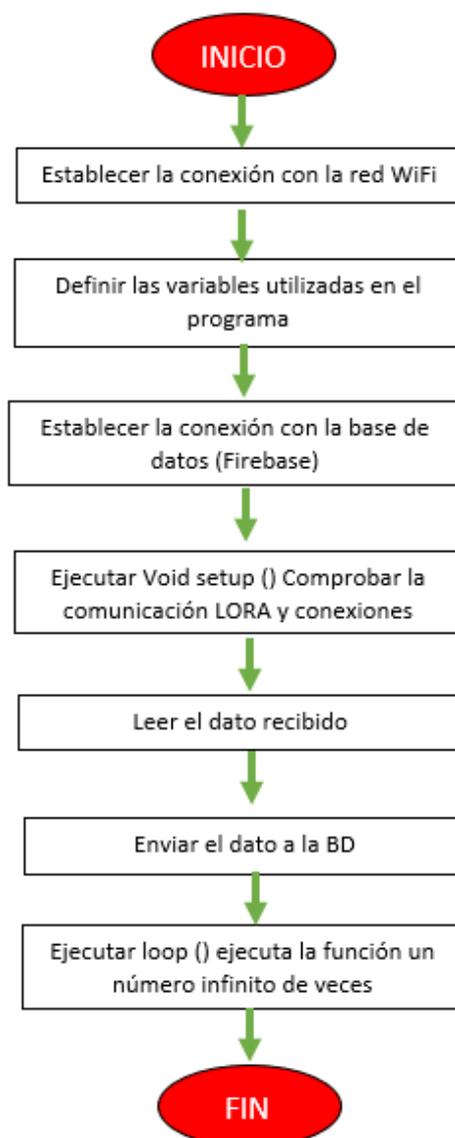


## Software del Emisor y Receptor

Para que exista una conexión entre el emisor y receptor es necesario programar ambas partes, para esto utilizamos el editor de código Arduino IDE, en el cual se determinó los siguientes procesos que se deben cumplir para la captura de información que se requiere tanto para el emisor como para el receptor, como se muestra en la Figura 17 (Receptor), Figura 19 (Emisor)

### Figura 17

*Diagrama de Flujo del Receptor*



A continuación, se muestra el código desarrollado en Arduino IDE del receptor, como se muestra en la figura 18.

**Figura 18**

### Código del Receptor en Arduino IDE



```

cod_fire | Arduino 1.8.19
File Edit Sketch Tools Help

cod_fire
Firebase.begin(config, auth);

//Comment or pass false value when WiFi reconnection will control by your code or third party library
Firebase.reconnectWiFi(true);

Firebase.setDoubleDigits(5);
////////// FIN FIREBASE ////////////
} // FIN SETUP

void loop() {

int packetSize = LoRa.parsePacket();
//CONDICIONANTE SI LA COMUNICACION ES EXITOSA

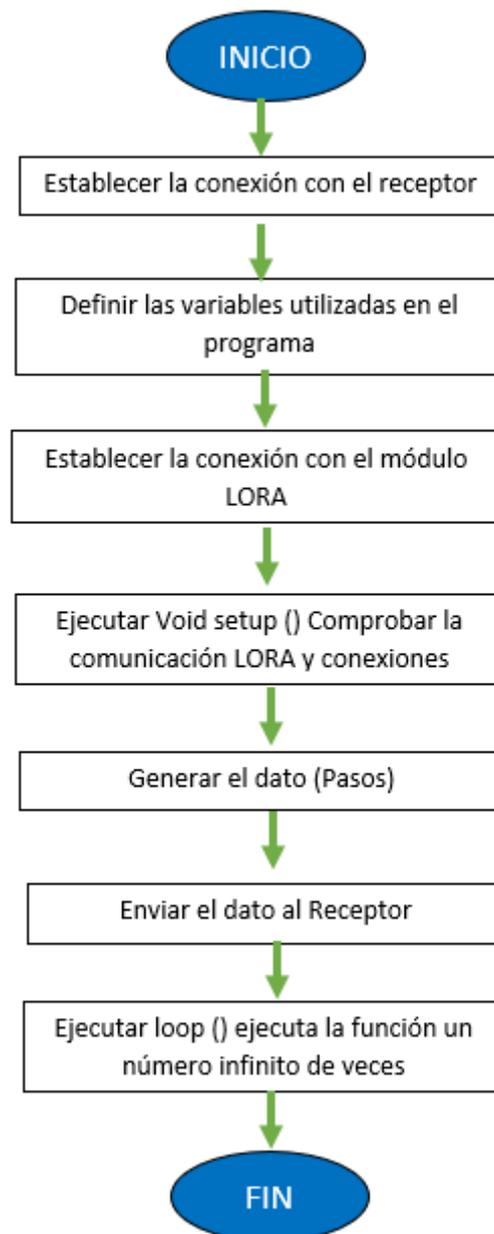
if (packetSize) {
  Serial.print("Receiving Data: "); //IMPRIMIR POR EL SERIAL QUE SE RECIBEN LOS DATOS
  while (LoRa.available()) {
    String data = LoRa.readString(); //LECTURA DEL DATO COMO TAL
    Serial.println(data);
    //Inicio conversion de String a entero
    String sensor = s.separa(data, '$', 0); //SEPARACION DEL DATO Y EL SIGNO $
    sensor = sensor.trim(); // CONVERTIMOS EL DATO A ENTERO
    Serial.println(sensor); //IMPRESION DEL DATO POR SERIAL
    //delay(500);
    //Fin subida a la nube.
  }
}

////////// REPORT FIREBASE
if (Firebase.ready() && (millis() - sendDataPrevMillis > report_cada || sendDataPrevMillis == 0)) {
  sendDataPrevMillis = millis();
  Serial.print("Reportando Nivel... ");
  Firebase.RTDB.setInt(fbdo, nombre, sensor); // "ok" : Edo.errorReason().c_str();
  Serial.printf("Reportando Nivel... %s\n", Firebase.RTDB.setString(fbdo, dispositivo, "jgmu01") ? "ok" : Edo.errorReason().c_str());
  Serial.println();
}

////////// FIN FIREBASE
delay(500);
}
  
```

**Figura 19**

*Diagrama de Flujo del Emisor*



A continuación, se muestra el código desarrollado en Arduino IDE del emisor, como se muestra en la figura 20.

Figura 20

## Código del Emisor en Arduino IDE



```

LoraEmisorTESIS | Arduino 1.8.19
File Edit Sketch Tools Help
LoraEmisorTESIS $
//INICIAMOS COMUNICACION SERIAL.
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  while (!Serial);

  Serial.println("LoRa Sender");
  //INDICAMOS EL MENSAJE EN CASO DE ERROR DE COMUNICACION LORA
  if (!LoRa.begin(433E6)) {
    Serial.println("Starting LoRa failed!");
    while (1);
  }
}

void loop() {
  //POTENCIÓMETRO INICIO
  x = analogRead(A0); //LEEMOS EL MOVIMIENTO EN X
  y = analogRead(A1); //LEEMOS EL MOVIMIENTO EN Y
  z = analogRead(A2); //LEEMOS EL MOVIMIENTO EN Z

  if (y <= 170 && x >= 230) //SI CUMPLE ESTOS PARAMETROS DE MOVIMIENTO, SE CONSIDERA UN PASO
  {
    pasos++;
    delay(200);
  }
  if (y >= 180 && x <= 250) //SI CUMPLE ESTOS PARAMETROS DE MOVIMIENTO, SE CONSIDERA UN PASO
  {
    pasos++;
    delay(200);
  }
  //IMPRIMIMOS POR SERIAL LOS VALORES DE X , Y, Z, PASOS
  Serial.println(x);
  Serial.println(y);
  Serial.println(z);
  Serial.println(e);
  Serial.println("Pasos: ");
  Serial.println(pasos);
}

```

## Funcionamiento electrónico del emisor y receptor

A continuación, se da un breve resumen de los componentes electrónicos utilizados en el emisor como en el receptor.

Tabla 10

*Descripción de los componentes para el Emisor y Receptor*

Aparato electrónico	Funcionamiento
<b>LM1117 (capacitor)</b>	Regula y baja el voltaje para que la memoria no sobrepase los 7.4V y evita el rebote por cambio de voltaje
<b>Dos capacitores de 22pF</b>	Regula y baja el voltaje para que el reloj no se sobrecaliente y evita el rebote por cambio de voltaje
<b>Crystal 16MHz</b>	Es el reloj que interactúa con el cerebro enviando pulsos de 0 y 1

<b>Modulo acelerómetro analógico (ADXL 355)</b>	Este módulo consta de 3 ejes, incluye condensadores de desacoplo para un óptimo funcionamiento.
<b>ATMEGA 328</b>	Cerebro para el envío de datos al Receptor
<b>Lora emisor</b>	Envía el dato de paso
<b>Lora receptor</b>	Recibe el dato a la nube
<b>ESP8266</b>	Cerebro para la recepción de los pasos, conexión

### Diseño y desarrollo del aplicativo móvil

La aplicación móvil se desarrolló en el framework React Native (CLI) ya que tiene la facilidad de compilar para Android como IOS facilitando la creación de la APK, para el versionamiento se utilizó GitHub, el cual ayuda a tener diferentes versiones (Ramas) para luego unirlos en el aplicativo final además de poder trabajar en equipo de manera remota teniendo un ambiente de trabajo ordenado.

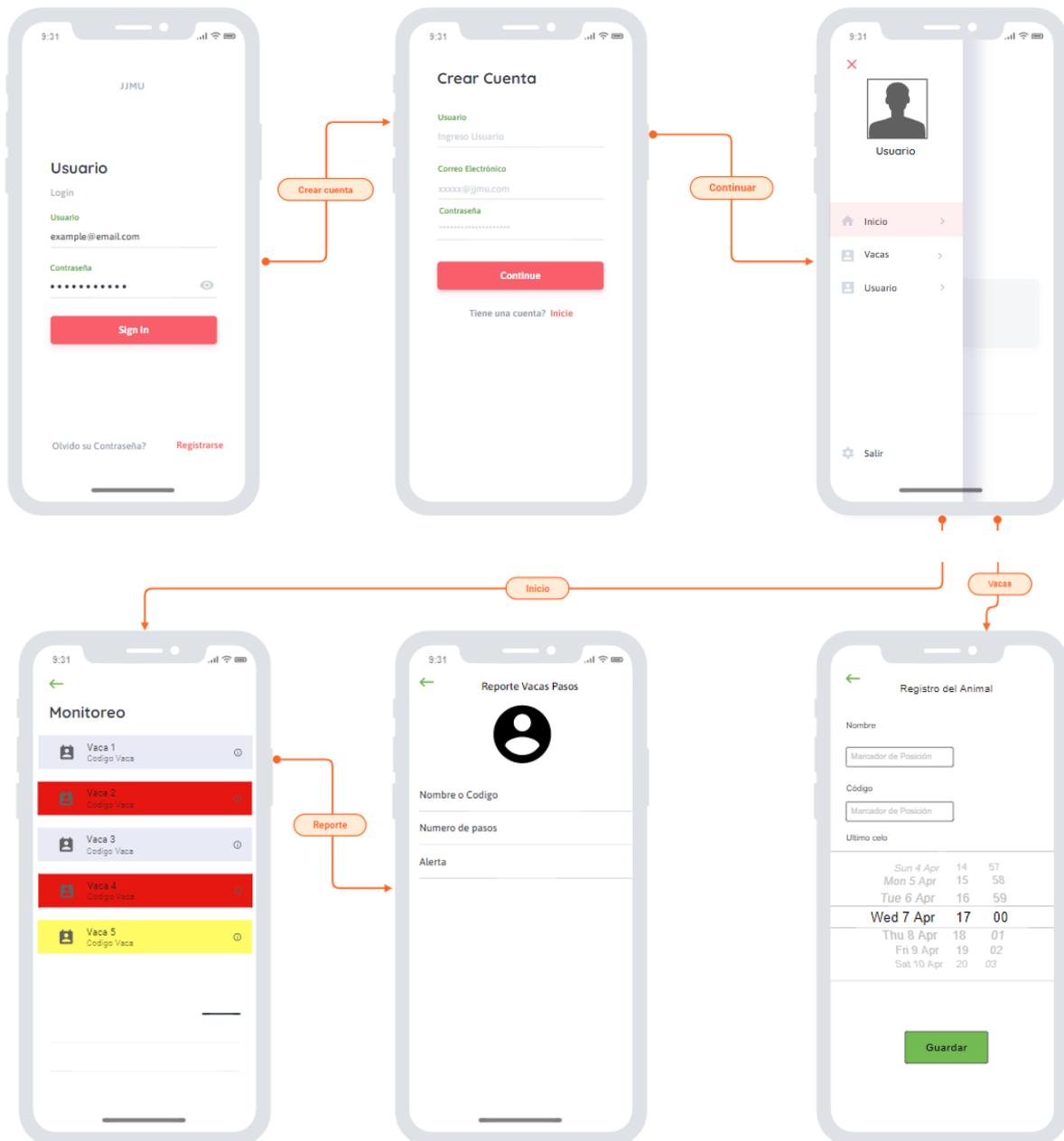
Gracias a la aplicación móvil el usuario podrá visualizar los pasos en tiempo real del bovino por medio de la comunicación Lora y conectividad a WiFi. Los pasos se obtienen mediante el sensor acelerómetro.

### Mockup

Realizamos el análisis y delimitamos el flujo de información que se va a realizar en el aplicativo móvil, se procedió a maquetar las interfaces de usuario, para posteriormente realizar el desarrollo en el Framework React-Native, como se muestra en la figura 21.

### Figura 21

*Mockups de aplicativo móvil JJMU*



## Estructura de carpetas

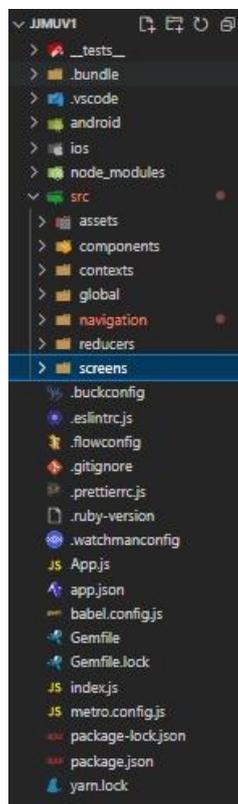
El aplicativo móvil tiene la siguiente estructura.

- Carpeta componentes: En la carpeta componentes tenemos la programación del Header (Cabecera de la aplicación).
- Carpeta contexts; En esta carpeta se tiene la interacción de datos entre las diferentes pantallas de la aplicación móvil

- Carpeta global: En esta carpeta se encuentran los estilos de la aplicación móvil.
- Carpeta navigation: En esta carpeta se encuentra la navegación entre páginas de la aplicación móvil.
- Carpeta reducers: En esta carpeta se encuentra la seguridad de la aplicación.
- Carpeta screens: En esta carpeta se encuentran todas las pantallas de la aplicación divididos en sub carpetas.

**Figura 22**

*Estructura de Carpetas React Native (CLI).*



## Interfaces graficas del Aplicativo Móvil

La aplicación móvil presenta las siguientes interfaces graficas desarrolladas con JavaScript.

Pantalla de bienvenida muestra imágenes del logo de la aplicación, logo de la universidad y foto del bovino con el dispositivo electrónico, conjuntamente con el objetivo del aplicativo móvil adicional muestra dos botones que sirven para ingresar (inicio de sesión) y el registro de un nuevo usuario.

### Figura 23

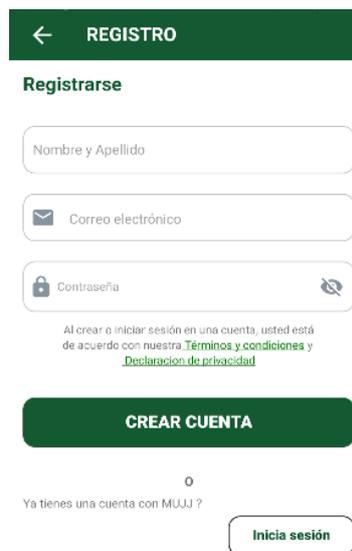
*Pantalla de Bienvenida App*



Pantalla de registro de usuario muestra tres campos que son el nombre, correo y la contraseña adicional se muestra un botón el cual va a guardar la información.

## Figura 24

### Pantalla de Registro de Usuario App



The screenshot shows the registration screen titled "REGISTRO". It features a green header with a back arrow and the title. Below the header, the word "Registrarse" is displayed. There are three input fields: "Nombre y Apellido", "Correo electrónico" (with an envelope icon), and "Contraseña" (with a lock icon and a toggle for visibility). Below the fields, a small text block states: "Al crear o iniciar sesión en una cuenta, usted está de acuerdo con nuestra [Términos y condiciones](#) y [Declaración de privacidad](#)". A prominent green button labeled "CREAR CUENTA" is centered below the text. Underneath, there is a small "o" separator and the text "Ya tienes una cuenta con MUJ ?". A rounded button labeled "Inicia sesión" is positioned to the right of this text.

Pantalla de inicio de sesión muestra dos campos, en los cuales se va a ingresar el correo y la contraseña adicional se muestra un botón ingresar el cual permite el acceso a la aplicación.

## Figura 25

### Pantalla Inicio de Sesión App

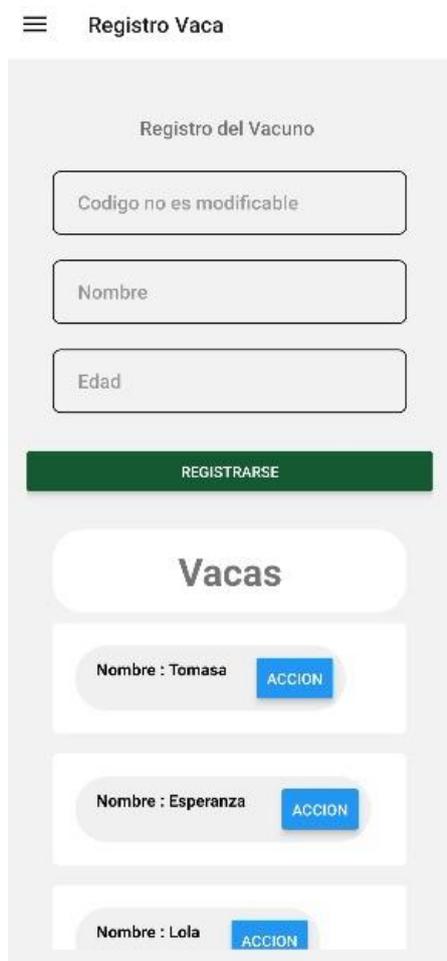


The screenshot shows the login screen titled "MI CUENTA". It features a green header with a back arrow and the title. Below the header is the logo of the organization, followed by the text "Iniciar sesión". A subtext reads: "Por favor ingresa tu correo y contraseña regístrate con tu cuenta". There are two input fields: "Correo: sjemplo@gmail.com" and "Contraseña" (with a lock icon and a toggle for visibility). A prominent green button labeled "Iniciar sesión" is centered below the fields. Below the button, there is a link "¿Olvidaste tu contraseña?" and a small "o" separator. A red button with the Google logo and the text "Iniciar con Google" is positioned below the separator. At the bottom, the text "Nuevo en JJMu?" is followed by a rounded button labeled "Crear una cuenta".

Pantalla de registro de la vaca, en la cual se cuenta con los campos de código, nombre y edad adicional se integró un botón “Registrar” el cual va a guardar la información antes requerida.

## Figura 26

*Pantalla de registro Vacas*



Registro Vaca

Registro del Vacuno

Codigo no es modificable

Nombre

Edad

REGISTRARSE

Vacas

Nombre : Tomasa ACCION

Nombre : Esperanza ACCION

Nombre : Lola ACCION

Pantalla de sincronización vaca con dispositivo, se indica que vaca va estar atada con el dispositivo, en la cual se selecciona el código que lo registro, el número de pasos que registra en el día, se debe seleccionar la fecha que va a caminar y la distancia que puede ser menos de un kilómetro y la otra que camine más de 1, 5 kilómetros.

**Figura 27***Pantalla de vinculación Vaca con Dispositivo*

☰ Registro Vaca y Dispositivo

### Registro

Seleccione el bovino:

Tomasa ▼

Seleccione el dispositivo:

jjmu001 ▼

Ingreso los pasos en el día:

Pasos

Seleccione la distancia que va a recorrer:

Seleccione la distancia ▼

Seleccione la fecha que va a ser colocado:

sáb. 6 ago.	21	53
dom. 7 ago.	22	54
<b>hoy</b>	<b>23</b>	<b>55</b>
mar. 9 ago.	00	56
mié. 10 ago.	01	57

REGISTRARSE

Pantalla de alerta, se muestra el listado de las vacas con los dispositivos vinculados y los que se encuentren con celo se va a pintar de rojo lo que significaría que el animal está en celo.

**Figura 28***Pantalla de alerta*

Pantalla de pasos, muestra el dispositivo vinculado con el bovino y sus pasos que están siendo procesados en tiempo real adicional si aplastamos en el botón de estadística nos aparecerá los cuatro últimos datos capturados.

**Figura 29**

*Pantalla de pasos*

**Figura 30**

*Pantalla de estadísticas*



## Integración entre la aplicación y los dispositivos

El dispositivo electrónico emisor tiene la función de contar los pasos del bovino y los envía por comunicación LORA hacia el receptor, este a su vez recepta el dato y lo envía mediante WiFi a la base de datos Firebase, en donde, el aplicativo móvil visualiza el dato y manda alertas.

### Figura 31

#### Condición y Muestra de Pasos del Bovino

```
//PODOMETRO INICIO
x = analogRead(A0); //LEEMOS EL MOVIMIENTO EN X
y = analogRead(A1); //LEEMOS EL MOVIMIENTO EN Y
z = analogRead(A2); //LEEMOS EL MOVIMIENTO EN Z

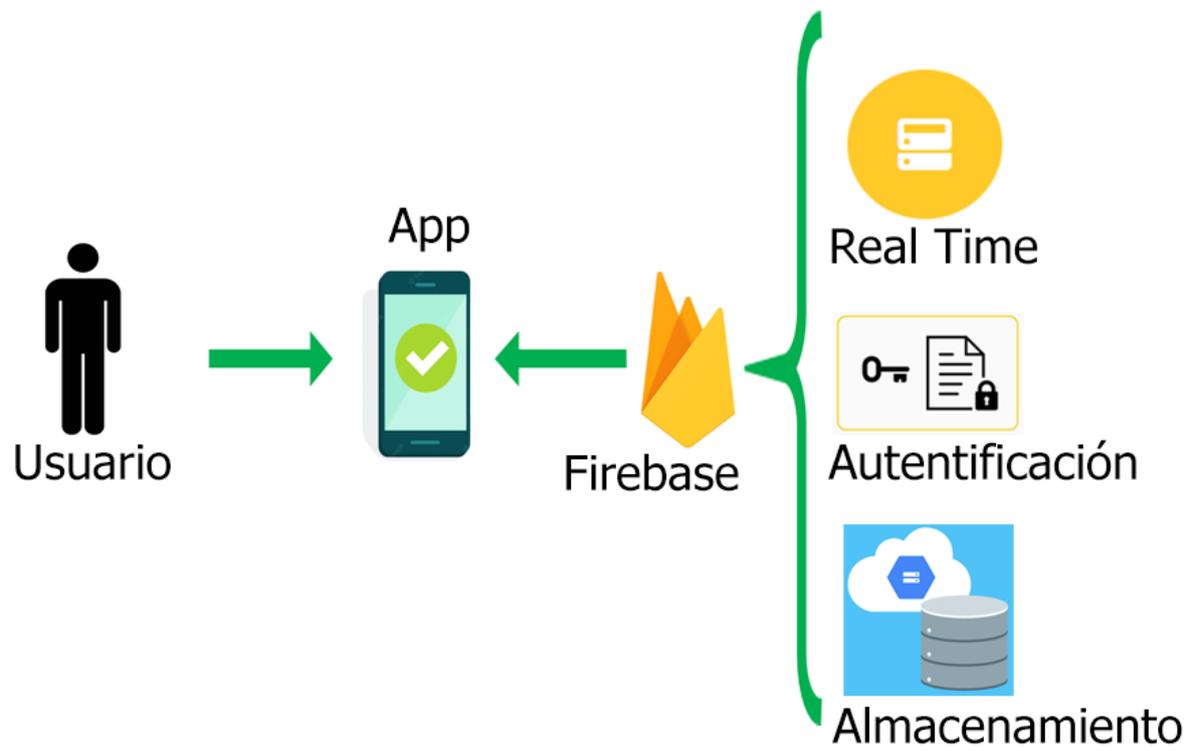
if ( z >= 200 ) //SI CUMPLE ESTOS PARAMETROS DE MOVIMIENTO, SE CONSIDERA UN PASO
{ pasos++;
  delay(300);
}

//IMPRIMIMOS POR SERIAL LOS VALORES DE X , Y, Z, PASOS
Serial.print(x);
Serial.print(",");
Serial.println(y);
Serial.print(",");
Serial.println(z);
Serial.print("Pasos: ");
Serial.println(pasos);
```



### Funcionalidad del Aplicativo

El usuario tendrá que registrarse para poder ingresar al App, en donde podrá visualizar los pasos del bovino, en donde se mostrara por colorimetría las alertas, en el caso de que la vaca presente comportamientos inusuales (mayor cantidad de pasos) el dato se pintara de color rojo, estos datos provienen de la base de datos Firebase el cual nos brinda las características de autenticación para el ingreso del usuario, el almacenamiento para guardar la información y la herramienta de real time que permite ver los datos en tiempo real,

**Figura 32***Funcionalidad del App*

## Capítulo IV

### Pruebas y Resultados

#### Pruebas

Para realizar las siguientes pruebas se tuvo que pedir los permisos necesarios a las autoridades pertinentes, para el ingreso al IASA se tramitó un memo especificando los fines de semana que se ingresó a la hacienda, adicional se hablo con el jefe encargado de ganadería para que nos de su autorización de colocar los dispositivos en los bovinos (Emisor) y en el establecimiento (Receptor).

#### Configuración de la red

Como primera prueba se utilizó la red de estudiantes gratuita del IASA. dando un resultado negativo, por la autenticación en dos pasos que la red pedía En la segunda prueba se utilizó datos móviles, los cuales se compartían al dispositivo Receptor, esta prueba resultó un éxito, porque los datos se visualizaban en el aplicativo móvil, pero tiene el inconveniente de ser más costosa o si el dispositivo móvil que compartía los datos se le agotaba la batería el receptor dejaba de funcionar y no envía el dato (pasos del bovino) a la base de datos para ser mostrado en la App.

En la prueba final se realizó el trámite para abrir una red que no tenga la autenticación de dos pasos y esta sea accesible para el Receptor, a continuación, se muestra la configuración de la red en la Tabla 8.

**Tabla 11***Configuración de Red Bovinos*

<b>Red de Bovinos</b>	
<b>SSID</b>	Bovinos
<b>Contraseña</b>	*****
<b>Seguridad</b>	WPA / WPA2
<b>Ancho de Banda</b>	10 Mbps
<b>Ubicación</b>	Sede IASA - Ganadería

**Calibración del acelerómetro**

En la primera prueba el acelerómetro no contaba los pasos correctos ya que el bovino estaba quieto y el dispositivo marcaba pasos aleatorios, esto sucedía porque no estaban calibrados los tres ejes, para la solución a este problema se obtuvo los datos de las coordenadas X, Y y Z en un formato de Excel para aplicar la fórmula de la moda estadística de cada coordenada y tener un promedio estándar de cada una de estas.

Figura 33

## Prueba de datos Coordinadas X, Y y Z

The image shows two windows from an Arduino IDE. The left window is titled 'acelerometro | Arduino 1.8.19' and contains the following code:

```

acelerometro
Serial.print("\t\t");
Serial.print("y = ");
Serial.print(y_adc_value);
Serial.print("\t\t");
Serial.print("z = ");
Serial.print(z_adc_value);
Serial.print("\t\t");

if ( y_adc_value <= 480 && z_adc_value >= 475) //SI CUMPLE ESTOS PARAMETROS DE MOVIMIENTO, S
{ pasos++;

  delay(300);
}

Serial.print("Pasos: ");
Serial.println(pasos);
Serial.print("\t\t");
//delay(100);

x_g_value = ( ( (double)(x_adc_value * 5) / 1024) - 1.65 ) / 0.330 ; /* Acceleration in x
y_g_value = ( ( (double)(y_adc_value * 5) / 1024) - 1.65 ) / 0.330 ; /* Acceleration in y
z_g_value = ( ( (double)(z_adc_value * 5) / 1024) - 1.80 ) / 0.330 ; /* Acceleration in z

roll = ( ( atan2(y_g_value, x_g_value) * 180) / 3.14 ) + 180 ; /* Formula for roll */
pitch = ( ( atan2(z_g_value, x_g_value) * 180) / 3.14 ) + 180 ; /* Formula for pitch */
//yaw = ( ( atan2(x_g_value, y_g_value) * 180) / 3.14 ) + 180 ; /* Formula for yaw */
/* Not possible to measure yaw using accelerometer. Gyroscope must be used if yaw is also re

// Serial.print("Roll = ");
// Serial.print(roll);
// Serial.print("\t");
// Serial.print("Pitch = ");

```

The right window is titled 'COM3' and displays the following data:

```

x = 407      y = 471      z = 469      Pasos: 10
x = 408      y = 473      z = 469      Pasos: 10
x = 407      y = 472      z = 469      Pasos: 10
x = 407      y = 472      z = 469      Pasos: 10
x = 408      y = 474      z = 470      Pasos: 10
x = 407      y = 473      z = 468      Pasos: 10
x = 407      y = 472      z = 469      Pasos: 10
x = 407      y = 473      z = 469      Pasos: 10
x = 408      y = 473      z = 470      Pasos: 10
x = 407      y = 473      z = 470      Pasos: 10
x = 400      y = 468      z = 475      Pasos: 11
x = 401      y = 460      z = 493      Pasos: 12
x = 401      y = 458      z = 497      Pasos: 13
x = 405      y = 452      z = 496      Pasos: 14
x = 405      y = 454      z = 496      Pasos: 15
x = 403      y = 445      z = 493      Pasos: 16
x = 407      y = 455      z = 493      Pasos: 17
x = 409      y = 460      z = 492      Pasos: 18
x = 407      y = 454      z = 497      Pasos: 19
x = 408      y = 462      z = 493      Pasos: 20
x = 409      y = 477      z = 468      Pasos: 20
x = 410      y = 477      z = 467      Pasos: 20
x = 412      y = 480      z = 469      Pasos: 20
x = 411      y = 477      z = 467      Pasos: 20
x = 408      y = 476      z = 468      Pasos: 20
x = 411      y = 471      z = 473      Pasos: 20
x = 410      y = 471      z = 472      Pasos: 20
x = 411      y = 473      z = 469      Pasos: 20
x = 408      y = 463      z = 491      Pasos: 21
x = 409      y = 458      z = 495      Pasos: 22
x = 411      y = 456      z = 495      Pasos: 23
x = 411      y = 456      z = 492      Pasos: 24
x = 409      y = 456      z = 494      Pasos: 25
x = 410      y = 454      z = 495      Pasos: 26
x = 407      y = 452      z = 495      Pasos: 27
x = 410      y = 458      z = 494      Pasos: 28
x = 412      y = 456      z = 494      Pasos: 29

```

Se tomó una muestra de 500 datos por coordenada y se aplicó la siguiente formula de la moda estadística, como se muestra en la Figura 34.

Figura 34

## Formula de la Moda

$$M_0 = L_i + \frac{f_i - f_{i-1}}{f_i - f_{i-1} + f_i - f_{i+1}} \cdot A_i$$

**Figura 35***Aplicación de la formula en Excel*

COORDENADAS			MODA		
X	Y	Z	X	Y	Z
407	472	469	418	476	467
405	470	467			
418	480	470			
402	469	460			
420	477	467			
401	470	465			
414	477	466			
400	467	460			
414	480	463			
413	470	461			
420	475	466			
406	474	465			
411	472	460			
419	470	463			
406	478	464			

**Figura 36***Gráfico de ejes en movimiento*

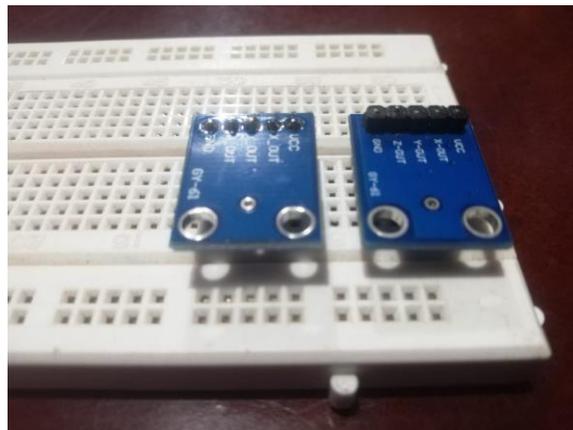
Se puede observar cual es el pico máximos y mínimo de cada eje para tomar en cuenta en las validaciones para el conteo de pasos, esto aplica cuando el animal este en movimiento.

Podemos observar que el eje X y Y son los que más varían en cambio el eje Z conserva un valor de entre 200 y 300. A continuación, se muestra la gráfica de la estabilización del sensor acelerómetro



**Figura 38**

*Sensores Acelerómetro*

**Colocación del dispositivo**

Como prueba inicial se propuso poner el dispositivo (Emisor) en la pata del bovino, pero por recomendación del ganadero esto se desestimó, por que el animal puede acostarse y romper el dispositivo o a su vez este zafarse de la correa y dejarlo caer. En la primera puesta (pata del bovino), la caja del emisor se rompió por el movimiento del animal, con daño en las vinchas que sostienen a la correa, como se muestra en la Figura 39.

**Figura 39**

*Caja de la primera prueba*



Después se propuso colocarlo en el cuello del bovino, está fue la mejor opción con la precaución de no ajustar demasiado la correa para no dañar o incomodar al animal, como se muestra en la Figura 28, adicional se mejoró la estructura de la caja del Emisor haciéndola más gruesa para que resista el movimiento del animal.

### **Figura 40**

#### *Dispositivo Emisor y Receptor*



Para las primeras puestas se tuvo ayuda de los estudiantes de la carrera de agropecuaria, ya que nos indicaron el proceso para la puesta del dispositivo.

- Lo primero se seleccionaba al bovino
- Segundo al bovino seleccionado se lo ingresaba a la manga
- Por último, se colocaba el dispositivo

**Figura 41**

*Colocación del dispositivo prueba 1*

**Figura 42**

*Colocación del dispositivo prueba 2*



**Figura 43**

*Dispositivo colocado en el Bovino*

**Animales**

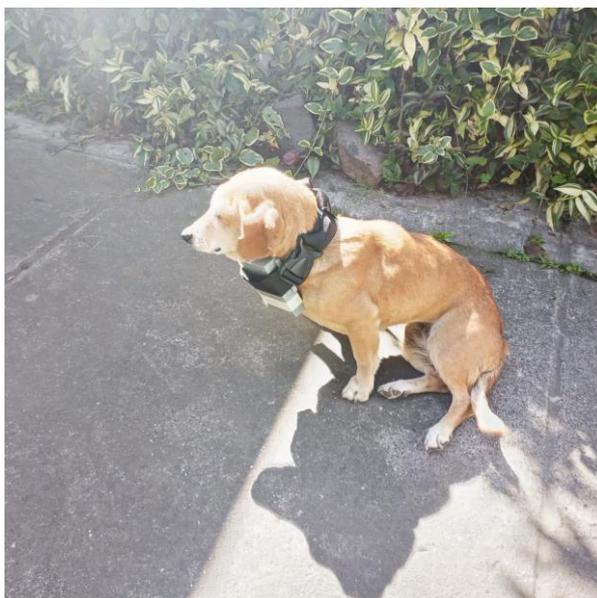
En la primera prueba de los dispositivos se lo realizo en dos caninos propietarios del tesista, con la finalidad de calibrar el dispositivo Emisor en un ambiente controlado, como se muestra en la Figura 43 y 44

**Figura 44**

*Prueba con el Canino Uno*

**Figura 45**

*Prueba con el Canino Dos*



Se selecciono 9 bovinos para realizar todas las pruebas, a continuación, se muestra los datos de cada uno. Si está marcado con una X en la columna de Sincronizadas quiere decir que de 8 a 12 días pueden entrar en estado de celo, en la

columna número se encuentra el código único de cada bovino, adicional esta los nombres del animal, la edad y las últimas fechas de inseminación.

**Tabla 12**

*Información de los bovinos para pruebas*

#	Sincronizadas	Número	Nombre	E. Años	Fechas de	
	03/08/2022				Inseminaciones	
1	X	1701	FOCA	5,6	23/08/2021	12/04/2021
2	X	1811	ANALÍA	4,1	16/08/2021	29/07/2021
3	X	1819	CLEO	3,9	07/09/2021	07/10/2020
4	X	1825	KERLY	3,8	31/08/2021	07/08/2020
5	X	1908	ABI	3,5	09/04/2021	19/02/2021
6		1605	MARINA	6,5	10/02/2022	15/01/2021
7		1713	SAFIRO	5,5	25/01/2022	12/08/2021
8		1227	ABIGAIL	9,8	01/06/2022	18/04/2022
9		1408	CLOTILDE	8,4	10/02/2022	25/01/2022

Como siguiente prueba se colocó el dispositivo (Emisor) en un ternero, el cual sirvió para calcular los pasos estimados que camina el animal por metro y tener un promedio de cuanto caminarían los bovinos por kilómetro. Con esta prueba se estimó que el Emisor marcaba 100 pasos por kilómetro, como se muestra en la figura 46.

**Figura 46**

*Prueba con el Ternero 2225*



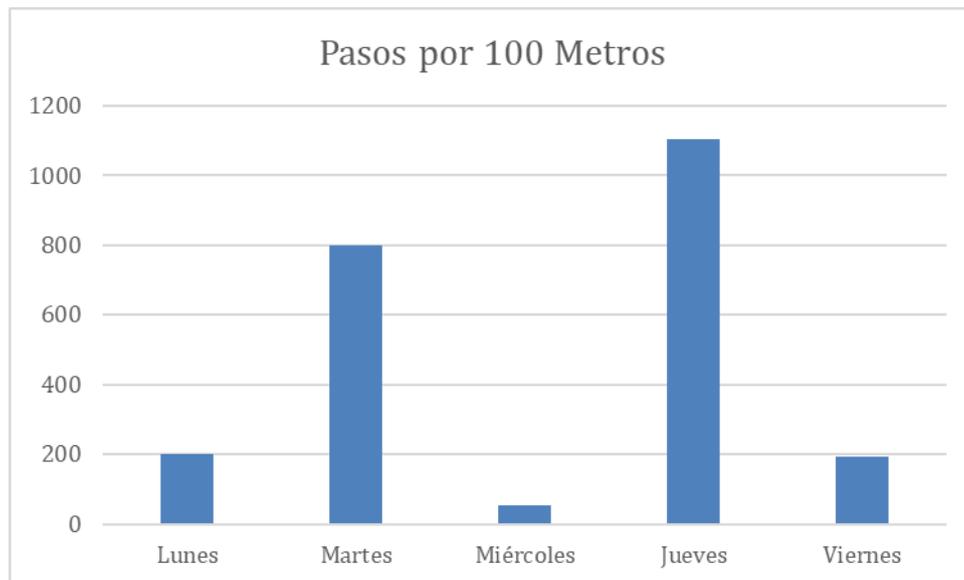
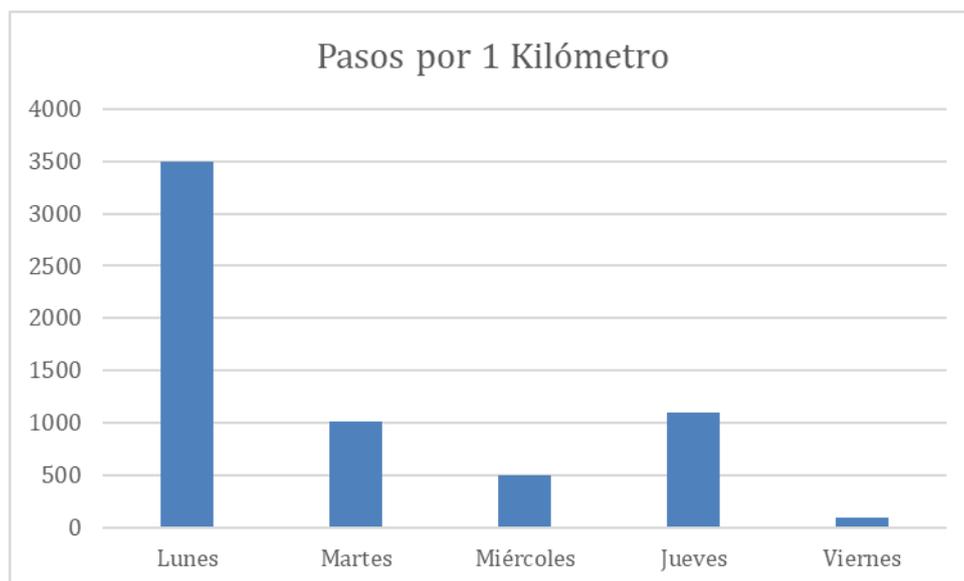
Como pruebas finales se colocó el dispositivo en cinco bovinos maduros para ver su comportamiento con el dispositivo en su cuello, para determinar los pasos que marca por día, por metro y kilómetro recolectándose los siguientes datos.

En la primera toma de muestra se verificó que el acelerómetro no estaba cumpliendo los parámetros adecuados es por eso que no marcaba los pasos correctos del bovino. Adicional el último día de la primera semana de pruebas, hubo una desconexión del dispositivo porque se quedó sin batería, por ello se tuvo que comprar una pila adicional para aumentar el tiempo de vida útil del dispositivo (Emisor).

**Figura 47***Muestra de datos Bovino 1*

<b>Vaca Lucerito</b>		
<b>Día</b>	<b>Pasos por Metro</b>	<b>Pasos por Kilometro</b>
<b>Lunes</b>	202	2980
<b>Martes</b>	800	1008
<b>Miércoles</b>	55	495
<b>Jueves</b>	1105	1103
<b>Viernes</b>	192	98

A continuación, se muestra un diagrama de barras de los datos obtenidos para su mejor entendimiento Figura 47 y 48.

**Figura 48***Primera prueba, pasos por 100 Metros***Figura 49***Primera prueba, pasos por 1 kilómetro*

Observando las 2 graficas se puede deducir que la toma de datos en la primera semana es errónea ya que el día lunes la vaca camino según el dispositivo 202 pasos por 100 metros, en cambio en la gráfica por kilómetro el día Lunes camino 3500 por kilómetro, para su verificación se aplicó las siguientes formulas.

- Promedio de pasos por 1 metros en 100 metros = pasos / 100
- Promedio de pasos por 1 metro en un kilómetro = pasos / 1000

Siendo el resultado tomando el día lunes de esta primera muestra, 2,02 y 3,05 dando una diferencia de 1,3 por lo cual se concluye que la diferencia es de 1,3 lo que es un margen de error muy amplio.

Para las siguientes pruebas se puede observar que los pasos se estabilizan y se puede tomar como muestra válida para las siguientes tomas de muestra y se aplicó las mismas formulas.

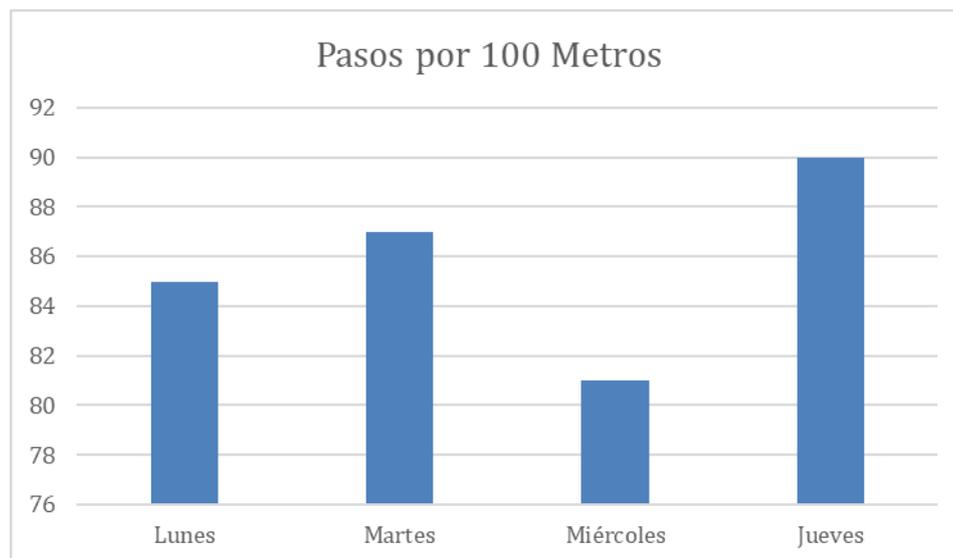
### **Figura 50**

*Muestra de datos Bovino 2*

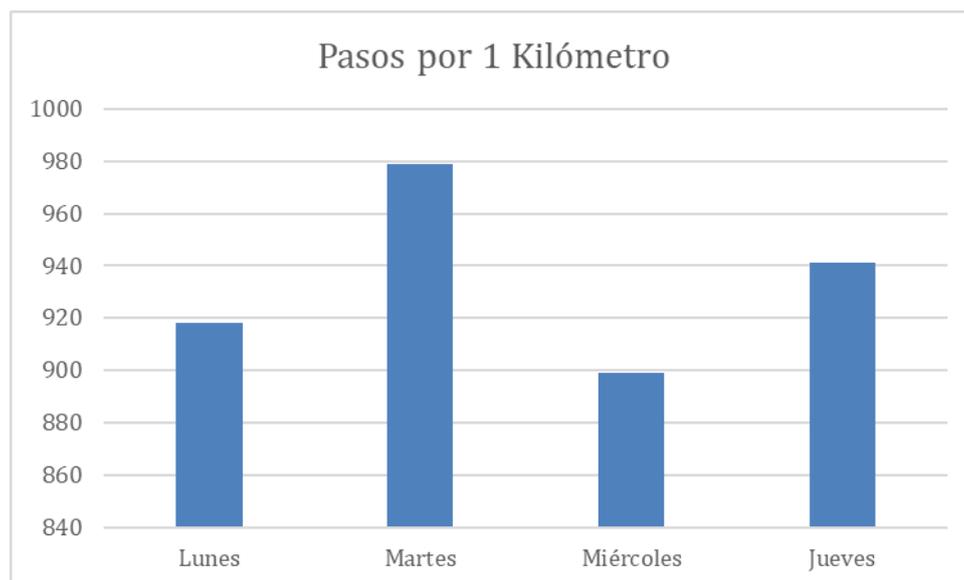
<b>Vaca Princesa</b>		
<b>Día</b>	<b>Pasos por Metro</b>	<b>Pasos por Kilometro</b>
<b>Lunes</b>	85	918
<b>Martes</b>	87	1004
<b>Miércoles</b>	87	1010
<b>Jueves</b>	90	941
<b>Viernes</b>	104	927
<b>Sábado</b>	96	959

**Figura 51**

*Segunda prueba, pasos por 100 Metros*

**Figura 52**

*Segunda prueba, pasos por 1 kilómetro*



Observando las dos graficas se puede deducir que la toma de datos en la segunda semana fue exitosa ya que el día lunes la vaca camino según el dispositivo 85 pasos en cambio en la gráfica por kilómetro el día Lunes camino solo 918.

Aplicando las fórmulas antes mencionadas tenemos como resultado 0,85 y 0,91 por lo cual se concluye que la diferencia es de 0,17 lo que es un margen de error aceptable

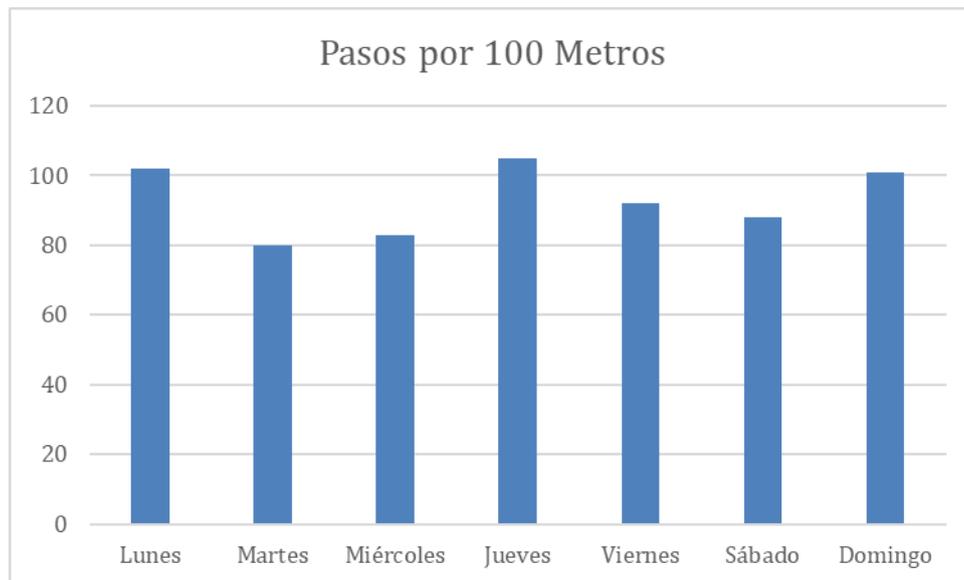
**Tabla 13**

*Muestra de datos Bovino 3*

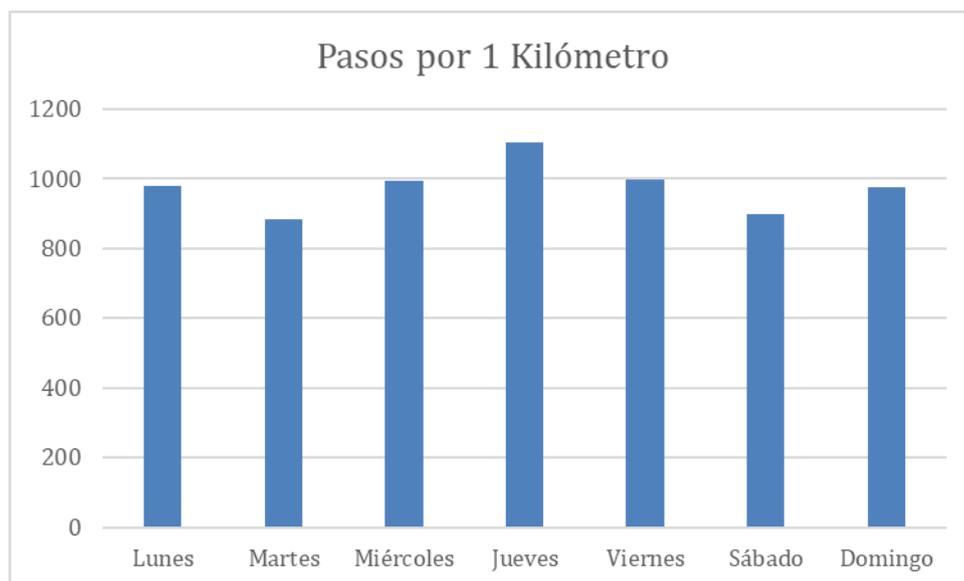
<b>Vaca 1701</b>		
<b>Día</b>	<b>Pasos por Metro</b>	<b>Pasos por Kilometro</b>
<b>Lunes</b>	102	980
<b>Martes</b>	80	1008
<b>Miércoles</b>	75	995
<b>Jueves</b>	105	1103
<b>Viernes</b>	92	998
<b>Sábado</b>	88	899
<b>Domingo</b>	101	975

**Figura 53**

*Tercera prueba, pasos por 100 Metros*

**Figura 54**

*Tercera prueba, pasos por 1 kilómetro*



Observando las 2 graficas se puede deducir que la toma de datos en la tercera semana fue exitosa ya que el día lunes la vaca camino según el dispositivo 102 pasos en cambio en la gráfica por kilómetro el día Lunes camino solo 980.

Aplicando las fórmulas antes mencionadas tenemos como resultado 0,85 y 0,98 por lo cual se concluye que la diferencia es de 0,13 lo que es un margen de error aceptable

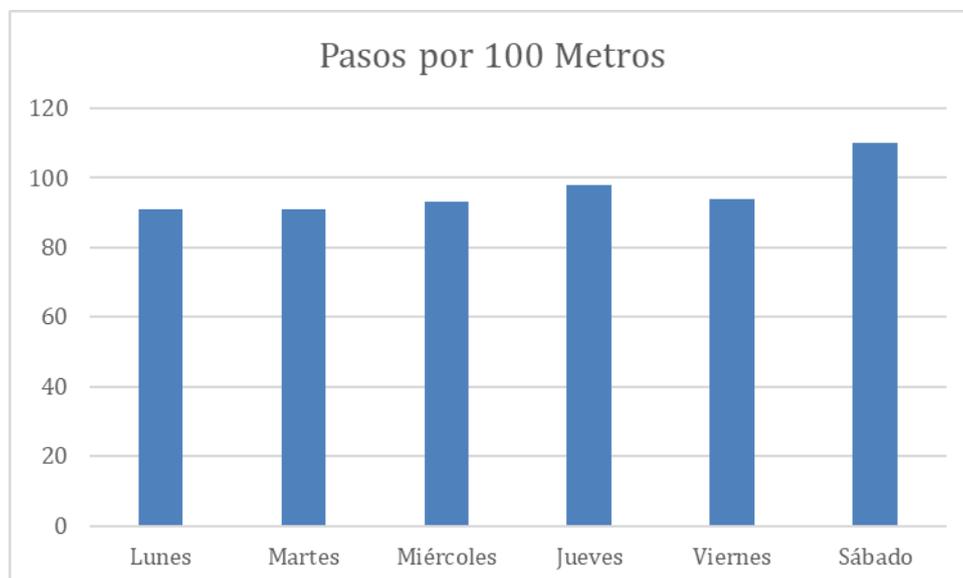
**Tabla 14**

*Muestra de datos Bovino 4*

<b>Vaca 1825</b>		
<b>Día</b>	<b>Pasos por Metro</b>	<b>Pasos por Kilometro</b>
<b>Lunes</b>	91	931
<b>Martes</b>	91	1088
<b>Miércoles</b>	93	971
<b>Jueves</b>	98	955
<b>Viernes</b>	94	1032
<b>Sábado</b>	110	936

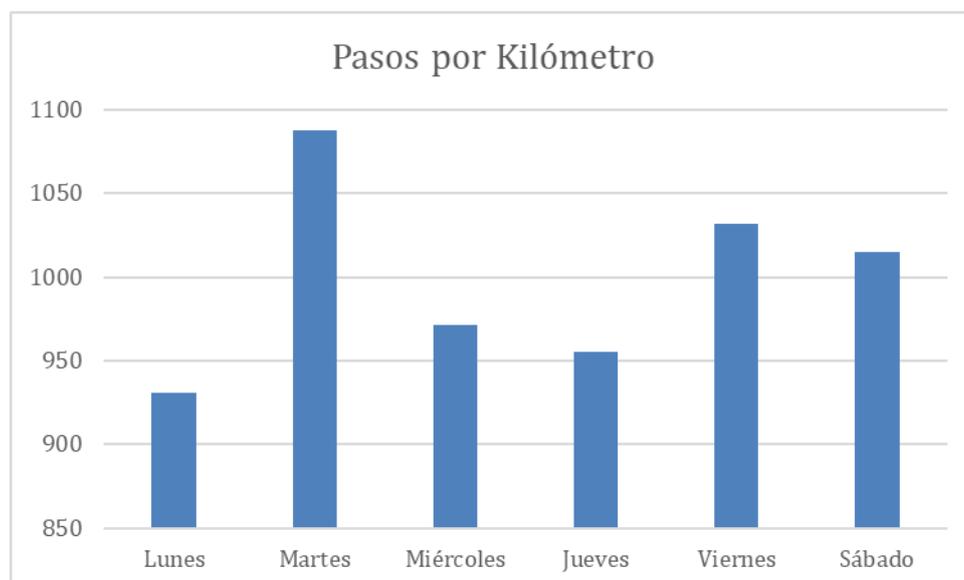
**Figura 55**

*Cuarta prueba, pasos por 100 Metros*



**Figura 56**

*Cuarta prueba, pasos por 1 Kilómetro*



Observando las 2 graficas se puede deducir que la toma de datos en la cuarta semana fue exitosa ya que el día lunes la vaca camino según el dispositivo 91 pasos en cambio en la gráfica por kilómetro el día Lunes camino solo 931.

Aplicando las fórmulas antes mencionadas tenemos como resultado 0,85 y 0,98 por lo cual se concluye que la diferencia es de 0,081 lo que es un margen de error aceptable.

**Tabla 15**

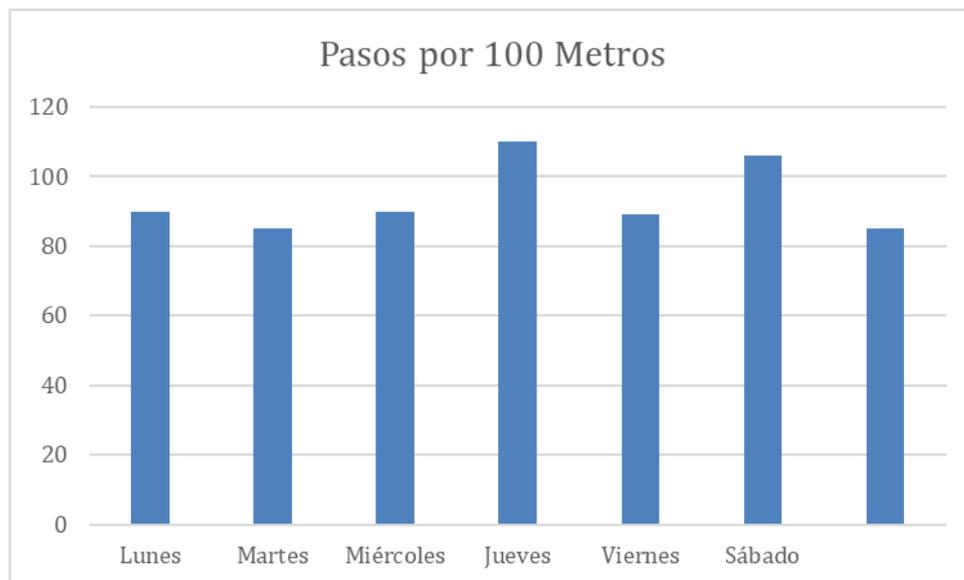
*Muestra de datos Bovino 5*

<b>Vaca 1926</b>		
<b>Día</b>	<b>Pasos por Metro</b>	<b>Pasos por Kilometro</b>
<b>Lunes</b>	90	949
<b>Martes</b>	85	1066
<b>Miércoles</b>	90	986
<b>Jueves</b>	110	1058

<b>Viernes</b>	89	1039
<b>Sábado</b>	106	1102
<b>Domingo</b>	85	1013

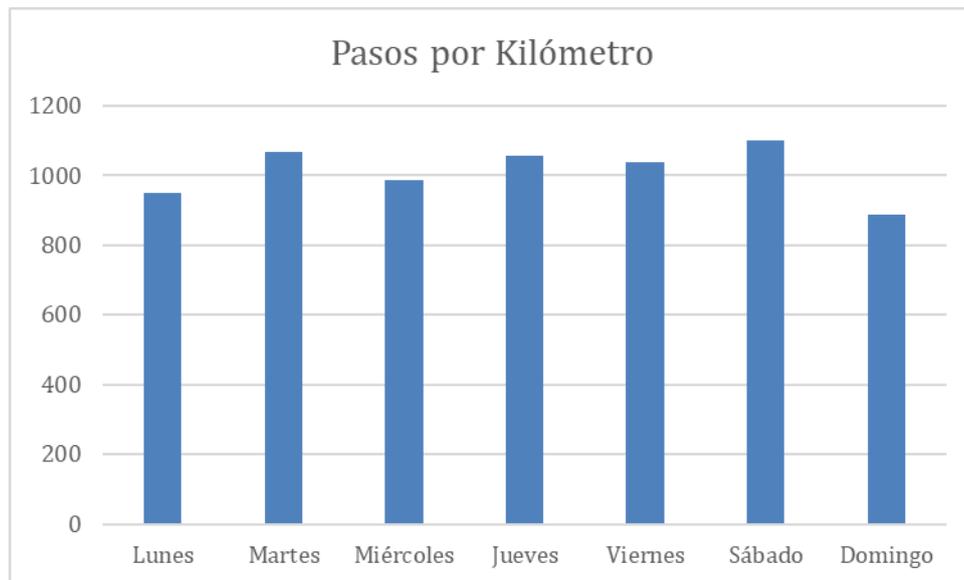
**Figura 57**

*Quinto prueba, pasos por 100 Metros*



### Figura 58

*Quinto prueba, pasos por 1 Kilómetro*



Observando las 2 graficas se puede deducir que la toma de datos en la quinta semana fue exitosa ya que el día lunes la vaca camino según el dispositivo 90 pasos en cambio en la gráfica por kilómetro el día lunes camino solo 949.

Aplicando las fórmulas antes mencionadas tenemos como resultado 0,85 y 0,949 por lo cual se concluye que la diferencia es de 0,93 lo que es un margen de error aceptable.

### Figura 59

*Bovinos para la muestra de datos*



Una vez recolectado los datos se precede a sacar el promedio para saber un estimado de cuantos pasos camina el bovino por metro y kilómetro solo de los días en que se mostró que el acelerómetro estuvo estable.

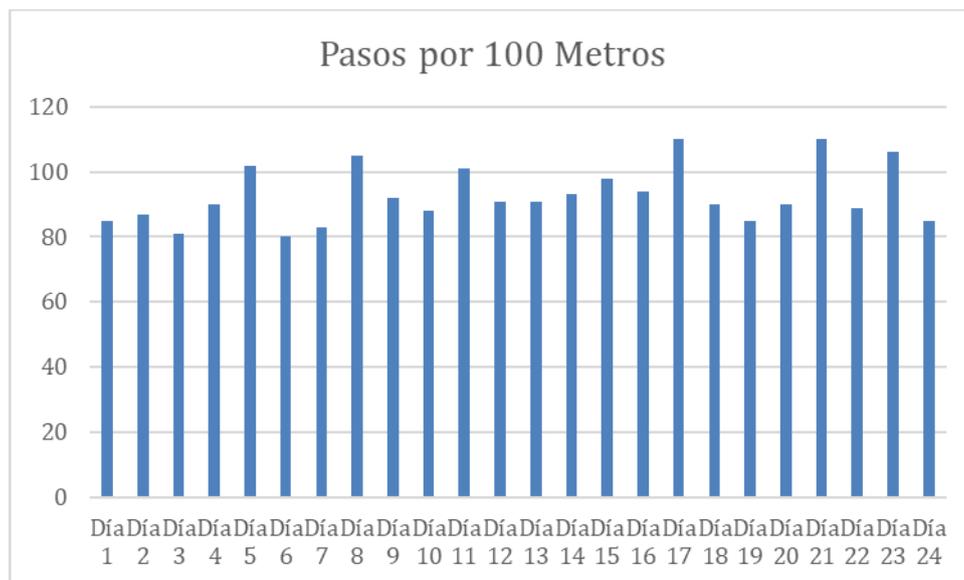
**Tabla 16***Muestra de datos general*

<b>TABLA GENERAL DE LOS DIAS DE MUESTRA</b>		
<b>Día</b>	<b>Pasos por 100 Metros</b>	<b>Pasos por 1 Kilometro</b>
<b>Día 1</b>	85	918
<b>Día 2</b>	87	979
<b>Día 3</b>	81	899
<b>Día 4</b>	90	941
<b>Día 5</b>	102	980
<b>Día 6</b>	80	885
<b>Día 7</b>	83	995
<b>Día 8</b>	105	1103
<b>Día 9</b>	92	998
<b>Día 10</b>	88	899
<b>Día 11</b>	101	975
<b>Día 12</b>	91	931
<b>Día 13</b>	91	1088
<b>Día 14</b>	93	971
<b>Día 15</b>	98	955
<b>Día 16</b>	94	1032
<b>Día 17</b>	110	1015
<b>Día 18</b>	90	949
<b>Día 19</b>	85	1066
<b>Día 20</b>	90	986

<b>Día 21</b>	110	1058
<b>Día 22</b>	89	1039
<b>Día 23</b>	106	1102
<b>Día 24</b>	85	889

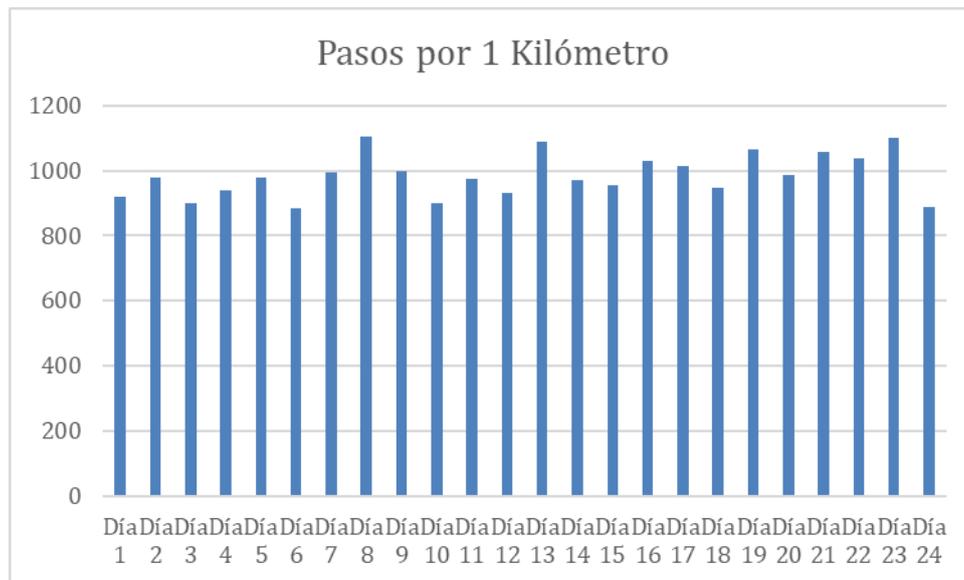
### Figura 60

*Prueba general, pasos por 100 Metros*



**Figura 61**

*Prueba general, pasos por 1 kilómetro*



Aplicando las fórmulas antes mencionadas tenemos como resultado 0,85 y 0,949 por lo cual se concluye que la diferencia es de 0,019 lo que es un margen de error aceptable.

Para calcular el promedio o media aritmética de los pasos registrados por el emisor se utilizó la siguiente fórmula. Figura 62

**Figura 62**

*Fórmula media aritmética*

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

**Tabla 17**

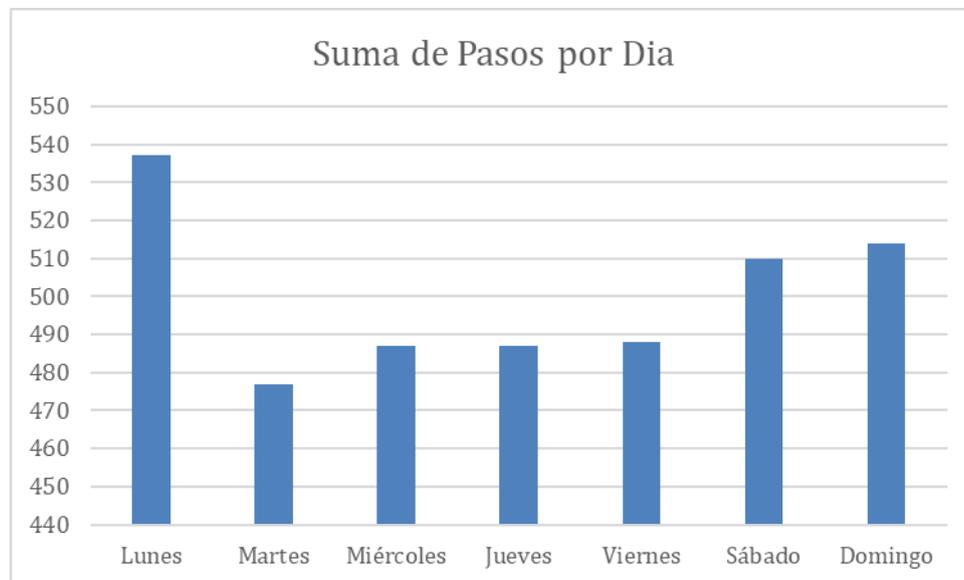
*Promedio de pasos por metro y kilometro*

Promedio	
Pasos por metro	Pasos por kilometro
97	1018

A continuación, se observa una gráfica de la muestra de datos tomada, la misma que indica los días en que los bovinos tienen mayor actividad.

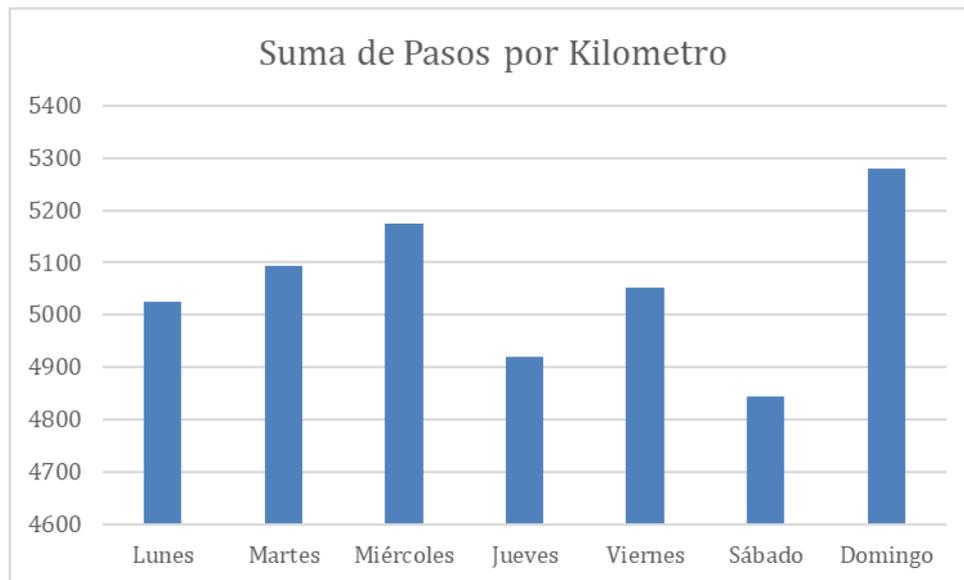
**Figura 63**

*Diagrama de Barras por días y pasos (metro)*



**Figura 64**

*Diagrama de Barras por días y pasos (kilometro)*



Muestra de pasos en el aplicativo como se muestra en la figura 65

**Figura 65**

*Muestra de pasos en la App*



Nota: Los datos de los pasos se recolectaban desde las 15 horas hasta las 12 y 30 del día siguiente, del periodo de las 12y30 hasta las 15 horas el dispositivo emisor tenía que ser cargado para que su batería dure un día más, a continuación, se muestra el cronograma de pruebas por día y su evidencia.

**Tabla 18***Cronograma de Pruebas*

<b>Cronograma de Actividades en Pruebas</b>			
<b>Semana</b>	<b>#</b>	<b>Actividad</b>	<b>Evidencia</b>
		de	
		días	
<b>1</b>	<b>3</b>	Reunión de avance de tesis. Muestra de lugar físico para toma de datos	Reunión en la Hacienda el Prado con tutores
<b>2</b>	<b>4</b>	Pruebas de conexión con la red gratuita de la universidad. Cobertura entre dispositivos.	Tramitar la apertura de Red Bovinos
<b>3</b>	<b>4</b>	Pruebas con datos móviles del celular.	Tramitar la apertura de Red Bovinos
<b>4</b>	<b>5</b>	Pruebas y configuración con la red Bovinos	Aprobación del trámite para la nueva red Bovinos
<b>5</b>	<b>6</b>	Selección de Bovinos y reconocimiento de los lugares donde pastorean Primeras pruebas	Fotos tomadas a los bovinos

---

<b>6</b>	7	Pruebas con los bovinos seleccionados y verificación del dispositivo	Fotos de la colocación de dispositivos
<b>7</b>	7	Calibración del sensor acelerómetro Nueva toma de muestras	Excel con los datos del acelerómetro
<b>8</b>	5	Correcciones en el proyecto. Reconstrucción del emisor	Nueva caja del dispositivo emisor
<b>9</b>	7	Recolección de datos en la madrugada (Primer ordeño)	Fotos tomadas a los bovinos
<b>10</b>	7	Toma de muestras finales	Alerta en la aplicación

---

## Resultados

### Recolección de datos

Los datos se recolectaban una vez que los bovinos regresaban al establo para que fueran ordeñados, ahí se procedía a quitar el dispositivo para cargarlo y ver los datos arrojados, esto sucedía dos veces por día, en los horarios de 4h00 am hasta las 6h00 am y desde las 12h30 am hasta las 15h00 pm.

### Figura 66

*Lugar de Ordeño (Tarde)*



**Figura 67**

*Lugar de Ordeño (Madrugada)*

**Figura 68**

*Toma de datos (Madrugada)*



**Figura 69**

*Toma de muestras (Tarde)*

**Limpieza de datos**

Una vez obtenido el promedio de los pasos, se calculó un 15% de error, ya que en las pruebas se visualizó que el bovino al comer en los comederos del establo y/o sala de ordeño, movía la cabeza de madera brusca, lo que hacía que al sensor acelerómetro lo cuente como un paso más.

## Figura 70

*Bovino comiendo con el dispositivo*

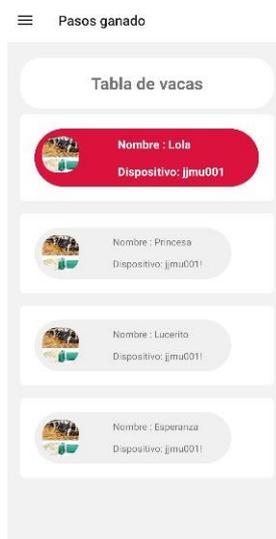


## Resultados Finales

Una vez realizado la limpieza de datos obtenidos se creó una condición la cual consiste en que si el animal excede esa condición de pasos el aplicativo móvil lanzará una alerta, la cual podrá ser visualizada por los usuarios que obtengan la App, como se muestra en la figura 42

## Figura 71

*Alerta en la App*



Esta condición se calculó gracias a los datos antes recabados en la fase de pruebas lo cual nos dejó una variable de 750 pasos adicionales lo que quiere decir si el bovino sobrepasa el promedio de pasos por día más los 750 pasos el aplicativo mandara una alerta. También depende de la distancia que recorran los bovinos por los diferentes lugares de pastoreo, mencionando esto porque cada día cambia de lugar. Como muestra final se escogió al bovino 1908 (Abi), el cual marco una mayor cantidad de paso más de lo habitual ya que el estándar es de 3000 a 4000 pasos.

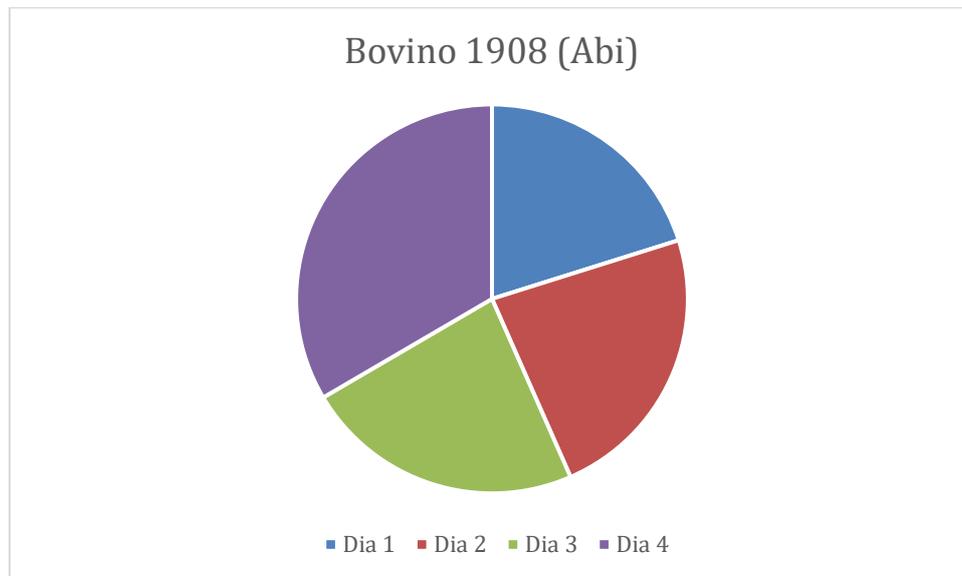
**Tabla 19**

*Prueba bovino 1908*

<b>Bovino 1908 (Abi)</b>		
<b>Días</b>	<b>Pasos</b>	<b>Observación</b>
<b>Dia 1</b>	2952	Cantidad Normal
<b>Dia 2</b>	3420	Cantidad Normal
<b>Dia 3</b>	3390	Cantidad Normal
<b>Dia 4</b>	4910	Alerta

**Figura 72**

*Prueba final bovino 1908*

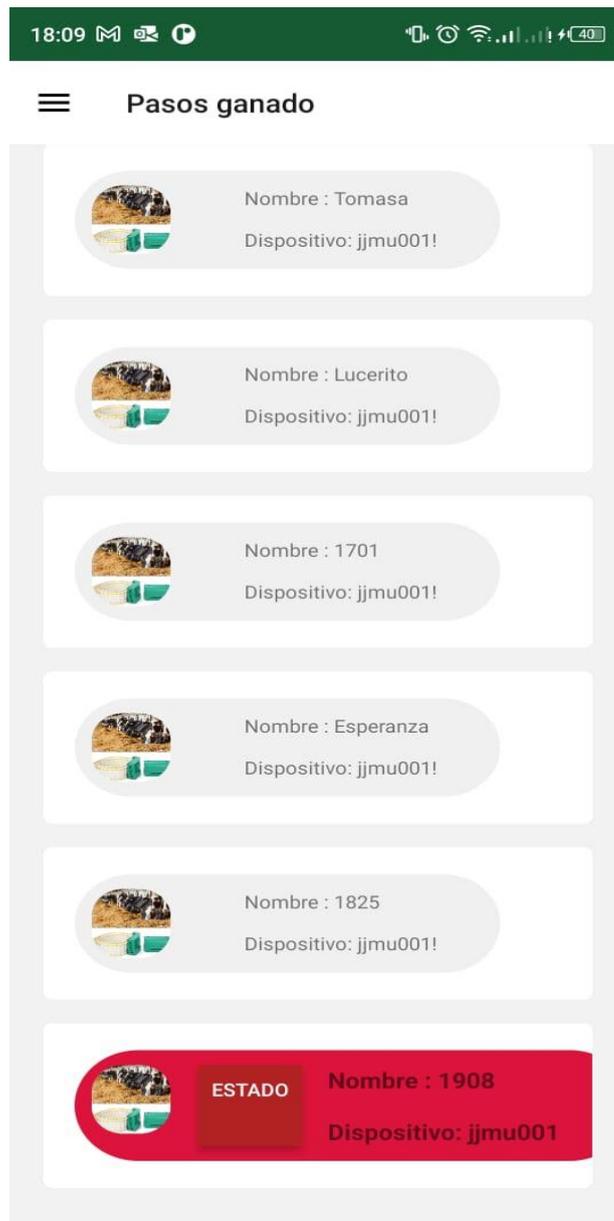


Como se puede observar en la gráfica el bovino 1908 el día 4 incremento su cantidad diaria de pasos en un 22% más de lo habitual lo que genero una alerta en el aplicativo.

**Figura 73**

*Bovino 1908 (Abi)*



**Figura 74***Alerta App Bovino 1908*

**Figura 75***Estadística de pasos bovino 1908*

**Figura 76**

*Muestra de un bovino en celo*



## Capítulo V

### Conclusiones y Recomendaciones

#### Conclusiones

- Se concluyo que los bovinos incrementan su actividad física entre un 20 a 25% más de lo habitual según nuestra recolección de datos.
- Se estima que para la Hacienda el Prado – IASA es necesario adquirir un 20% de dispositivos, sobre el total de bovinos que cuenta la hacienda, para que exista una optimización del celo, además reduciría los costos de fabricación.
- Se concluye que existe un margen de error del 15% debido al movimiento brusco de la cabeza del bovino.
- Para realizar esta investigación es necesario la interacción multidisciplinaria para lograr el objetivo de la detección temprana del celo bovino
- En los análisis estadísticos realizados a la toma de muestras se pudo comprobar que los bovinos en estado de celo tienden a caminar por mucho más tiempo generando mayor cantidad de pasos.

#### Recomendaciones

- Se recomienda seguir con el desarrollo del presente trabajo, que ayuda a la optimización del celo, además se pueden añadir más sensores que ayudarían a monitorear totalmente al bovino.
- Se recomienda la ayuda de más de una persona para el retiro o colocación del dispositivo y tener más zonas adecuadas para su colocación.

- Se recomienda mejorar el diseño del circuito y sus componentes como un aumento en la capacidad de batería lo que ayudaría a monitorear al animal en un tiempo más amplio, sin la necesidad de cargar.
- Se recomienda seguir con el desarrollo de la detección temprana de celo bovino ya que esta es una etapa inicial que da pauta para seguir aumentando nuevos dispositivos y funcionalidades para un mejor control.
- Es recomendable verificar el correcto funcionamiento de los dispositivos electrónicos en los cortes de energía de la hacienda especialmente cuando existe la presencia de lluvias o truenos fuertes.

## Referencias bibliográficas

- Alhamedi, A. H. (2014). Internet of things communication reference model. 2014 6th International Conference on Computational Aspects of Social Networks. *CASoN 2014*, 61–66.
- Alliance, L. (2020). *What is LoRaWAN*. Obtenido de <https://loralliance.org/sites/default/files/2018-04/what-is-lorawan.pdf>
- Andreu, J. (2011). *Redes inalámbricas (Servicios en red)*. Obtenido de [https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=98\\_TAwwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA209&dq=redes+inalambricas&ots=toKmeprjDO&sig=T-kjdhiSUPtbXmFbETWbuFIPbGI&redir\\_esc=y#v=onepage&q=redes+inalambricas&f=false](https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=98_TAwwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA209&dq=redes+inalambricas&ots=toKmeprjDO&sig=T-kjdhiSUPtbXmFbETWbuFIPbGI&redir_esc=y#v=onepage&q=redes+inalambricas&f=false)
- Arias, O. (2017). *Diseño e implementación de un sistema de monitoreo para la medición del pulso cardíaco y saturación de oxígeno en la sangre*. 11, 92–105. Obtenido de <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/8359/1/UDLA-EC-TIRT-2017-36.pdf>
- Arroyo, J. M.-S.-E. (2009). *Neuroendocrine regulation of postpartum anestrous in ewes*. *Tropical and Subtropical Agroecosystems, [S.l.]*, v. 10, n. 3, p. 301-312, feb. 2009. ISSN 1870-0462. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/939/93912996001.pdf>
- Ávila, W. D. (2013). *Hacia una reflexión histórica de las TIC*. *Hallazgos*, 10, 213–233. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/4138/413835217013.pdf>
- Azasoo, J. Q. (2012). Design of soldier status monitoring and command and control system based on Beidou system. *Proceedings of 2nd International Conference on Computer Science and Network Technology, ICCSNT 2012*, 1362–1366.

- Barceló, J. &. (2015). *Redes de Computadores*. Obtenido de <https://libros.metabiblioteca.org/bitstream/001/341/9/84-9788-117-6.pdf>
- Boer, H. R. (2011). *Mechanisms regulating follicle wave patterns in the bovine estrous cycle investigated with a mathematical model*. NCBI. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22118087>
- Cataldo, A. (2015). *Design Science Research (DSR): Una breve introducción*. II Workshop RedSTI, 56. . Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/283018388\\_Design\\_science\\_research\\_Una\\_breve\\_introduccion](https://www.researchgate.net/publication/283018388_Design_science_research_Una_breve_introduccion)
- Celotor, E. (2014). *Cali-Colombia; Consultado el 18 octubre de 2019*. . Obtenido de <http://www.celotor.com/es/>
- Cunningham, J. y. (2013). *Fisiología veterinaria*. Elsevier saunders, ISBN: 9788490224229 .4 a ed.
- Donzelli, M. C. (2010). *Efecto de la nutrición sobre la duración del anestro postparto en vacas de cría*. In *Vet vol.12 no.2*. Obtenido de <https://www.veterinariargentina.com/revista/2011/12/efecto-de-la-nutricion-sobre-la-duracion-del-anestro-postparto-en-vacas-de-cria-2/>
- Frasinelli, C. C. (2004). *La condición corporal como herramienta de manejo en rodeos de cría bovina*. Obtenido de [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inf\\_tecn\\_\\_168\\_-\\_condicion\\_corporal.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inf_tecn__168_-_condicion_corporal.pdf)
- Gigli. I., R. A. (2006). *Consideraciones sobre la dinámica ovárica en equino, bovino y camélidos sudamericanos*. In *Vet*. Obtenido de <https://www.semanticscholar.org/paper/Consideraciones-sobre-la-din%C3%A1mica-ov%C3%A1rica-en-bovino-Gigli-Russo/593bd9b9ed1e993fc94c57693ee0d7b0215eea5d>

- González, E. G. (2016). *Método de ayuda para aumentar la eficiencia en la detección de celos*. Obtenido de UNCPBA.: <https://www.ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/610/Tesis%20Gonz%C3%A1lez%20Eduardo%20Ram%C3%B3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- González, E. G. (2016). *Método de ayuda para aumentar la eficiencia en la detección de celos*. UNCPBA. Obtenido de <https://www.ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/610/Tesis%20Gonz%C3%A1lez%20Eduardo%20Ram%C3%B3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Khodaei, M., Z. S. (2011). *Alteration in reproductive hormones during heat stress in dairy cattle*. *African journal of biotechnology*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/236018252\\_Alteration\\_in\\_reproductive\\_hormones\\_during\\_heatstress\\_in\\_dairy\\_cattle](https://www.researchgate.net/publication/236018252_Alteration_in_reproductive_hormones_during_heatstress_in_dairy_cattle)
- León, J. (2013). *Detección de estro por observación visual y el sistema de parche estrus alert en vacas charolais mestizas sincronizadas*. [Tesis de Maestría]. *Universidad De Cuenca Facultad De Ciencias Agropecuarias*. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3746/1/Tesis.pdf>
- León, J. R. (2017). *Comparación de dos métodos de detección de celo en vacas mestizas Charoláis en la Amazonía ecuatoriana*. *Facultad de Ciencias Agropecuarias. MASKANA, Producción Animal*. Obtenido de <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/maskana/article/view/1493/1179>

- Magaña-Sevilla, H. &.-E. (2009). Obtenido de Neuroendocrine regulation of postpartum anestrous in ewes. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*.: <https://www.redalyc.org/pdf/939/93912996001.pdf>
- Martini, E. (2016). *.El exámen clínico reproductivo en hembras bovinas en la región semiárida central. Universidad Nacional de La Pampa*. Obtenido de [http://www.biblioteca.unlpam.edu.ar/rdata/tespo/v\\_delele563.pdf](http://www.biblioteca.unlpam.edu.ar/rdata/tespo/v_delele563.pdf)
- Microsoft. (2021). *Visual Studio Code*. Obtenido de <https://code.visualstudio.com/docs>
- Montiel, F. y. (2005). *Condición corporal y succión como factores que influyen en la duración del anestro posparto en el ganado. Elsevier*. . Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15556305>
- Munguía, M. (2018). *Efecto del momento de celo sobre la tasa de preñez en un protocolo J-Synch con inseminación artificial a celo observado. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano*. Obtenido de <http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6391/1/CPA-2018-T067.pdf>
- Pérez-Hernández, P. S.-S. (2001). *Anestros postparto y alternativas de manejo del amamantamiento en vacas de doble propósito en trópico*. Obtenido de [http://www.inia.es/gcontrec/pub/perez\\_1161096003796.pdf](http://www.inia.es/gcontrec/pub/perez_1161096003796.pdf)
- Pueyo, D. (2017). *Efectividad de cuatro métodos para la detección de celo en vacuno de carne. Universidad de Zaragoza*. Obtenido de [https://citarea.cita-aragon.es/citarea/bitstream/10532/3955/1/2017\\_493.pdf](https://citarea.cita-aragon.es/citarea/bitstream/10532/3955/1/2017_493.pdf)
- Rajkhowa, C. &.-P. (2018). *Development and validation of a new method for visual detection of estrus in mithun (Bos frontalis)*. Obtenido de <https://www.ScienceDirect.com/science/article/abs/pii/S0168159108000658>

- Ramírez-Iglesia, L. N.-R.-B. (2002). *Conducta sexual y signos del celo en ganado mestizo de doble propósito. Revista Científica Vol. XII-Suplemento 2, 431-433*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/LilidoRamirez/publicación/261459465\\_CONDUCTA\\_SEXUAL\\_Y\\_SIGNOS\\_DEL\\_CELO\\_EN\\_GANADO\\_MESTIZO\\_DE\\_DOBLE\\_PROPOSITO/links/00b49534526a504ae8000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/LilidoRamirez/publicación/261459465_CONDUCTA_SEXUAL_Y_SIGNOS_DEL_CELO_EN_GANADO_MESTIZO_DE_DOBLE_PROPOSITO/links/00b49534526a504ae8000000.pdf)
- Ramírez-Iglesia, L. N.-R.-B. (2002). *Conducta sexual y signos del celo en ganado mestizo de doble propósito. Revista Científica Vol. XII-Suplemento 2, 431-433*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/LilidoRamirez/publicación/261459465\\_CONDUCTA\\_SEXUAL\\_Y\\_SIGNOS\\_DEL\\_CELO\\_EN\\_GANADO\\_MESTIZO\\_DE\\_DOBLE\\_PROPOSITO/links/00b49534526a504ae8000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/LilidoRamirez/publicación/261459465_CONDUCTA_SEXUAL_Y_SIGNOS_DEL_CELO_EN_GANADO_MESTIZO_DE_DOBLE_PROPOSITO/links/00b49534526a504ae8000000.pdf)
- Reece, w. y. (2009). *Fisiología de los animales domésticos. Acribia ISBN: 978-84-200-1134-9; Páginas: 1182;1a ed. .* Obtenido de [https://www.Editorialacribia.com/libro/dukes-fisiologia-de-los-animales-domesticos\\_54165/](https://www.Editorialacribia.com/libro/dukes-fisiologia-de-los-animales-domesticos_54165/)
- Saint-Dizier, M. y.-M. (2012). *Hacia una detección automatizada de celos en ganado lechero. Volumen 47 , Número 6.Diciembre 2012.Páginas 1056-1061*. Obtenido de <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2011.01971.x>
- Strappini, A. y. (2015). *Observando el comportamiento bovino para lograr una reproducción eficiente. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Austral De Chile, Casilla567*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/287978213\\_OBSERVANDO\\_EL\\_C](https://www.researchgate.net/publication/287978213_OBSERVANDO_EL_C)

OMPORTAMIENTO\_BOVINO\_PARA\_LOGRAR\_UNA\_REPRODUCCION\_E  
FICIENTE\_Behavioural\_observations\_as\_a\_key\_factor\_to\_obtain\_an\_efficien  
t\_reproductive\_performance\_in\_cattle

Trenkle, A. (2001). *Experience with an Electronic Identification System for Cattle.*

*Iowa State University.* Obtenido de

<https://www.extension.iastate.edu/Pages/ansci/beefreports/asl1726.pdf>