



Diseño e implementación de una aplicación móvil para el acceso de información del hato ganadero de la hacienda lechera Bellavista ubicada en la provincia de Pichincha

Cagua Cruzatti, Ariel Augusto

Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Carrera de Ingeniería en Electrónica, Automatización y Control

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero en Electrónica,
Automatización y Control

Ing. Vargas Vallejo, Vanessa Carolina, PhD.

08 de agosto de 2023

Copyleaks

Plagiarism report



ProyectoTitulacion_ArielCagua.pdf

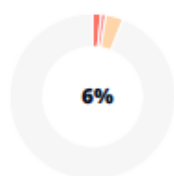
Scan details

Scan time:
August 8th, 2023 at 15:56 UTC

Total Pages:
110

Total Words:
27316

Plagiarism Detection



Types of plagiarism		Words
● Identical	1.6%	448
● Minor Changes	1%	265
● Paraphrased	3.4%	928
● Omitted Words	0%	0

AI Content Detection



Text coverage

- AI text
- Human text



Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Carrera de Ingeniería en Electrónica, Automatización y Control

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación: **"Diseño e implementación de una aplicación móvil para el acceso de información del hato ganadero de la hacienda lechera Bellavista ubicada en la provincia de Pichincha"** fue realizado por el señor **Cagua Cruzatti, Ariel Augusto**; 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, 08 de agosto de 2023



**VANESSA CAROLINA
VARGAS VALLEJO**

Ing. Vargas Vallejo, Vanessa Carolina

C. C. 1711309045



Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones
Carrera de Ingeniería en Electrónica, Automatización y Control

Responsabilidad de Autoría

Yo, Cagua Cruzatti, Ariel Augusto, con cédula de ciudadanía n°1724004377, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **Diseño e implementación de una aplicación móvil para el acceso de información del hato ganadero de la hacienda lechera Bellavista ubicada en la provincia de Pichincha** es de mi 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, 04 de agosto de 2023

.....
Cagua Cruzatti, Ariel Augusto

C.C.: 1724004377



Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Carrera de Ingeniería en Electrónica, Automatización y Control

Autorización de Publicación

Yo Cagua Cruzatti, Ariel Augusto, con cédula de ciudadanía n°1724004377, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Diseño e implementación de una aplicación móvil para el acceso de información del hato ganadero de la hacienda lechera Bellavista ubicada en la provincia de Pichincha en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.**

Sangolquí, 04 de agosto de 2023

Cagua Cruzatti, Ariel Augusto

C.C.: 1724004377

Dedicatoria

Este proyecto va dedicado con mucho amor para mis padres Rosa y Humberto, quienes han sido pilar importante con su apoyo y comprensión a lo largo de este camino. Toda mi gratitud y agradecimiento para ellos que me enseñaron a tener paciencia y siempre me dieron su bendición. Hasta la eternidad estará latente en mí, lo que aprendí de su inmenso amor, de mi madre querida el cariño y ternura, de mi padre querido el esfuerzo y valentía, y de los dos, la fortaleza.

A toda mi familia, que supo brindarme su confianza y aliento cuando todo parecía muy lejano. Y a Paula, que ha sido mi razón y motivo para no desistir, siendo ejemplo para ella enseñándole que con perseverancia podemos conseguir lo que queremos.

Agradecimiento

Un agradecimiento a Dios en el cielo, por la bendición de haberme permitido concretar esta meta.

A mis padres y hermanos, por nunca dejarme solo y darme una mano cuando la necesite. A todos ellos mil gracias por nunca perder la fe en mí, hoy mi triunfo es también el de todos ellos.

A los grandes amigos y amigas que tuve la suerte de hallar a lo largo de la carrera, por su apoyo y ayuda en cuanto una duda surgía, por sus risas y buenos momentos en cuanto la incertidumbre nos inundaba y, sobre todo, por brindarme su amistad.

A mi tutora, Dra. Vanessa Vargas, por haber visto en mi la capacidad para la realización de este proyecto, por su extensa paciencia y apoyo.

Finalmente, agradezco a la Universidad de las Fuerzas ESPE, a todos los ingenieros e ingenieras que con su conocimiento supieron guiarme hacia el camino de ser un profesional.

Índice de Contenido

Análisis de plagio.....	2
Certificación del tutor	3
Responsabilidad de Autoría	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
Índice de Contenido	8
Índice de Tablas	15
Índice de Figuras	16
Abreviaciones.....	19
Resumen	20
Abstract.....	21
Capítulo 1: Introducción	22
Antecedentes.....	22
Justificación e importancia	26
Alcance del proyecto.....	29
Objetivos del proyecto.....	30
Objetivo general.....	30
Objetivos específicos	30
Estudio del estado del arte y selección de la plataforma de desarrollo	31
Diseño e implementación del aplicativo.....	32
Integración del aplicativo al sistema de identificación RFID y al sistema de gestión de actividades pecuarias.....	33
Organización del manuscrito	34
Capítulo 2: Marco conceptual.....	34
Actividades pecuarias	35
Gestión productiva.....	35
Producción de leche.....	35
Producción diaria de leche del ganado.....	35
Producción de leche individual.....	36
Buenas prácticas en ordeño.....	36
Antes del ordeño.....	36
Durante el ordeño.....	36

Después del ordeño	37
Gestión reproductiva	37
Reproducción	37
Uso de hormonas artificiales	38
Parto.....	38
Apareamiento	38
Gestión veterinaria	39
Enfermedad.....	39
Fármaco	39
Vacuna.....	40
Veterinario	40
Gestión pastoreo.....	42
Terneras.....	42
Terneras destetas.....	42
Vaconas de media.....	42
Vaconas vientre.....	42
Animales por parir.....	43
Vacas en producción.....	43
Gestión genealógica.....	43
Gestión de geolocalización	43
Ganadería de precisión	44
Generalidades	44
Beneficios.....	44
Desafíos y obstáculos.....	44
Tendencias tecnológicas	45
Sistemas ciber-físicos.....	45
Big Data	45
IoT	45
Drones.....	46
Áreas de aplicación	46
Tecnologías utilizadas para ganado al aire libre	46
LiDAR y tecnología aérea y satelital	46
Imágenes térmicas	46
Collares IoT.....	46
Espectrometría multicanal.....	47
Ganado confinado.....	47

Monitorización de la eficiencia alimentaria individual	47
Detección temprana de la cojera mediante RFID	47
Servicios de gestión.....	47
FarmTrace	47
Farm4trade	47
Cynomys.....	48
Kraal	48
Herramientas tecnológicas usadas para ganadería	48
Tecnología RFID.....	48
Funcionamiento	48
Elementos que componen un sistema RFID	49
Etiqueta electrónica.....	49
Lector de etiquetas	49
Base de datos	49
Ventajas	49
Lector de etiquetas RFID.....	50
Módulo de radiofrecuencia.....	50
Unidad de control	51
Antena.....	51
Tipos de lectores	51
Lectores fijos	51
Lectores móviles	51
Servidor web	51
Servidores web más utilizados.....	52
Apache	52
Nginix	52
LiteSpeed.....	52
Microsoft IIS.....	52
Lenguajes de programación.....	53
PHP.....	53
Python.....	53
Node.js	53
Servicios web	54
Lenguajes de comunicación.....	54
XML	54
JSON	54

Bases de datos	54
Tipos	55
Relacionales	55
Orientadas a objetos.....	55
De código abierto.....	55
Localizadas en la nube	55
MYSQL.....	55
Realidad aumentada	56
Capítulo 3: Diseño e implementación del sistema.....	57
Línea base del proyecto	58
Identificación automática de ganado	58
Medición automática de producción de leche	59
Software de gestión ganadera	59
Servidor web	59
Diseño general	60
Hardware	60
Dispositivo móvil.....	60
Lector RFID.....	60
Servidor.....	61
Software.....	62
Requisitos funcionales.....	63
Iniciar sesión	63
Buscar ganado.....	63
Registros de producción	64
Búsqueda por fechas.....	64
Búsqueda de enfermedades por mastitis clínica y mastitis subclínica	64
Ingreso de casos de mastitis clínica y mastitis subclínica	64
Genealogía: Visualizar registro genealógico de acuerdo a identificación de ganado.....	65
Registros de reproducción	65
Búsqueda por número de preñez	65
Búsqueda por identificación de cría	65
Visualizar celo, fecundación y secado de acuerdo a identificación de ganado	66
Ingresar reproducción.....	66
Ingresar parto.....	66
Ingresar celo, fecundación y secado	67
Registro veterinario	67

Buscar enfermedad por síntomas.....	67
Buscar fármaco por su tipo	67
Buscar por nombre de vacuna	67
Buscar por nombre de veterinario.....	68
Ingresar enfermedad	68
Ingresar fármaco	68
Ingresar vacuna	69
Ingresar veterinario.....	69
Pastoreo: Buscar por tipo de forraje y tipo de alimento	69
Geolocalización: Buscar por tiempo de lectura	70
Realidad aumentada: Iniciar, fijar y eliminar representación 3D	70
Requisitos no funcionales	70
Conectividad	70
Persistencia	70
Facilidad de uso.....	71
Integración	71
Soporte.....	71
Selección de software	73
Sistema operativo del dispositivo móvil	73
Motor de desarrollo de aplicación móvil	75
Diseño de la aplicación móvil.....	77
Bocetos de la aplicación.....	78
Inicio de sesión.....	78
Identificación del animal.....	78
Menú de opciones	79
Visualización de la información del registro de producción	80
Producción de leche.....	80
Casos de mastitis.....	80
Genealogía.	81
Menú de reproducción	82
Reproducción	82
Parto.....	83
Control	84
Menú de veterinario	84
Enfermedad.....	85
Fármaco	85

Vacuna.....	86
Veterinaria	86
Pastoreo	87
Geolocalización	87
Programación de la aplicación móvil	88
Servicios web	88
Inicio de sesión (Login).....	88
Búsqueda	92
Ingresar	99
Conexión de aplicación al servidor	102
Inicio de sesión.....	109
Identificación del animal.....	110
Pantalla de menú de opciones y realidad aumentada.....	111
Diseño de ganado 3D	113
Pantallas de registro producción	115
Pantalla de producción de leche.....	115
Pantalla de casos de mastitis	116
Pantalla de insertar casos de mastitis.....	117
Pantalla de genealogía.....	118
Pantallas de registro reproducción	119
Pantalla menú de reproducción.....	119
Pantalla reproducción	120
Pantalla de insertar reproducción	121
Pantalla parto.....	122
Pantalla de insertar parto	122
Pantalla control	123
Pantalla de registro veterinario	126
Pantalla menú de veterinario	126
Pantalla de pastoreo	129
Pantalla de geolocalización.....	130
Capítulo 4: Validación y pruebas de funcionamiento	132
Validación.....	132
Inicio de sesión.....	132
Búsqueda	134
Menú y registros	136
Producción	137

Control de reproducción	137
Geolocalización	138
Ingresar información	139
Conectividad y velocidad de respuesta.....	139
Alcance del lector RFID	144
Usabilidad y utilidad.....	147
Capítulo 5: Conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros.....	151
Conclusiones	151
Recomendaciones	152
Trabajos futuros	153
Referencias.....	154
Apéndices.....	161

Índice de Tablas

Tabla 1	<i>Características del detector RFID</i>	31
Tabla 2	<i>Condición corporal de vacas lecheras a través de lactancia</i>	41
Tabla 3	<i>Bandas de frecuencia que se utilizan en sistemas de RFID</i>	49
Tabla 4	<i>Características de la etiqueta Yanzeo</i>	58
Tabla 5	<i>Tabla de parámetros técnicos de lector RFID</i>	60
Tabla 6	<i>Comparación entre sistema operativo iOS y Android</i>	74
Tabla 7	<i>Características generales de entornos de desarrollo de aplicaciones</i>	75
Tabla 8	<i>Códigos de respuesta</i>	91
Tabla 9	<i>Tabla de funciones de botones de la pantalla menú</i>	111
Tabla 10	<i>Tabla de funciones de botones de la pantalla producción</i>	115
Tabla 11	<i>Tabla de funciones de botones de la pantalla mastitis</i>	117
Tabla 12	<i>Tabla de funciones de botones de la pantalla insertar casos de mastitis</i>	118
Tabla 13	<i>Tabla de funciones de botones de la pantalla reproducción</i>	121
Tabla 14	<i>Tabla de funciones de botones de la pantalla control de reproducción</i>	123
Tabla 15	<i>Tabla de funciones de botones de la pantalla geolocalización</i>	130
Tabla 16	<i>Tiempo de respuesta a peticiones con diferentes redes de conexión a internet</i>	141
Tabla 17	<i>Pruebas de alcance</i>	145
Tabla 18	<i>Pruebas de usabilidad</i>	148
Tabla 19	<i>Pruebas de utilidad</i>	149

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Funcionamiento de la aplicación a diseñar e implementar</i>	30
Figura 2 <i>Metodología de la ejecución del proyecto</i>	31
Figura 3 <i>Representación de condición corporal de vacas del 1 al 5</i>	41
Figura 4 <i>Esquema general del funcionamiento de un sistema de RFID</i>	48
Figura 5 <i>Esquema de un lector RFID</i>	50
Figura 6 <i>Funcionamiento de la aplicación a diseñar e implementar</i>	57
Figura 7 <i>Lector RFID usado con la aplicación</i>	61
Figura 8 <i>Funcionamiento general del sistema</i>	62
Figura 9 <i>Arquitectura de la aplicación mostrada por pantallas</i>	72
Figura 10 <i>Boceto de la pantalla inicio de sesión</i>	78
Figura 11 <i>Boceto de la pantalla identificación del animal</i>	79
Figura 12 <i>Boceto de la pantalla menú de opciones</i>	80
Figura 13 <i>Boceto de la pantalla producción de leche</i>	80
Figura 14 <i>Boceto de la pantalla casos de mastitis</i>	81
Figura 15 <i>Boceto de la pantalla genealogía</i>	82
Figura 16 <i>Boceto de la pantalla menú de reproducción</i>	82
Figura 17 <i>Boceto de la pantalla reproducción</i>	83
Figura 18 <i>Boceto de la pantalla parto</i>	83
Figura 19 <i>Boceto de la pantalla control</i>	84
Figura 20 <i>Boceto de la pantalla menú de veterinario</i>	85
Figura 21 <i>Boceto de la pantalla enfermedad</i>	85
Figura 22 <i>Boceto de la pantalla fármaco</i>	86
Figura 23 <i>Boceto de la pantalla vacuna</i>	86
Figura 24 <i>Boceto de la pantalla veterinaria</i>	87
Figura 25 <i>Boceto de la pantalla pastoreo</i>	87
Figura 26 <i>Boceto de la pantalla geolocalización</i>	88
Figura 27 <i>Diagrama de flujo de servicio Login</i>	89
Figura 28 <i>Implementación de servicio Login</i>	89
Figura 29 <i>Diagrama de flujo de servicio Búsqueda</i>	93
Figura 30 <i>Implementación de servicio Búsqueda</i>	94
Figura 31 <i>Asignación de variables a entidades</i>	95
Figura 32 <i>Asignación de valores nulos en variables de entidades</i>	96
Figura 33 <i>Implementación archivo JSON y envío de respuesta a aplicación</i>	96

Figura 34	<i>Ejemplo de construcción de archivo JSON</i>	97
Figura 35	<i>Respuesta que se envía a la aplicación en cada petición del servicio búsqueda</i>	98
Figura 36	<i>Diagrama de flujo de servicio Ingresar</i>	99
Figura 37	<i>Implementación de servicio Insertar</i>	100
Figura 38	<i>Clase servidor</i>	103
Figura 39	<i>Clase servicio</i>	104
Figura 40	<i>Clase Respuesta</i>	105
Figura 41	<i>Configuración servidor</i>	106
Figura 42	<i>Diagrama de flujo de funcionamiento aplicación Android</i>	108
Figura 43	<i>Pantalla inicio de sesión</i>	109
Figura 44	<i>Script para consumo de servicio Login</i>	109
Figura 45	<i>Pantalla detección de etiqueta y búsqueda de ganado</i>	110
Figura 46	<i>Script para consumo de servicio Búsqueda</i>	110
Figura 47	<i>Pantalla de menú de opciones y realidad aumentada</i>	111
Figura 48	<i>Ejemplo de modelo 3D realizado</i>	114
Figura 49	<i>Condiciones corporales de los animales diseñados</i>	114
Figura 50	<i>Pantalla de producción</i>	115
Figura 51	<i>Pantalla de casos mastitis</i>	116
Figura 52	<i>Pantalla de insertar casos de mastitis</i>	118
Figura 53	<i>Pantalla de registro genealógico</i>	119
Figura 54	<i>Pantalla bajas y fecundación de genealogía</i>	119
Figura 55	<i>Pantalla menú de reproducción</i>	120
Figura 56	<i>Pantalla reproducción</i>	120
Figura 57	<i>Pantalla insertar reproducción</i>	121
Figura 58	<i>Pantalla parto</i>	122
Figura 59	<i>Pantalla insertar parto</i>	122
Figura 60	<i>Pantalla control</i>	123
Figura 61	<i>Proceso de cálculo de días</i>	125
Figura 62	<i>Pantalla de menú de veterinario</i>	126
Figura 63	<i>Pantalla enfermedad</i>	127
Figura 64	<i>Pantalla fármaco</i>	127
Figura 65	<i>Pantalla vacuna</i>	127
Figura 66	<i>Pantalla veterinaria</i>	128
Figura 67	<i>Pantalla insertar enfermedad</i>	128

Figura 68 <i>Pantalla insertar fármaco</i>	128
Figura 69 <i>Pantalla insertar vacuna</i>	129
Figura 70 <i>Pantalla insertar veterinario</i>	129
Figura 71 <i>Pantalla pastoreo</i>	129
Figura 72 <i>Pantalla geolocalización</i>	130
Figura 73 <i>Comportamiento pantalla Login</i>	133
Figura 74 <i>Respuesta servicio login</i>	134
Figura 75 <i>Comportamiento pantalla búsqueda</i>	135
Figura 76 <i>Respuesta servicio búsqueda</i>	136
Figura 77 <i>Funcionamiento pantalla producción</i>	137
Figura 78 <i>Funcionamiento pantalla control</i>	138
Figura 79 <i>Funcionamiento pantalla geolocalización</i>	138
Figura 80 <i>Funcionamiento pantalla registro mastitis clínica</i>	139
Figura 81 <i>Delimitación de hacienda e identificación de potreros usados por el ganado</i>	140
Figura 82 <i>Pruebas de conectividad</i>	143
Figura 83 <i>Promedio de tiempos de respuesta por cada tipo de red</i>	144
Figura 84 <i>Prueba de alcance de lector RFID</i>	145
Figura 85 <i>Pruebas de alcance de lectura</i>	147
Figura 86 <i>Pruebas de funcionalidad de la aplicación</i>	148

Abreviaciones

API	Interfaz de programación de aplicaciones
CFN	Corporación Financiera Nacional
CPU	Unidad central de procesamiento
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura
GDP	Ganadería de precisión
GPS	Sistema de posicionamiento global
IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
IIS	Servicios de información en internet
IOS	Sistema operativo de iPhone
IOT	Internet de las cosas
JSON	Notación de objetos JavaScript
LIDAR	Detección y clasificación (rango) de imágenes láser.
MAGAP	Ministerio de Agricultura y Ganadería
MAPA	Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación
PHP	Preprocesador de hipertexto
RA	Realidad aumentada
RAM	Memoria de acceso aleatorio
RFID	Identificación por radiofrecuencia
UHF	Ultra alta frecuencia
XML	Lenguaje de marcado extensible

Resumen

Actualmente, el desarrollo de aplicaciones móviles enfocadas a ayudar a la gestión de los procesos en la ganadería de precisión es de gran utilidad. En este contexto, el presente trabajo de titulación diseñó e implementó una aplicación móvil para el acceso e ingreso de información del hato ganadero de la hacienda lechera Bellavista ubicada en la parroquia rural de Lloa. La definición de la información que puede ser consultada e ingresada desde la aplicación fue realizada conforme a la base de datos de la hacienda. Para ello se consideró los registros concernientes a producción, genealogía, reproducción, veterinaria, pastoreo y geolocalización de cada cabeza de ganado. Adicionalmente, se implementó una opción de realidad aumentada que permite comparar en tiempo real la condición corporal deseada, representada en una renderización 3D, con la condición actual del animal. Esta funcionalidad facilita la toma de decisiones en cuanto al manejo de la alimentación y nutrición de la vaca. La aplicación móvil llamada "Bellavista" fue desarrollada sobre Unity y las representaciones 3D fueron modeladas en Blender. Esta versión fue compilada para dispositivos móviles con sistema operativo Android. Sin embargo, al haber sido desarrollada en un entorno multiplataforma, fácilmente puede ser compilada para entornos iOS, Windows X entre otros. La aplicación consta de 27 pantallas. La primera sirve para el inicio de sesión, la segunda para el ingreso manual o automático de la identificación de la vaca y los 25 restantes, para la interacción con la información de la base de datos guardada en el servidor. Para mantener la comunicación con el servidor, la aplicación requiere tener conexión a internet sea mediante WiFi o datos móviles. Para la identificación automática del animal, el sistema propone un detector RFID instalado en el dispositivo móvil, compatible con las etiquetas RF que tiene colocado el ganado. Finalmente, durante las pruebas de funcionamiento, se pudo verificar que los usuarios pudieron utilizar la aplicación de una manera intuitiva y manifestaron que su uso facilitará la gestión pecuaria de la hacienda.

Palabras clave: aplicación móvil, realidad aumentada, gestión pecuaria, ganado, identificación por radiofrecuencia.

Abstract

Currently, the development of mobile applications focused on supporting precision farming management is very useful. In this context, the present work has designed and implemented a mobile application for accessing and entering cattle information of the Bellavista dairy farm located in the rural parish of Lloa. The definition of the information that can be consulted and entered from the application was carried out according to the farm's database. For this, the records concerning production, genealogy, reproduction, veterinary medicine, grazing and geolocation of each head of cattle were considered. Additionally, an augmented reality option was implemented that allows real-time comparison of the desired body condition, represented in a 3D rendering, with the current condition of the animal. This functionality facilitates decision-making regarding the management of the cow's feed and nutrition. The mobile application called "Bellavista" was developed on Unity and the 3D representations were modeled on Blender. This version was compiled for mobile devices with the Android operating system. However, having been developed in a multiplatform environment, it can easily be compiled for iOS, Windows X and other environments. The application consists of 27 screens. The first is used for login, the second for manual or automatic entry of the cow's identification and the remaining 25, for interaction with the information in the database stored on the server. To maintain communication with the server, the application requires an internet connection, either through WiFi or mobile data. For the automatic identification of the animal, the system proposes an RFID detector installed on the mobile device, compatible with the RF tags attached to cattle. Finally, during the functional tests, it was possible to verify that the users were able to use the application in an intuitive way and they had stated that the use of the application will facilitate the livestock management of the farm.

Keywords: mobile application, augmented reality, livestock management, cattle, radio frequency identification.

Capítulo 1: Introducción

Antecedentes

El sector agrícola y ganadero en Suramérica y el Caribe, contribuye de manera sustancial a la producción de alimentos y disponibilidad adecuada de alimentos a nivel mundial. Se calcula que la ganadería es una actividad primordial para generar ganancias de 200 millones de familias que son pequeños productores en Asia, África y América del sur, y exclusiva fuente de ganancias de por lo menos 20 millones de familias (FAO, Ganadería sostenible y cambio climático en América Latina y el Caribe, s.f.). La producción ganadera a nivel mundial, considerando el aumento poblacional, tiene a su favor el incremento de los requerimientos de productos provenientes de animales. Este incremento trae consigo oportunidades laborales y disponibilidad adecuada de alimentos para cientos de familias en la comunidad, siempre y cuando la política local realice inversiones que refuercen el papel productivo y social del mismo. (FAO, Producción pecuaria en América Latina y el Caribe, s.f.).

Sin embargo, el crecimiento de la demanda podría ser una amenaza si la actividad ganadera se lleva a cabo sin tomar en cuenta los daños al medio ambiente. En ganadería, el área dedicada al pastoreo representa el 26% de tierra que no está ocupada por glaciares y las áreas para obtención de forrajes representan el 33% del total de tierra cultivable. El constante aumento de estas actividades es una de las principales causas de pérdida de árboles de bosques en Suramérica. El calentamiento global se ve incrementado por el sector ganadero, dado que este produce el 18% de emanaciones de gases de efecto invernadero (CO₂), valor que supera a las emisiones generadas por el transporte público. Se prevé que en algunos años el mundo va a sufrir escasez de agua dulce, y la ganadería es una protagonista de aquello. Esta actividad es causante del 8% del consumo mundial de agua, para lo que es irrigación de forrajes, además es una de las más grandes causas de contaminación de la misma, contribuye a la disfunción de los arrecifes de coral, problemas

sanitarios en las personas, resistencia a antibióticos, entre otros problemas (Steinfeld et al., 2009).

Tomando en cuenta los efectos negativos de la ganadería y la necesidad de reducirlos, surge el concepto de ganadería sostenible. La Secretaría de Agricultura y Desarrollo Social (2023) define a la ganadería sostenible como la unión e incorporación de diferentes sistemas orientados a la producción de ganado, sistemas justificados en prácticas adecuadas para mejorar la productividad, sin afectar al medio ambiente y cuidando productos base y recursos naturales utilizados en la producción. Los beneficios de la ganadería sustentable, según (Agrofácil, 2022) son:

- Disminución de la emanación de gases invernadero.
- Aumento de la eficiencia de la transformación de nutrientes, lo que se traduce en producción de más nutrientes con menos alimento.
- Favorecimiento a la biodiversidad, promoviendo el uso de pastos, zonas en las que pueden vivir plantas y otros animales.
- Uso de métodos eficientes para gestionar el agua.
- Reducción de la cantidad de nutrientes que se filtran al suelo.

Para apoyar el crecimiento de la ganadería sostenible es necesario aplicar los conceptos relacionados con la ganadería de precisión que implementan innovación tecnológica en los procesos pecuarios. Esta innovación, según Maizar (2010), se basa en los siguientes cuatro pilares fundamentales:

- Alimentación
- Sanidad
- Genética
- Manejo

Para ello es fundamental contar con la información de los procesos, lo que permitirá tomar las acciones adecuadas para la mejora de los mismos. Así, por ejemplo, en cuanto a la alimentación, es conocido que esta tiene influencia directa en la obtención de leche y reproducción del hato ganadero. Es decir, una dieta adecuada permite al productor conocer el ciclo productivo del animal, tipificar el animal, determinar la necesidad de un suplemento nutricional o incluso validar la posibilidad de dar de baja al mismo. Así también el contar con un registro reproductivo ayuda a identificar celos y días óptimos para la inseminación, pajillas adecuadas, entre otras.

La sanidad es parte fundamental para obtener una buena producción. Los animales están constantemente vulnerables ante el contagio de ciertas enfermedades. Este contagio puede evitarse llevando a cabo y de manera completa los procesos de vacunación y tratamiento del ganado en su evolución desde que nace hasta que muere. Debido a esto, el productor debe estar al tanto de que vacunas se han aplicado o no a los animales, y a su vez que medicamentos se ha suministrado. De esta manera el conocimiento de fármacos aplicados le permitirá al productor tener un enfoque preventivo.

En cuanto a la genética de los animales de la hacienda, conocerla permite al productor planificar de forma personalizada los procesos de crianza de los mismos. Estos procesos van a establecer un trato completamente distinto a cada animal, trato que va a garantizar que el animal este seguro y se aproveche al máximo sus características. Finalmente, el manejo comprende el transporte de los animales, a donde puedan comer o dormir hasta la asistencia que se les brinda en los partos (Grupo Miguel Vergara, s.f.). Para esto es importante que el productor sepa entre otras cosas, donde está localizado el animal, si este está próximo a parir o a su vez si está próximo a entrar en etapa de celo. Es decir, el manejo del ganado conlleva la interacción de los pilares mencionados anteriormente, alimentación, sanidad y genética.

La información obtenida en los procesos mencionados anteriormente puede ser gestionada con ayuda de la tecnología actual, esto con el fin de promover la mejora de procesos y poder dar seguimiento desde un computador o dispositivo inteligente. La gestión del ganado por lo general tiene a su haber varias actividades, como registrar los animales utilizando hojas de cálculo, formularios o por programas computacionales o informáticos. De esta misma manera, se toma en cuantos historiales del ciclo de vida de los animales, poniendo en marcha controles alimentación, desparasitación, vacunas, reproducción y sacrificio.

En este contexto, opciones de tecnología para apoyar el manejo de información en la ganadería son las aplicaciones móviles. Estas aplicaciones prometen grandes ventajas en productividad, competitividad y eficacia al pasar el tiempo. Es importante mencionar que este tipo de aplicaciones muestran la información de una manera organizada y son fáciles de usar. La mayoría de estas aplicaciones están dirigidas a lo que es el manejo de animales, permitiendo al productor o veterinario registrar y consultar datos como la identificación del animal, raza, datos genealógicos, datos de producción, datos de reproducción, datos de salud, entre otros.

BovControl, es una aplicación que está vigente desde el 2013, perteneciente a la empresa Agtech de NXTP Labs. Esta aplicación se dirige y trata datos sobre la obtención de leche, carne y genética animal. Mediante el uso de dispositivos de identificación como aretes, chips y balanzas, esta aplicación recolecta los datos, datos que luego son analizados para mejorar una toma de decisiones. Además, *BovControl*, cuenta con sistema de inventario del rebaño, control sanitario y nutricional del ganado, exportando datos a hojas de cálculo, ofreciendo una gran integración con otras plataformas de gestión de ganado que existen actualmente en el mercado digital.

Opio y Sangoluisa (2021) mencionan que en Colombia se implementó la aplicación *Control Ganadero*, enfocada en asistencia de orientación digital para productores

ganaderos. Esta aplicación incorpora varias funcionalidades para llevar de manera sencilla la gestión ganadera, sin necesidad de tener conexión a internet. Esta aplicación permite al usuario recopilar y analizar datos en campos como ventas, tratamientos preventivos y correctivos, registros de fármacos y vacunas, enfermedades, fecundaciones partos e inseminaciones.

Otra aplicación para la gestión del ganado es *VacAPP*, diseñada para que el ganadero conozca todos los datos del ganado de su hacienda, sin estar en la misma. Esta aplicación gestiona rebaños, monitorea la localización física de los animales, suministra información sobre el crecimiento del ganado, registra los tratamientos veterinarios, almacena datos en la nube y puede funcionar sin necesidad de estar el dispositivo conectado a internet.

Entre otras, estas aplicaciones ofrecen muchas ventajas a los ganaderos, las cuales se pueden resumir en mejoras de la eficiencia al cuidar animales, mantener registros detallados de los procesos, obtener información en cualquier momento y en cualquier lugar, entre otras. Estas aplicaciones ofrecen al usuario funcionalidades bastante beneficiosas, sin embargo, estas funcionalidades son limitadas y para acceder a mejores opciones es necesario la contratación planes, que en la mayoría de casos son costosos.

Justificación e importancia

Las actividades de producción pecuaria influyen notablemente en la planificación económica, social y cultural para garantizar el bienestar de la sociedad. Esto porque son actividades que brindan seguridad en el sustento del día a día, mantienen hábitats, procuran la vida terrestre y llenan los valores culturales y tradiciones de las comunidades (FAO, Producción pecuaria en América Latina y el Caribe, 2022).

Cabe señalar que las actividades ganaderas utilizan actualmente la mayor cantidad de terreno en el Noroccidente de Pichincha. Estas actividades llevan en su labor más de cincuenta años en la zona y aunque la productividad es algo baja, representa el 7% de

ganado vacuno a nivel nacional (INEC, 2020). Es así entonces que la ganadería compone un pilar importante en la economía local y brinda una forma de vida para muchas personas en las comunidades. Los productores que obtienen y comercializan leche en el país se han visto perjudicados por circunstancias que han hecho que los costos de producción se incrementen exponencialmente. Para el desarrollo de este sector pecuario, actualmente hay escasez de fertilizantes, balanceado y urea lo que provoca aumento de los precios en los mercados nacionales; por lo que resulta fundamental buscar alternativas para aumentar la productividad. En este aspecto el utilizar la ganadería de precisión brinda una posible solución. La identificación de ganado ofrece varias ventajas, como son manejar el registro individualizado de diferentes parámetros como la detección precisa del celo y gestión reproductiva, disminución significativa del uso de fármacos, localización y prevención de problemas de sanidad, análisis e interpretación curvas de producción o lactancia, racionalización de alimentos, la producción individual de cada animal, entre otros (Gómez, 2021). El conocimiento de estas características permite que el ganadero pueda tomar acciones para administrar los recursos de manera adecuada en cada animal y evitar desperdicios, asegurando una buena producción y un costo asequible.

Tomando en cuenta las condiciones mencionadas que sostienen la importancia de fortificar el sector ganadero haciendo uso de la automatización y modernización de los procesos pecuarios, el Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE se encuentra ejecutando el proyecto de vinculación titulado “Asesoría técnica para mejorar la calidad y cantidad de la producción lechera y de sus derivados, mediante la tecnificación de procesos en la parroquia rural de Lloa”. La ejecución de este proyecto apoya este importante sector productivo del país a través de brindar soluciones en el área de ganadería de precisión. En este contexto se está trabajando en un proyecto piloto con la hacienda “Bellavista” ubicada en la parroquia rural de Lloa del cantón Quito. Ya en un trabajo de titulación anterior se trabajó en la identificación del ganado y el monitoreo automático de la producción lechera (Cajamarca & Sanipatin, 2021). De esta manera la hacienda "Bellavista" que actualmente cuenta con 164

cabezas de ganado, cuenta ya con un sistema de identificación de ganado RFID. Sin embargo, al momento la lectura del identificador se realiza sólo en sala de ordeño durante el proceso de ordeño para poder registrar la producción de leche individual de cada animal. Actualmente, para el registro de la información, la hacienda cuenta con un sistema de gestión de la información en un servidor local que almacena varios registros pecuarios:

- Registro reproductivo
- Registro genealógico
- Registro de pastoreo
- Registro productivo
- Registro veterinario
- Registro de geolocalización

Esa información es accedida a través de un aplicativo cliente, instalado en un computador de escritorio de la hacienda, dificultando el tener un acceso eficiente a la información. Por lo que el actual proyecto de titulación tiene como meta, el diseño e implementación de una aplicación móvil mediante el cual se pueda acceder a la información del ganado desde el campo (potrero). Considerando que en el campo se desarrollan mayoritariamente las diversas actividades pecuarias, el contar con este aplicativo facilitará la toma de decisiones en beneficio directo del productor.

Adicionalmente, la aplicación será de gran ayuda para el veterinario ya que apoyaría en la gestión de los servicios clínicos. Así por ejemplo durante el tratamiento de animales con enfermedades, el veterinario podrá acceder al histórico del animal, llevar la bitácora en campo, registrar el tratamiento de cuidados y medicina. Por otro lado, el administrador podrá consultar la toma y dosis de medicamentos y vacunas, evaluar la mejoría de la salud del animal de acuerdo al histórico, respetar los tiempos de retiro de la leche después de administrar antibióticos, etc. En general la aplicación servirá como apoyo de las actividades pecuarias para mejorar el proceso productivo y garantizar la calidad de la leche libre de antibióticos. De esta manera el presente proyecto denominado "Diseño e implementación de

una aplicación móvil para el acceso de información del hato ganadero de la hacienda lechera Bellavista ubicada en la provincia de Pichincha”, busca apoyar en la innovación tecnológica a precio accesible para la gestión ganadera de medianos y pequeños productores.

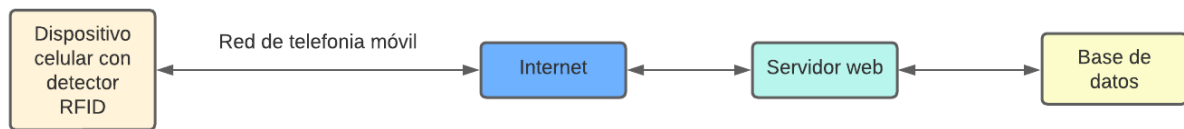
Alcance del proyecto

El aplicativo móvil identificará al animal del cual se desea recabar información. Para la identificación se utilizará un detector RFID móvil compatible con las etiquetas RFID que tienen actualmente el ganado y que puede ser adaptado a un teléfono celular o a una Tablet. A través del aplicativo el usuario podrá revisar información propia de cada cabeza de ganado o acceder a información general que le ayudará a desarrollar las diferentes actividades pecuarias de su hato.

Una vez que el usuario haya realizado su selección, esta información será procesada y enviada como consulta hacia el servidor. Luego la información obtenida desde el servidor será desplegada en tiempo real en el dispositivo móvil. Esta información será interpretada en la aplicación y se mostrará al usuario de tal manera que sea fácil de comprender. La aplicación contará con una sección de realidad aumentada, la cual servirá al usuario en cuanto a la condición corporal del animal respecta. Cabe señalar que el sistema permite multiusuarios trabajando de manera independiente y paralela al acceso de los datos, como se puede observar en la Figura 1. Sin embargo, para efectos del desarrollo de este proyecto se implementará un dispositivo prototipo, es decir, se acoplará un sensor RFID a un dispositivo móvil. Dado que la hacienda cuenta con un servidor de base de datos local y para el sistema se requiere de un servidor web, durante este proyecto se va a realizar el proceso para levantar el servidor web necesario para permitir que cada uno de los clientes hagan uso de la aplicación móvil. Finalmente, la comunicación entre cliente y servidor será posible mediante la red de telefonía móvil o por conexión Wifi.

Figura 1

Funcionamiento de la aplicación a diseñar e implementar



Nota. Esquema de interacción entre hardware, software y comunicación.

Objetivos del proyecto

Objetivo general

Diseñar e implementar una aplicación móvil Android, para el acceso, despliegue y registro de información del hato ganadero de la hacienda lechera Bellavista.

Objetivos específicos

- Seleccionar la plataforma de desarrollo de software para la elaboración del sistema.
- Realizar varias pruebas de campo con el detector RFID sobre las etiquetas para una correcta asignación de su respuesta a cada animal.
- Diseñar la aplicación móvil con sus respectivas pantallas y animaciones cubriendo totalmente aspectos de diseño de estructura, distribución, navegación, color, texto, gráficos y tablas, y finalmente alertas para una interacción adecuada con el usuario.
- Levantar los servicios web de la base de datos local y realizar la conexión de la aplicación mediante protocolo HTTP.

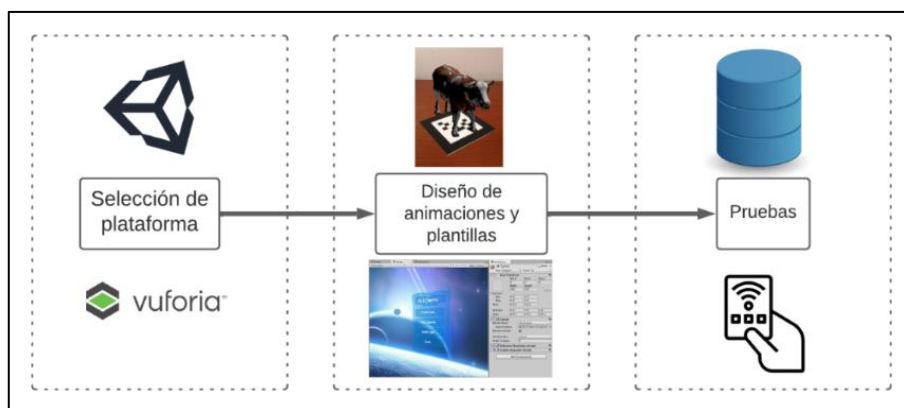
Para cumplir con la consecución del proyecto, éste se ha dividido en tres etapas, como se muestra en la Figura 2:

1. Estudio del estado del arte y selección de la plataforma de desarrollo.
2. Diseño e implementación del aplicativo móvil.

3. Integración del aplicativo al sistema de identificación RFID y al sistema de gestión de actividades pecuarias.

Figura 2

Metodología de la ejecución del proyecto



Estudio del estado del arte y selección de la plataforma de desarrollo

En la primera fase, luego de realizar el estudio del estado del arte se procederá a la selección de la plataforma de desarrollo para el aplicativo móvil. Para la selección del software, se considerará una plataforma que permita una conexión óptima con la base de datos y con el correcto uso de la señal obtenida por el detector RFID. Este detector, debe ser compatible con las etiquetas RFID que actualmente están colocadas en cada animal de la hacienda y debe tener, entre otras, las características descritas en la Tabla 1.

Tabla 1

Características del detector RFID

Descripción	Detalles técnicos
Rango de lectura	0.5<d<1 metro
Frecuencia de operación	865 - 928 MHz
Material	resistente a la intemperie

Descripción	Detalles técnicos
Tasa de transmisión	9,2 a 57,6 kb/s
Modo de trabajo	Modo activo, modo pasivo, modo comando
Interfaces de comunicación	Serial USB
Temperatura de funcionamiento	- 20°C - + 70°C

Nota. Fuente (Cajamarca & Sanipatin, 2021)

Las bases de datos por lo general son accedidas desde internet, lo que representa amenazas de seguridad a la información que se maneja. Debido a esto la seguridad de la base de datos comprenderá los siguientes aspectos:

- **Seguridad física:** servidor localizado dentro de un sitio seguro y con control de la temperatura.
- **Controles de acceso:** los usuarios que tienen acceso a la base de datos a través de la aplicación, tendrán permisos limitados a niveles en los que podrán realizar su trabajo.
- **Seguridad de cuentas:** alertas en caso de que se esté realizando actividades inusuales.
- **Cifrado:** El envío y recepción de datos se protegerá con cifrado adecuado.

Diseño e implementación del aplicativo

Se diseñará e implementará tanto las pantallas (plantillas) de la aplicación, como las animaciones de las gráficas para la presentación de la información registrada en la base de datos. Para el diseño de la aplicación se debe considerar la información a la que se puede

acceder de acuerdo con los registros de la base de datos actual. Así, por ejemplo, el usuario podrá revisar los registros de (Cajamarca & Sanipatin, 2021):

- Producción
- Reproducción
- Genealogía
- Geolocalización
- Veterinario
- Pastoreo

Con el acceso a esta información se podrá, por ejemplo, verificar el ciclo productivo para la correcta dosificación de sobrealimentos, seleccionar la mejor opción de pajilla al momento de realizar la inseminación artificial de acuerdo al historial del ganado, entre otras. Adicionalmente a la información de los registros, el usuario podrá acceder a vídeos educativos que le permitan observar ciertas actividades fundamentales y básicas para poder solucionar en campo, probables inconvenientes como por ejemplo el tratamiento de mastitis, el nacimiento de un ternero en reversa, etcétera.

De acuerdo a la información solicitada por el usuario habrá mayor o menor grado de interacción con las pantallas de la aplicación. En esta etapa también se procederá a relacionar cada etiqueta con la respectiva animación de la aplicación.

Integración del aplicativo al sistema de identificación RFID y al sistema de gestión de actividades pecuarias.

Finalmente, se procederá a realizar la conexión con la base de datos. En esta etapa se probará todo el sistema, se detectará la etiqueta RFID para probar que la información mostrada a través de las animaciones del aplicativo corresponda a los datos almacenados en el sistema de gestión.

El resultado final de la aplicación móvil tendrá un diseño de su interfaz en el cual el usuario de la misma conozca de manera muy exacta cada una de las condiciones del animal tratado, para que en el caso de existir anomalías este pueda actuar de la manera más adecuada para mantener la salud del animal.

Organización del manuscrito

El desarrollo del presente trabajo de titulación se realizará bajo el siguiente esquema. El capítulo 2 presenta el estudio sobre actividades pecuarias, generalidades de ganadería de precisión y tendencias tecnológicas usadas para la ganadería. En el capítulo 3 se realiza lo que es el diseño de la aplicación móvil, la selección del software para su desarrollo y la explicación de ciertas partes fundamentales del código programado. En el capítulo 4 se describe la validación del sistema y pruebas de funcionamiento. Finalmente, en el capítulo 5 se presenta conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros.

Capítulo 2: Marco conceptual

El presente capítulo tiene como objetivo, definir la utilidad que tendrá la aplicación móvil dentro de la gestión pecuaria de la Hacienda Bellavista, así como los conceptos y criterios que se utilizarán para el diseño y desarrollo de la aplicación. En este contexto, es menester mencionar que la hacienda para facilitar la gestión de los procesos pecuarios, se ha provisto de una base de datos que almacena información relevante. Esta por ejemplo incluye el registro genealógico, reproductivo, productivo, sanitario y alimenticio del animal. Dicha información es útil tanto para el administrador de la hacienda como para el veterinario al momento de decidir respecto al manejo del ganado y permite en muchos casos comparar con valores ideales.

Con la finalidad de contextualizar la realización del presente proyecto de titulación, se va en primer lugar a describir las actividades pecuarias de la hacienda que serán monitorizadas por la aplicación de acuerdo a los requerimientos del usuario. A partir de ellas, se definirán y considerarán los conceptos de la ganadería de precisión aplicables.

Finalmente se resumirán las herramientas con las que se puede trabajar para lograr el objetivo planteado de facilitar el acceso a la información en campo y a la toma de decisiones por parte del usuario.

Actividades pecuarias

Las actividades pecuarias son los trabajos y las tareas que están relacionadas directamente con la ganadería y son efectuadas para que los animales estén en su mejor estado, con el fin de comercializarlos o a su vez, los productos obtenidos de los mismos. Estas actividades están ligadas a diferentes gestiones (procedimientos y acciones para lograr objetivos), como la productiva, la reproductiva, la veterinaria, de pastoreo, de genealogía, de geolocalización, entre otras.

Gestión productiva

La gestión productiva o gestión de producción es el proceso de manejo de la transformación de los insumos de producción (materia prima) en resultados de producción (por ejemplo, venta de productos) (Smith, s.f.). La gestión productiva es importante para la organización de procesos de producción dentro de la hacienda, tomando un punto de partida para evaluar de manera periódica los procedimientos, con el fin de mejorar en el transcurso del tiempo.

Producción de leche. Registrar la producción de la leche es la actividad más importante dentro de una hacienda ganadera, ya que este es el objetivo de la explotación. El registro se puede llevar de dos formas (Bonilla, 2010):

- Producción total por día
- Producción individual por vaca

Producción diaria de leche del ganado. Registrar esta producción es beneficioso, pues le permite conocer al productor el nivel productivo diario de la explotación.

Producción de leche individual. El contar con un control individual de producción sirve para los siguientes propósitos:

- Retirar a las vacas malas que tienen mala producción y reemplazarlas por otras
- Nutrir a los animales de acuerdo a la producción, para economizar recursos y maximizar ganancias
- Seleccionar vacas genéticamente superiores, para que sus crías sean reemplazadas en el rebaño

El productor no debería depender de su memoria para llegar a conclusiones y tomar decisiones, sino que debe basarse exclusivamente en los registros. Para ello es recomendable llevar un control de la producción de cada vaca 3 veces al mes (los días 10, 20 ,30).

Buenas prácticas en ordeño. Las buenas prácticas de ordeño son un factor importante para obtener leche de calidad. La obtención de leche de buena calidad no solo permite tener productos lácteos y derivados de primera, sino que también permite tener productos higiénicamente buenos. Actualmente hay diferentes procedimientos entre el ordeño mecánico y el ordeño manual, pero ambos procedimientos generalizan sus actividades en tres grupos, buenas prácticas antes, durante y después del ordeño (Pascual, 2018).

Antes del ordeño. Manualmente, se extrae de la ubre algunos chorros de leche en un bote, o recipiente oscuro. Con esta actividad se realiza el despunte, que consiste en evaluar la leche visualmente. Después de esto se debe sumergir entre 20 a 30 segundos la ubre en yodo, para desinfectar y proteger las ubres.

Durante el ordeño. Las pezoneras se colocan en las ubres procurando que no entre aire al sistema de vacío. Entre 5 a 7 minutos es el tiempo más adecuado para que la pezonera esté en la ubre del animal. Sobrepasar este tiempo puede conllevar a que se

desarrolle una mastitis, que es la inflamación de la glándula mamaria de las ubres. Una vez realizado el ordeño se sella las ubres, sumergiéndolas otra vez en yodo.

Después del ordeño. Las vacas abandonan la sala de ordeño, para que esta sala sea aseada.

Gestión reproductiva

La gestión reproductiva es un grupo de procedimientos que debe seguir un productor en una explotación ganadera, para optimizar la producción animal. Por ejemplo: aumentar el número de partos por año, disminuir días en anestro (periodo en que las vacas no aceptan cópula), optimizar alimentación, etc. (Férrandez & López, 2017) . La gestión reproductiva de cualquier vaca está basada en diagnósticos, controles para reproducción y registros adecuados. Durante este programa existen visitas habituales de veterinarios para evaluar, determinar y tomar decisiones, esto con aprobación del productor. Gran cantidad de vacas que tuvieron un proceso de preñez adecuado deben reiniciar su ciclo reproductivo entre 30 a 45 días después del parto. Este lapso de tiempo varía y puede ser más largo en ganado que ha sufrido anomalías de salud durante el parto o si se encuentran en un balance energético negativo (ingesta de energía menor al gasto energético) (Sánchez, 2010).

Los indicadores reproductivos muestran el desempeño de los animales, ayudan a gestionar aspectos como localizar las áreas de mejora, plantear metas de reproducción, identificar los problemas prematuramente, entre otros. Los principales indicadores utilizados para definir al ganado según Figueroa et al. (2003) son:

- Transcurso de tiempo entre parto y parto
- Tendencias de concepción
- Ordeños por concepción
- Los días entre celo, inseminación secada y el parto

Reproducción. Los datos de reproducción son importantes para la gestión del ganado, en lo que respecta a tomar decisiones. Al conocer datos como número de partos,

fechas de parto, sexo y número de cría, fecha de fecundación, entre otras, es posible conocer si el animal está llevando su ciclo reproductivo normalmente y de esta manera calcular los indicadores promedios del mismo.

Uso de hormonas artificiales. Las hormonas artificiales son productos que por lo general no se hallan en los organismos, sin embargo, al ser aplicadas imitan la actividad de las hormonas naturales (Correal, 2009).

Existen varios tratamientos, en los que, si se usan hormonas artificiales en cierta frecuencia, se puede saber cuándo exactamente la vaca va a ovular o a su vez se puede mejorar la velocidad de crecimiento y aumento de peso. De la misma manera pueden mejorar el apetito y condición corporal del animal, entre otros fines. El uso de estas hormonas, dado el portafolio tan amplio que hay de las mismas, induce la problemática de su uso. Por lo tanto, su uso se justifica dentro de la estrategia de cualquier explotación en el sector pequeño, mediano o grande a partir de una necesidad específica planteando que es lo que se va a producir, sea becerros o leche. En base a ello las hormonas serán una herramienta de ayuda complementaria y más bien no la solución de un problema específico del hato ganadero.

Parto. La duración del embarazo en ganado bovino es de 285 días (9 meses) aproximadamente. Este lapso de tiempo podría verse afectado por factores como edad de la madre, condiciones fetales como su sexo o genética, entre otros. Adicional a esto, 60 días antes del parto se debe realizar el secado del animal, esto consiste en la interrupción brusca del ordeño con el fin de que la ubre del animal descanse. De no descansar, el animal no podría producir la cantidad suficiente de leche en el siguiente periodo.

Apareamiento. Las vacas presentan celo cada 21 días, una vez que llegan a este celo se pueden aparear con algún toro, o a su vez se las insemina artificialmente. El proceso de celo por lo general dura aproximadamente 20 horas. El período de 21 días se ve afectado si el animal paso por un parto. Para que la vaca pueda entrar en gestación

después del parto, necesita entre 30 a 45 días como mínimo para recuperar la funcionalidad del útero.

Gestión veterinaria

La gestión veterinaria es el conjunto de procedimientos que un veterinario adopta para tomar decisiones en cuanto respecta a los animales de la hacienda. Estos procedimientos ayudan al veterinario a dar diagnósticos, prevenir enfermedades y tratar una mala salud. La gestión veterinaria es necesaria para la detección de problemas de salud, y para lo cual es importante el diagnóstico médico, el cual es el proceso por el cual se identifica una enfermedad o cualquier estado patológico. En el mundo ganadero, según Ruiz (2021), los puntos más importantes para realizar un buen diagnóstico son la observación detallada y la recopilación de información. Entre los registros más sobresalientes están:

Enfermedad. En el control y prevención de enfermedades hay una parte importante del manejo del ganado, donde se debe contar con información de lo que se tiene y lo que se está haciendo. Datos de fármacos que han sido aplicados o que se van a aplicar y enfermedades previas tratadas, son recopilados en registros, los cuales interpretados de una manera adecuada van a permitir tomar resoluciones para conseguir un manejo adecuado de reproducción, producción y economía de la ganadería.

Fármaco. Los fármacos han de ser objeto de un uso responsable, tanto por parte de los profesionales como por los productores que deben seguir estrictamente las indicaciones de médicos veterinarios y las instrucciones de uso que acompañan a todos los medicamentos. Entre las responsabilidades del veterinario cabe destacar:

- Promover la aplicación responsable de los fármacos, haciendo énfasis en la importancia de un correcto manejo y cumplimiento de normas.
- Prescribir fármacos después de realizar el diagnóstico.
- Explicar detalladamente la aplicación de los fármacos.

Vacuna. Las vacunas son la herramienta perfecta para mantener protegido al hato ganadero, mejorando su sistema inmunológico. Por tal razón es necesario tener un programa de vacunación, cumplirlo estrictamente y llevar adecuado registro del mismo. Bien administradas las vacunas son capaces de aumentar la inmunidad del rebaño y crear barreras protectoras que eviten la entrada de enfermedades.

Veterinario. Los veterinarios juegan un rol importante como parte de la prevención y el control de las enfermedades del ganado, y son los principales responsables de la detección prematura y la respuesta rápida a los brotes de epidemias y animales emergentes o reemergentes. Por tal razón es importante que los veterinarios estén en constante formación e información ya que con esto se garantizará y reforzará la eficiencia, eficacia y calidad de los programas de prevención y control de las enfermedades.

Como se mencionó anteriormente, otra información importante, es conocer la condición corporal del animal de acuerdo a la edad, raza, alimentación, estado de gestación, posparto o producción, lo que ayudará a determinar la condición de salud del animal. Esta información permite al personal tomar las mejores decisiones en cuanto al manejo del ganado, para maximizar la producción lechera y minimizar los desórdenes reproductivos. El darles sobrealimento innecesario podría llevar al animal a un estado de obesidad teniendo dificultades al momento de parir. Igualmente, una vaca demasiado flaca tendrá problemas de celo, teniendo también problemas de parto y de producción lechera escasa. Se ha clasificado la condición corporal en grados que van entre 1 al 5, siendo 1 y 5 sub condicionamientos severos que ponen en riesgo la salud del animal, 1 por vaca demasiado flaca y 5 por obesidad. La Tabla 2 muestra el grado de condición corporal deseable de acuerdo al estado fisiológico del animal durante la lactancia. En tanto que la Figura 3 ilustra las diferentes características corporales que permiten clasificar la condición corporal del animal.

Tabla 2*Condición corporal de vacas lecheras a través de lactancia*

Estado fisiológico	Grado de condición corporal
Parto	3,0-3,5
Servicio	2,5
Ultima parte de la lactancia	3,0-3,5
Período seco	3,0-3,5

Nota. Recuperado de Engormix, por Hazard, 2015,

(https://images.engormix.com/S_articles/7031_323.gif)

Figura 3*Representación de condición corporal de vacas del 1 al 5*

Grado de condición corporal	Vértebra en la espalda	Aspecto posterior del hueso pélvico	Aspecto lateral de la línea entre las caderas	Cavidad entre cola y la tuberosidad isquiática	
				Aspecto posterior	Aspecto lateral
1 Subcondicionamiento severo					
2 Esqueleto obvio					
3 Buen balance de esqueleto y tejidos superficiales					
4 Esqueleto no tan obvio como tejidos superficiales					
5 Sobrecondicionamiento severo					

Nota. Recuperado de Engormix, por Hazard, 2015,

(https://images.engormix.com/S_articles/7031_923.gif).

Esta información al ser de vital importancia para mejorar el manejo del ganado en cuánto a la nutrición del mismo, será incluido en el desarrollo de la aplicación móvil a través del uso de herramientas de realidad aumentada, que permitirá al usuario comparar en tiempo real la condición deseable con la condición actual del animal.

Gestión pastoreo

La gestión del pastoreo tiene como meta el tener una elevada producción de forraje con buenas características en un tiempo extenso. El forraje verde es el pasto que come el ganado y la materia seca es el mismo pasto, pero con cantidades de agua mínimas. Lo recomendado es que los animales coman una décima parte de su peso en forraje. La alimentación se debe llevar a cabo por etapas productivas y reproductivas (MAGAP, 2014).

Ternereras. Son los animales recién nacidos, que tienen edad entre 1 día hasta 6 meses. La alimentación para estos animales se basa en (MAGAP, 2014):

- Forraje verde diariamente
- Leche por la mañana y la tarde
- 40 gramos de sal mineral por día
- Agua

Ternereras destetas. Animales con edad de entre los 6 meses hasta los 12 meses. La alimentación para estos animales se basa en (MAGAP, 2014):

- Forraje verde, 10% del peso del animal
- Agua
- Suplementos alimenticios, un kilogramo por día
- 60 gramos de sal mineral por día

Vaconas de media. Animales con edad de entre los 12 meses hasta los 18 meses. En esta etapa inician los procesos de reproducción, y su alimentación se basa en (MAGAP, 2014).

- Forraje verde, 10% del peso del animal
- Agua
- 80 gramos de sal mineral por día

Vaconas vientre. Animales mayores a 18 meses que ya han iniciado o están en estado de gestación (MAGAP, 2014).

- Forraje verde, 10% del peso del animal
- Agua
- 100 gramos de sal mineral por día

Animales por parir. Animales con 7 meses de gestación en adelante. En observaciones hasta el día del parto (MAGAP, 2014).

- Forraje verde, 10% del peso del animal
- Agua
- 120 gramos de sal mineral por día

Vacas en producción. Son los animales que recientemente han entrado en parto, estos animales tienen una dieta más específica, que contiene distintos tipos de nutrientes (MAGAP, 2014).

- Forraje verde, 10% del peso del animal
- Ensilaje, 5 kilogramos al día
- 120 gramos de sal mineral con selenio por día
- Agua

Gestión genealógica

La gestión del registro genealógico sirve para llevar a cabo un programa de selección que está destinado a mejorar las condiciones productivas de un hato (de acuerdo a su ascendencia o descendencia). Los datos del registro genealógico son una garantía para los ganaderos, tanto vendedores como compradores que tienen animales certificados en distintas razas (Contexto Ganadero, 2022).

Gestión de geolocalización

El gestionar la geolocalización de los animales en la hacienda es una acción que mejora el bienestar los mismos, debido a que permite una constante vigilancia y se reduce el tiempo de acción en caso de que existan situaciones en las que la seguridad del animal

no esté garantizada. La geolocalización del ganado, tiene entre otras las siguientes ventajas:

- Notificaciones en tiempo real
- Facilitar el manejo a los ganaderos
- Reducción de bajas
- Cercas virtuales
- Incremento de productividad

Ganadería de precisión

Generalidades

La ganadería de precisión (GdP) es un proceso de adquisición y recolección de datos. La GdP incorpora varias tecnologías que son aplicadas al sector ganadero que, mediante la adquisición, procesado y envío en tiempo real de datos, permite el monitoreo y control individual o grupal de los animales de la hacienda. De manera general, la aplicación de la GdP tiene como meta asegurar un gestión eficiente y sustentable de los recursos que hay en las haciendas donde es utilizada.

Beneficios.

- Identificación del alimento más adecuado
- Modificación de dietas para volverlas más adecuadas
- Reducción al impacto ambiental, con uso eficiente de los recursos
- Mejoramiento de la salud del animal
- Detección precoz de patologías
- Selección de animales con las mejores características

Desafíos y obstáculos.

- Falta de personal capacitado
- Escasa información de datos en cuanto respecta a relaciones costo beneficio
- Estrés relacionado al uso de tecnologías innovadoras y nuevas

- Escasa coordinación entre academias y empresas
- Poca compatibilidad entre equipos físicos y software
- Pocos estándares de seguridad y difusión de datos entre dispositivos

Tendencias tecnológicas. A continuación, se describen cuatro tendencias tecnológicas que pueden utilizarse en la implementación de ganadería de precisión.

Sistemas ciber-físicos. Un sistema ciber-físico es aquel que fusiona computación, sistemas de almacenamiento y procesos de comunicación con procesos físicos. Estos sistemas sobresalen por su robusta capacidad de interactuar con sistemas físicos. Estos sistemas pueden monitorizar y/o controlar, la información disponible en la red virtual, teniendo en varios casos la capacidad de aprender, evolucionar y retroalimentar a los procesos que controla.

Big Data. En Camargo et al. (2015) se menciona que el Big Data es un extenso tráfico de datos. Actualmente el uso de esta tecnología en las haciendas permite descubrir condiciones del funcionamiento de la explotación que se pueden mejorar. Por ejemplo, tomar la decisión de cambiar la política de secados, mejorar aspectos específicos de la salud o mejorar alguna estrategia de control reproductivo en la población con menos resultados (Caballero, 2021).

IoT. El internet de las cosas (IoT) es la inclinación a hacer uso de dispositivos que necesitan tener una conexión directa con algún sistema que permita la recolección de información. Cuando se habla de IoT, se habla de sistemas de hardware que envían y reciben información a través de conexiones inalámbricas con escasa o nula intervención humana. Este envío y recepción se puede llevar a cabo debido a la introducción de los dispositivos informáticos en todo tipo de dispositivos (Flores & Cossio, 2021).

En ganadería, esta tecnología puede ser usada para (Envira, 2019):

- Prevenir y mantener la salud de los animales, monitoreando los signos vitales, metros recorridos, celos, partos y secados inminentes.

- Geolocalizar a los animales en tiempo real
- Aumentar el rendimiento

Drones. Se llama dron a todo a todo vehículo aéreo que es controlado de forma remota, es decir, es un vehículo aéreo no tripulado. Estos vehículos pueden ayudar al profesional ganadero a optimizar tareas como:

- Detectar anomalías en la enfermedad de los animales
- Control de inventarios de animales
- Detectar y controlar los daños de incendios
- Localizar animales que se separen del ganado por distintas circunstancias

Áreas de aplicación

La ganadería de precisión es posible gracias a tecnologías actuales como robots de ordeño, sistemas de alimentación automatizados identificación y seguimiento del animal, sensores y etiquetas RFID, entre otras. En TIERRA (2022) se menciona que estas herramientas pueden ser usadas tanto para ganado confinado como para ganado al aire libre.

Tecnologías utilizadas para ganado al aire libre. Estas tecnologías son aquellas que relacionan el ganado con el hábitat en el que habitan y la cadena de suministro. Las tecnologías utilizadas para esta área requieren de dispositivos de medición con características específicas. Por ejemplo, que puedan ser fijadas al animal y estar estratégicamente ubicadas, esto con la meta de enviar información en tiempo real. Ejemplos de tecnologías que sirven para monitorizar en tiempo real el pastoreo y la alimentación son (TIERRA, 2022):

LiDAR y tecnología aérea y satelital. Se sirven de sensores para obtener datos de especies invasoras, así como para monitorizar el suelo, agua y gases.

Imágenes térmicas. Sirven para evaluar temperatura corporal y fisiología.

Collares IoT. Utilizados para crear cercas virtuales mediante posicionamiento GPS.

Espectrometría multicanal. Sistema basado en satélites y monitorización de las cuadrículas del clima y el suelo con la finalidad de predecir los componentes de biomasa en los pastos.

Ganado confinado. Las herramientas utilizadas en esta área deben estar dentro de sistemas intensivos y confinados. La ventaja del uso de estas herramientas son que se puede obtener basta información del estado de los animales y su comportamiento. Ejemplos de tecnologías que sirven para monitorizar en tiempo real el ganado confinado son:

Monitorización de la eficiencia alimentaria individual. Este proceso tiene un impacto económico considerable al fomentar un mejor rendimiento en la alimentación normal.

Detección temprana de la cojera mediante RFID. Este sistema detecta casos de cojera subclínica leve a través de alfombras con sensores de precisión sobre los cuales las vacas caminan una o dos veces al día, evitando así efectos en la producción.

Servicios de gestión

A continuación, se enlista ciertas empresas y sus servicios de gestión que actualmente sirven a la ganadería de precisión.

FarmTrace. Esta compañía ofrece una plataforma que conecta una hacienda con todas las haciendas del mundo, de manera que unifica la información de sistemas dispares en tiempo real.

Farm4trade. Este startup (organización humana que desarrolla productos o servicios de con gran uso de tecnologías actuales) ha desarrollado un conjunto de herramientas de productividad digital para la cría de animales, basadas en inteligencia artificial y la visión por ordenador para la verificación biométrica animal. Este servicio obtiene datos de salud individual rápidos y precisos.

Cynomys. El servicio que ofrece esta compañía proporciona las cantidades exactas de los parámetros ambientales que afectan el desempeño de las granjas, y a su vez los compara con datos objetivos para verificar en tiempo real los efectos de los tratamientos y medicamentos que afectan el bienestar animal.

Kraal. Esta compañía del Reino Unido, crea crotales (aretes plásticos) digitales para rastrear el ganado. Se encarga de que estos crotales sean ligeros, reutilizables y que funcionen con energía solar con una longevidad de hasta 5 años y un alcance de 15 km.

Herramientas tecnológicas usadas para ganadería

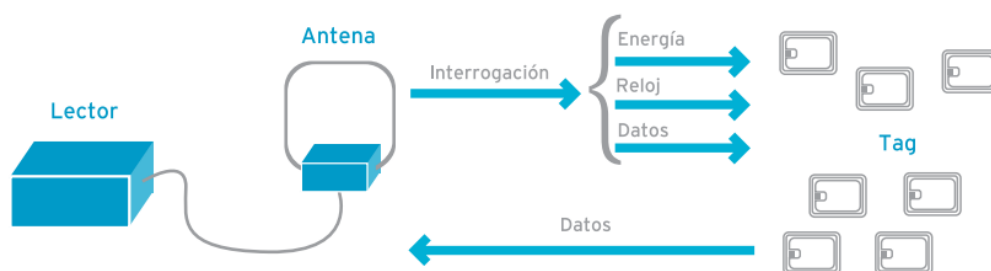
Tecnología RFID

La RFID es una tecnología comúnmente usada en lugares donde se necesita atrapar datos de manera automática. Esta tecnología está basada en la identificación sin contacto entre objetos haciendo uso de radiofrecuencia (RF) (Reyes et al., 2010).

Funcionamiento. La tecnología RFID está compuesta por 4 elementos indispensables: antena RF, tag o etiqueta, lector y sistema gestor de información. El modo de operación de estos sistemas se basa en una identificación localizada y automática de objetos que tienen etiquetas. El lector emite una señal electromagnética, señal que recibe la etiqueta, brevemente esta etiqueta responde a través de otra señal en la que se envía codificada la información contenida en la etiqueta, así como se muestra en la Figura 4.

Figura 4

Esquema general del funcionamiento de un sistema de RFID



Nota. Recuperado de La tecnología RFID: Usos y oportunidades, por Cimorra, 2009.

Para hacer uso de la comunicación por radiofrecuencia es necesaria la incorporación de una antena de radio frecuencia en cada uno de los dispositivos y elementos que van a ser parte de la comunicación, considerando la banda de frecuencia en la que van a funcionar. En la Tabla 3 se muestran las bandas de frecuencia que son usadas en los variados sistemas de RFID que en la actualidad están vigentes en el mercado.

Tabla 3

Bandas de frecuencia que se utilizan en sistemas de RFID

Bandas de frecuencia	Descripción	Rango
125 kHz - 134 kHz	LF (Baja frecuencia)	Hasta 45 cm.
13,553 MHz – 13,567 MHz	HF (Alta frecuencia)	De 1 a 3 m.
400 MHz – 1.000 MHz	UHF (Ultra Alta frecuencia)	De 3 a 10 m.
2,45 GHz – 5,4 GHz	Microondas	Más de 10 m.

Nota. Adaptado de La tecnología RFID: Usos y oportunidades, por Cimorra, 2009.

Elementos que componen un sistema RFID

Etiqueta electrónica. A través de ondas de radio, esta etiqueta realiza su comunicación con el lector.

Lector de etiquetas. Este dispositivo lee las etiquetas por radiofrecuencia y transmite la información de las etiquetas a la base de datos.

Base de datos. Las bases de datos son las que reciben los datos enviados por el lector RFID.

Ventajas

Según el área de aplicación las ventajas de la tecnología RFID según Reyes et al. (2010) son:

- Útil para evitar fraudes, falsificaciones y robos
- Brinda al usuario la capacidad de rastrear todos los procesos, de una manera fiable, exacta y segura.
- Reducción de error al disminuir mano de obra humana, aumentado así la eficiencia.
- Reducción de tiempos en procesos de preparación de envíos.
- Automatización de recepciones y rapidez de entregas.

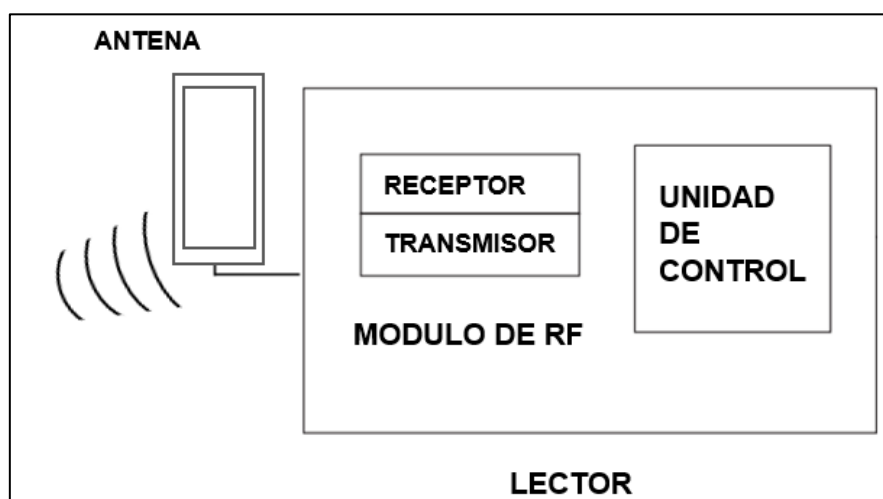
Lector de etiquetas RFID. Este dispositivo energiza a las etiquetas, lee los datos de estas y se los envía a los sistemas de gestión de información. Este lector puede manejarse de 3 maneras (Bermejo et al., 2018):

- Esperando detectar etiquetas continuamente
- Esperando detectar etiquetas periódicamente
- Detectando etiquetas manualmente

Las partes que componen este lector se muestran en la Figura 5.

Figura 5

Esquema de un lector RFID



Módulo de radiofrecuencia. Está compuesto por dos elementos, un transmisor, el cual envía la señal de radiofrecuencia, y receptor que es el que recibe la señal.

Unidad de control. Internamente tiene un circuito integrado que se adapta de acuerdo a lo que la aplicación necesite.

Antena. Es el elemento que tiene el objetivo de habilitar la comunicación entre el lector y el transpondedor.

Tipos de lectores

Lectores fijos. Estos lectores por lo general se posicionan en lugares especiales y planificados, como por ejemplo puertas de acceso en supermercados o tiendas, o también puntos delicados dentro de procesos de ensamblaje, de tal forma que se pueda detectar las etiquetas.

Lectores móviles. Son dispositivos portátiles. Suelen incorporar una pantalla, un teclado y una antena integrada.

Servidor web

Es importante aclarar que servidor web no es lo mismo que un servidor, debido a que el servidor tiene entre sus componentes un servidor web. De esta manera se entiende como servidor al equipo en el que cual se alojan los sitios, páginas web, aplicaciones web, mientras que el servidor web es el software que se encarga de despachar contenido de un sitio web al usuario.

Como se mencionó antes, la principal tarea del servidor web es la de gestionar y enviar los datos de un sitio web al usuario. Para que este pueda cumplir su tarea, primero recibe una petición o solicitud de parte de un navegador web o aplicación móvil, y a continuación busca en los archivos del servidor la información que está siendo solicitada. Una vez localizados los archivos del sitio, el servidor web envía una respuesta de regreso al browser o aplicación, el cual mostrará esa respuesta (Borges, 2021).

Servidores web más utilizados. Entre otros, según StackScale (2022) los servidores web más utilizados en el 2022 fueron: Apache, Nginx, LiteSpeed y Microsoft IIS. A continuación, se enlista brevemente ciertas características de estos.

Apache.

- Fácil de configurar y personalizar
- Compatible con protocolo IPV6
- Arquitectura basada en módulos
- De libre acceso y de código abierto
- Soporta hasta 150 conexiones a la vez
- Cómodo para los desarrolladores

Nginx.

- Fácil de configurar y personalizar
- Arquitectura asíncrona y basada en eventos
- Posee alto rendimiento
- Compatible con protocolo IPV6
- Permite más de 10 000 conexiones concurrentes

LiteSpeed.

- Arquitectura basada en eventos
- Ligero, menos recursos de CPU y memoria
- De configuración sencilla, con interfaz amigable al usuario
- Mantenimiento realizado sin interrumpir procesos en progreso

Microsoft IIS.

- Arquitectura basada en módulos
- Seguridad y protección de datos
- Permite gestión remota

Lenguajes de programación. Los servidores web se caracterizan por ser compatibles con múltiples lenguajes de programación, como son PHP, ASP.NET, Python, Node.js, entre otros.

PHP. Las características del lenguaje PHP (Hypertext Preprocessor) son (SLU, 2022):

- Código abierto y gratuito
- Lenguaje orientado a objetos, lo que se traduce en procesamiento de datos más rápido
- Separación de códigos, es decir que se puede manipular datos mientras otros están estáticos.
- Código limpio y estable
- Permite el desarrollo de páginas web complejas y dinámicas
- Permite un gran manejo de procesamiento de datos

Python. Las características del lenguaje Python son (Miteris, 2022):

- Programación orientada a objetos
- Lenguaje interpretado, es decir los usuarios de este lenguaje se encargan de ejecutar programas a través de scripts elaborados por ellos mismos.
- Es multiplataforma, es decir puede ser ejecutado en diferentes sistemas operativos, siempre y cuando tengan un intérprete adecuado.
- Tiene una escritura de scripts dinámica, es decir que se puede iniciar variables que no tengan que especificar su tipo.
- Lenguaje de código abierto
- Polivalente, usado para varias aplicaciones.

Node.js. Las características del lenguaje Node.js son (Chiyana, 2021):

- Las aplicaciones se generan en trozos.

- Es veloz, ya que este lenguaje está construido sobre JavaScript V8 de Google Chrome, debido a esto su biblioteca es rápida y dinámica.
- Es asíncrono y está controlado por eventos.
- Altamente escalable, de acuerdo a memoria RAM

Servicios web

Un servicio web es un medio de comunicación para realizar el intercambio de información entre máquinas o dispositivos conectados a la red. Normalmente esta comunicación funciona en base al envío de peticiones y respuestas entre un cliente y un servidor. Es decir, el cliente solicita información, en ciertos casos enviando datos al servidor web, el servidor procesa y luego el mismo servidor web genera una respuesta que envía al cliente.

Lenguajes de comunicación. Para la comunicación entre dispositivos se usa exclusivamente lenguajes escritos en archivos de texto plano. Entre los lenguajes que más se usan para comunicarse con servicios web están: (García, 2015).

XML. Este tipo de lenguaje está basado en etiquetas, como en HTML. Es un lenguaje avanzado, el cual se puede usar para diversas utilidades por su extensión.

JSON. Un lenguaje que está basado en sintaxis JavaScript. Entre sus características esta que es más ligero y requiere mucho mejor carga del servidor para poder ser procesado.

Bases de datos

Una base de datos es una recaudación organizada de información o datos estructurados, que normalmente son almacenados de forma electrónica en un sistema informático. Por lo general, una base de datos se controla por un sistema de gestión de bases de datos. Los datos de los tipos más conocidos de bases de datos que funcionan en la actualidad, por lo general se utilizan como estructuras de filas y columnas en una serie de tablas para mejorar el procesamiento y consulta de datos. De esta manera, dentro de estas

tablas se podrá gestionar, actualizar, modificar y controlar fácilmente los datos (Oracle, 2022).

Tipos. Existen varios tipos de bases de datos, los cuales, entre otros, serán descritos brevemente a continuación (Oracle, 2022).

Relacionales. Este tipo brinda una manera muy flexible de acceder a la información, ya que esta está organizada como un conjunto de tablas con filas y columnas.

Orientadas a objetos. En este tipo de bases, la información se representa en forma de objetos.

De código abierto. Este tipo son aquellas bases cuyo código fuente, es abierto.

Localizadas en la nube. Son una recopilación de datos, que pueden o no ser estructurados, además residen en la nube la cual puede ser pública, privada o híbrida. Existen dos tipos de bases en la nube, las tradicionales y el de bases de datos como servicios.

MYSQL. Es un sistema de gestión de base de datos que tiene dos licencias. Una versión es de código abierto y la otra versión es comercial y está gestionada por la compañía Oracle. A continuación, se describe alguna de sus características (Robledano, 2019).

- Arquitectura cliente y servidor: ambos se comunican entre si de una manera diferenciada.
- Compatibilidad con SQL
- Vistas: compatibilidad para configurar vistas personalizadas
- Procedimientos almacenados: se procesa tablas a través de procedimientos almacenados, con lo que se incrementa la eficacia de la implementación.
- Desencadenantes: Automatización de ciertas tareas dentro de la base
- Transacciones: diversas operaciones como dispositivo

Realidad aumentada

La realidad aumentada (RA) es una tecnología enfocada en la superposición de representaciones virtuales sobre la visión de la realidad. Esta tecnología agranda las imágenes de la realidad, a partir de ser capturada por la cámara de un computador o celular, el que va a tener el trabajo de añadir elementos virtuales para la creación de una realidad mixta a la que se le han sumado datos informáticos (Cadavieco,2012). Entre otras, las características realidad aumentada son (Moreno, 2021):

- Superposición del mundo real: combina el mundo físico con elementos virtuales que se superponen.
- Tiempo real: los elementos aumentan o se mejoran mediante entradas generadas por un computador o dispositivo.
- Interacción 3D: Los elementos virtuales 3D virtuales y reales interactúan en tiempo real.

Esta tecnología tiene de igual manera ciertos beneficios, como son: dar mejoras a la experiencia del usuario, facilitan el uso de productos o servicios, favorecen la interacción social y mejoran el aprendizaje, entre otros.

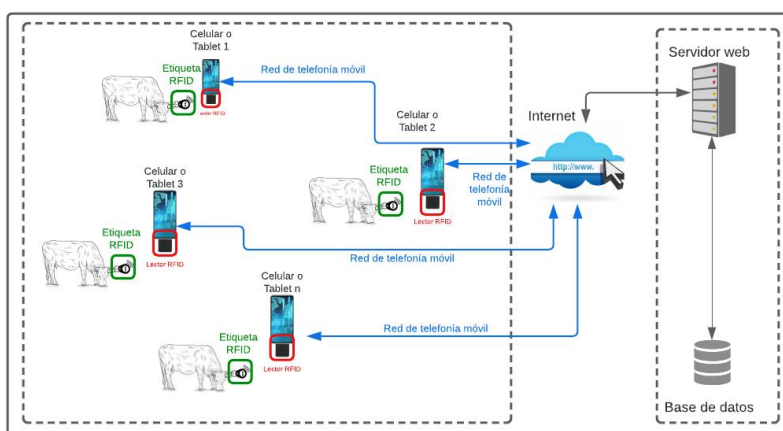
De esta manera durante el desarrollo del presente capítulo, se pudo definir y resumir la información relevante de las actividades pecuarias que serán monitorizadas y accedidas por la aplicación móvil. La revisión de las tendencias tecnológicas utilizadas en la ganadería de precisión permitió definir aquellas que aportarán al diseño del proyecto y que serán utilizadas en el desarrollo del siguiente capítulo. En el capítulo 3 se describe el diseño general de la aplicación, la selección de software para su desarrollo y partes sustanciales de su programación.

Capítulo 3: Diseño e implementación del sistema

En el presente capítulo se desarrollará la aplicación móvil para el acceso de información del hato ganadero de la hacienda lechera Bellavista ubicada en la provincia de Pichincha. La función principal de la aplicación es permitir el acceso a la información de los procesos pecuarios desde un dispositivo móvil. Así el usuario podrá acceder a la información del animal mientras se encuentra en el campo o cuando esté fuera de la hacienda. Por ejemplo, el veterinario podría consultar información del animal sin estar in situ.

Con la finalidad de acceder a la información solicitada, la aplicación debe conectarse a la base de datos que tiene la hacienda. Para realizar la consulta de la información particular sobre un ganado, el usuario debe ingresar la etiqueta de identificación del animal. Esta podrá ser digitada manualmente o ser obtenida mediante la lectura de la etiqueta RFID que dispone cada cabeza de ganado. Para esto último, un lector RFID compatible debe ser conectado al dispositivo móvil. El envío de la información entre el dispositivo móvil y la base de datos se realizará mediante internet. Finalmente, se utilizarán herramientas de desarrollo de licencia libre que garanticen las medidas de seguridad del acceso a la información. El diseño general de hardware y software de la aplicación se muestra en la Figura 6.

Figura 6
Funcionamiento de la aplicación a diseñar e implementar



Nota. Esquema de interacción entre hardware, software y comunicación.

Línea base del proyecto

Actualmente la hacienda cuenta con 3 sistemas: identificación automática del ganado, medición de producción de leche y registro de producción en una base de datos.

Identificación automática de ganado

Este sistema consta de dos lectores RFID, uno en cada entrada de la sala de ordeño, instalados de manera fija sobre el pasillo, para poder detectar si la etiqueta está ubicada en la oreja izquierda o derecha de cada animal. La etiqueta de frecuencia ultra alta (UHF) es de la marca Yanzeo y es de alto rendimiento, para operaciones con un alcance de máximo 6 metros, dependiendo del lector. Las características de este lector se muestran en la Tabla 4.

El sistema usa el modelo de comunicación maestro-esclavo, el maestro es el controlador y es el que solicita la información de las etiquetas a los lectores RFID que funcionan como esclavos.

Tabla 4
Características de la etiqueta Yanzeo

Característica	Descripción
Rango de lectura	Menor o igual a 6 metros
Frecuencias de funcionamiento	860-960 MHz
Tamaño	5 x 5 centímetros
Tipo	Pasiva
Capacidad de memoria	512 bits
Modo de funcionamiento	Lectura/Escritura

Medición automática de producción de leche

El sistema de medición automática utiliza la información entregada por los medidores de flujo de leche instalados en la sala de ordeño de la hacienda. Debido a que no se pudo decodificar el protocolo de comunicación de la empresa propietaria, se desarrolló un sistema de reconocimiento de imágenes de los caracteres mostrados en los displays de cada medidor. Este sistema fue desarrollado en Python y OpenCV (librería de inteligencia artificial) y se dispuso de un computador de placa simple SBC AML-S905X-CC y 6 cámaras web de 1080 píxeles, conexión USB 2.0, con enfoque automático y compatibles con varios sistemas operativos (Cajamarca & Sanipatin, 2021).

Software de gestión ganadera

Se realizó un software de gestión con la finalidad de alimentar automáticamente la información proveniente de los sistemas de identificación automática de ganado y de medición automática de la producción de la leche. Este software es local y es operado desde el computador que haya en la hacienda.

Servidor web

La base de datos de la hacienda, que es gestionada en MYSQL, está instalada en un computador con Windows Server 2016. Windows Server es una plataforma que sirve para compilar redes, aplicaciones y servicios web que están conectados del grupo de trabajo al centro de datos, el acceso a este será mediante una ip pública. Dentro de este mismo computador está instalado el programa NODE-RED, que es una herramienta de desarrollo que se basa en flujo para lo que es programación visual, para de esta manera conectar dispositivos de hardware, API's (Interfaces de programación de aplicaciones) y servicios en línea como parte de la Internet de las cosas. NODE-RED será de gran importancia, pues será la herramienta para conectar a la base de datos a internet y de forma consecuente programar los servicios que serán consumidos por la aplicación.

Diseño general

El sistema de la aplicación móvil está compuesto por hardware y software. Por esta razón el diseño general se dividió en estas dos secciones, hardware y software. En cada una de estas secciones se va a plantear las características que va a necesitar cada uno de los elementos que las componen.

Hardware

Dispositivo móvil. El dispositivo móvil es el celular o Tablet en el cual se va a instalar la aplicación. Este dispositivo debe necesariamente tener las siguientes características:

- Sistema operativo Android 7 o posterior, o iOS 11 o posterior
- Cámara trasera
- Sistema de reconocimiento para movimiento, es decir acelerómetros y giroscopios

Lector RFID. Para mantener compatibilidad con el sistema instalado en la hacienda, el lector RFID propuesto debe poder leer las etiquetas de las cabezas de ganado y así obtener su identificación. De esta manera, a continuación, en la Tabla 5 se presenta los parámetros técnicos del lector propuesto, en la Figura 7 se lo ve en su forma física y en el Apéndice A se muestra su manual de usuario. El dispositivo antes mencionado cuenta con la ventaja de ser plug and play, esto quiere decir que el usuario únicamente conectará el lector a su dispositivo celular, este se alimentará y ya podrá ser usado para leer las etiquetas de los animales.

Tabla 5

Tabla de parámetros técnicos de lector RFID

Parámetro	Descripción
Nombre	SR360 UHF READER
Frecuencia de trabajo	Estándar americano (902~928MHz)

Parámetro	Descripción
Parámetros de antena	Antena de polarización circular de 2dBi (incorporada)
Potencia de salida	12.5dBm~26dBm (software ajustable)
Distancia de lectura	Distancia máxima de lectura de la etiqueta: 0,5 m (La distancia puede variar con características extras como potencia de transmisión, el tipo de antena, el tipo de etiqueta y el entorno de aplicación)
Interfaz de alimentación:	+5V DC
Interfaz de comunicación	Puerto serial virtual USB
Tamaño	104mm×65mm×14mm

Figura 7

Lector RFID usado con la aplicación



Servidor. El servidor es un computador que es perteneciente a una red de información, el cual brinda servicios específicos a varios clientes. Este servidor debe cumplir con ciertos requisitos, entre los más importantes: Procesador de 64 bits, a 1.4 GHz

- Como mínimo 2GB de memoria
- Como mínimo 512MB de memoria RAM
- Tarjeta NI con ancho de banda de 1 Gbps, como mínimo
- Disco duro rígido: 32 GB

Software

Figura 8

Funcionamiento general del sistema



Para cumplir con la finalidad del presente proyecto de titulación de facilitar el acceso a la información en campo y a la toma de decisiones, se propone implementar una aplicación en la que el usuario podrá acceder a 6 registros de la hacienda: registro productivo, registro genealógico, registro de reproducción, registro de veterinaria, registro de pastoreo y registro de geolocalización. Con este acceso se podrá visualizar la información de cada uno de estos registros para cada una de las vacas. Es importante mencionar que, para el registro de geolocalización, el usuario podrá ver en un mapa la ubicación exacta del animal haciendo uso de servicios de Google, esto en caso de que este no se encuentre a la vista de los productores. Sumado a esto se va a añadir una funcionalidad con realidad aumentada a la aplicación, con el fin de usar representaciones 3D para determinar si la condición física de los animales se encuentra dentro de los parámetros óptimos. Considerando que la aplicación es para usar en campo, se le va a añadir una funcionalidad en la que el usuario pueda insertar información en la base de datos sin necesidad de estar en el computador en el cual está la base.

Para el desarrollo de estas funcionalidades la aplicación se va a conectar al servidor y va a solicitar el uso de 3 servicios, inicio de sesión para el usuario, búsqueda de identificación del animal e inserción de datos. Esta conexión por supuesto se va a establecer mediante internet, por lo que, de perderse la conexión a internet durante el uso de la aplicación, se visualizarán en las pantallas los últimos datos cargados, es decir la información del último animal identificado.

Requisitos funcionales. Los requisitos funcionales son la declaración de cómo debe comportarse un sistema, es decir, en este caso definen lo que la aplicación debe hacer para satisfacer las necesidades o expectativas del usuario. Dado que la hacienda “Bellavista” cuenta con un sistema de gestión y su respectiva base de datos, es importante considerar los distintos registros y atributos a los que se conectará la aplicación móvil. La base de datos está implementada en MySQL y sus detalles se describen en el Apéndice B.

Una vez considerada la información de la base de datos, se ha determinado los requerimientos funcionales de la aplicación, mismos que se describen a continuación, a manera de funciones descritas como conjunto de entradas, comportamiento y salidas.

Iniciar sesión

- **Entradas:** usuario de la aplicación debe ingresar el nombre de usuario y contraseña.
- **Comportamiento:** los datos ingresados en usuario y contraseña son consultados en la base de datos.
- **Salidas:** si existe el usuario y la contraseña es válida, se podrá acceder a la sección de búsqueda individual de ganado por identificación RFID, y de ser lo contrario se informa al usuario que los datos son incorrectos.

Buscar ganado

- **Entradas:** en identificación se coloca el número de identificación del ganado, sea manualmente o al realizar la lectura de la etiqueta RFID del animal.
- **Comportamiento:** se realiza la consulta de información en la base de datos con esa identificación.
- **Salidas:** si existe la identificación del animal, se podrá acceder a la información del mismo, su producción, genealogía, reproducción, veterinaria, pastoreo, geolocalización del animal y se podrá mover, rotar y fijar su representación gráfica en 3D, caso contrario no se despliega información.

Registros de producción

Búsqueda por fechas

- **Entradas:** El usuario puede realizar búsquedas de la producción del animal encontrado, por años (AAAA inicial – AAAA final), por año y fecha (AAAA-MM inicial – AAAA-MM final) y por año, fecha y día (AAAA-MM-DD inicial – AAAA-MM-DD final).
- **Comportamiento:** se realiza consulta de información en la base de datos con ese rango de fechas.
- **Salidas:** si existe el rango de fechas se podrá acceder a la información del animal en cuanto a su producción en ese lapso de tiempo, caso contrario no se despliega información.

Búsqueda de enfermedades por mastitis clínica y mastitis subclínica

- **Entradas:** el usuario puede realizar búsquedas de casos de mastitis clínica y mastitis subclínica del animal encontrado, por fecha de detección (AAAA-MM-DD).
- **Comportamiento:** se realiza la consulta de información en la base de datos con respecto a esa fecha.
- **Salidas:** si existe la fecha, se podrá acceder a la información del animal en cuanto a sus enfermedades con respecto a su fecha de detección, caso contrario no se despliega información.

Ingreso de casos de mastitis clínica y mastitis subclínica

- **Entradas:** El usuario puede ingresar casos de mastitis clínica y mastitis subclínica del animal encontrado, escribiendo datos en los campos: *fecha, detección, resultado, cuarto afectado y tratamiento*.
- **Comportamiento:** Se realiza el registro de la información ingresada en la base de datos con respecto a ese animal.

- **Salidas:** se indica al usuario el estado del ingreso de datos, si fue exitoso o fallido.

Genealogía: Visualizar registro genealógico de acuerdo a identificación de ganado

- **Entradas:** El usuario puede ver información acerca de la genealogía (baja, fecundación, género y tipo) del animal encontrado, de acuerdo a su identificación de ganado.
- **Comportamiento:** se realiza la consulta de información en la base de datos con respecto a esa identificación.
- **Salidas:** si existe la identificación, se podrá acceder a la información del animal en cuanto a su genealogía con respecto a su identificación, caso contrario no se despliega información.

Registros de reproducción

Búsqueda por número de preñez

- **Entradas:** El usuario puede realizar búsquedas de la reproducción del animal encontrado, de acuerdo a su número de su preñez.
- **Comportamiento:** se realiza la consulta de información en la base de datos con respecto a ese número.
- **Salidas:** si existe el número, se podrá acceder a la información del animal en cuanto a su reproducción con respecto a su número de preñez, caso contrario no se despliega información.

Búsqueda por identificación de cría

- **Entradas:** El usuario puede realizar búsquedas del parto del animal encontrado, de acuerdo a la identificación de su cría.
- **Comportamiento:** se realiza la consulta de información en la base de datos con respecto a esa identificación.

- **Salidas:** si existe la identificación, se podrá acceder a la información del animal en cuanto a su parto con respecto a la identificación de su cría, caso contrario no se despliega información.

Visualizar celo, fecundación y secado de acuerdo a identificación de ganado

- **Entradas:** El usuario puede ver información acerca del celo, fecundación y secado del animal encontrado, de acuerdo a su identificación de ganado.
- **Comportamiento:** se realiza la consulta de información en la base de datos con respecto a esa identificación.
- **Salidas:** si existe la identificación, se podrá acceder a la información del animal en cuanto a su reproducción con respecto a su identificación de ganado, caso contrario no se despliega información.

Ingresar reproducción

- **Entradas:** El usuario puede ingresar información de reproducción del animal encontrado, escribiendo datos en los campos: *preñez, tipo, nombre de pajuela o toro, fecha fecundación y observaciones.*
- **Comportamiento:** Se realiza el registro de la información ingresada en la base de datos con respecto a ese animal.
- **Salidas:** se indica al usuario el estado del ingreso de datos, si fue exitoso o fallido.

Ingresar parto

- **Entradas:** El usuario puede ingresar información de parto del animal encontrado, escribiendo datos en los campos: *identificación cría, nombre cría, destino cría, sexo cría y fecha de parto.*
- **Comportamiento:** Se realiza el registro de la información ingresada en la base de datos con respecto a ese animal.
- **Salidas:** se indica al usuario el estado del ingreso de datos, si fue exitoso o fallido.

Ingresar celo, fecundación y secado

- **Entradas:** El usuario podrá indicar que el animal está en celo, que su fecundación fue exitosa o no exitosa, y si el proceso de secado fue llevado a cabo o no.
- **Comportamiento:** Se realiza el registro de la información ingresada en la base de datos con respecto a ese animal.
- **Salidas:** se indica al usuario el estado del ingreso de datos, si fue exitoso o fallido.

Registro veterinario

Buscar enfermedad por síntomas

- **Entradas:** El usuario puede realizar búsquedas de enfermedades del animal encontrado, por síntomas.
- **Comportamiento:** se realiza consulta de información en la base de datos con respecto a esa identificación.
- **Salidas:** si existe el síntoma, se podrá acceder a la información del animal en cuanto a su registro veterinario con respecto a síntomas sufridos.

Buscar fármaco por su tipo

- **Entradas:** El usuario puede realizar búsquedas de fármacos usados en el animal encontrado, de acuerdo a su tipo.
- **Comportamiento:** se realiza consulta de información en la base de datos con respecto a esa identificación.
- **Salidas:** si existe el tipo, se podrá acceder a la información del animal en cuanto a su registro veterinario con respecto a tipo de fármacos utilizados, caso contrario no se despliega información.

Buscar por nombre de vacuna

- **Entradas:** El usuario puede realizar búsquedas de vacunas del animal encontrado, por nombre de vacuna.

- **Comportamiento:** se realiza consulta de información en la base de datos con respecto a esa identificación.
- **Salidas:** si existe el nombre, se podrá acceder a la información del animal en cuanto a su registro veterinario con respecto a su nombre de vacunas aplicadas, caso contrario no se despliega información.

Buscar por nombre de veterinario

- **Entradas:** El usuario puede realizar búsquedas del veterinario del animal encontrado, por nombre de veterinario.
- **Comportamiento:** se realiza consulta de información en la base de datos con respecto a esa identificación.
- **Salidas:** si existe el nombre, se podrá acceder a la información del animal en cuanto a su registro veterinario con respecto a la identificación de veterinarios que lo atendieron, caso contrario no se despliega información.

Ingresar enfermedad

- **Entradas:** El usuario puede ingresar información de enfermedad del animal encontrado, escribiendo datos en los campos: *uso de fármaco, síntomas, observaciones, fecha inicio, fecha fin, foto inicio y foto fin.*
- **Comportamiento:** Se realiza el registro de la información ingresada en la base de datos con respecto a ese animal.
- **Salidas:** se indica al usuario el estado del ingreso de datos, si fue exitoso o fallido.

Ingresar fármaco

- **Entradas:** El usuario puede ingresar información del fármaco aplicado en el animal encontrado, escribiendo datos en los campos: *dosis, tipo de fármaco, fecha de aplicación, días retiro de leche y observaciones.*
- **Comportamiento:** Se realiza el registro de la información ingresada en la base de datos con respecto a ese animal.

- **Salidas:** se indica al usuario el estado del ingreso de datos, si fue exitoso o fallido.

Ingresar vacuna

- **Entradas:** El usuario puede ingresar información de la vacuna aplicada en el animal encontrado, escribiendo datos en los campos: *tipo, si/no, fecha de vacuna, observaciones, nombre de vacuna y foto.*
- **Comportamiento:** Se realiza el registro de la información ingresada en la base de datos con respecto a ese animal.
- **Salidas:** se indica al usuario el estado del ingreso de datos, si fue exitoso o fallido.

Ingresar veterinario

- **Entradas:** El usuario puede ingresar información del veterinario que atendió al animal encontrado, escribiendo datos en los campos: *fecha visita, identificación, razón, observaciones y foto.*
- **Comportamiento:** Se realiza el registro de la información ingresada en la base de datos con respecto a ese animal.
- **Salidas:** se indica al usuario el estado del ingreso de datos, si fue exitoso o fallido.

Pastoreo: Buscar por tipo de forraje y tipo de alimento

- **Entradas:** El usuario puede realizar búsquedas del pastoreo del animal encontrado de acuerdo a tipo de forraje y tipo de alimento.
- **Comportamiento:** se realiza consulta de información en la base de datos con respecto a esa identificación.
- **Salidas:** si existen los tipos, se podrá acceder a la información del animal en cuanto a su registro de pastoreo con respecto a los tipos de forraje y alimento, caso contrario no se despliega información.

Geolocalización: Buscar por tiempo de lectura

- **Entradas:** El usuario puede realizar búsquedas de la geolocalización del animal encontrado de acuerdo al tiempo de lectura.
- **Comportamiento:** se realiza la consulta de información en la base de datos con respecto a ese tiempo.
- **Salidas:** si existen los datos de localización con respecto al tiempo de lectura seleccionado se podrá acceder a la información del animal en cuanto a su geolocalización con respecto al tiempo de lectura.

Realidad aumentada: Iniciar, fijar y eliminar representación 3D

- **Entradas:** El usuario puede iniciar, fijar y eliminar una animación 3D de una vaca, pulsando los botones con el mismo nombre.
- **Comportamiento:** se muestra en la cámara la animación en realidad aumentada de la vaca de acuerdo a la condición en la que esté, se la puede fijar o a su vez eliminar.
- **Salidas:** el usuario puede ver una vaca entre un máximo de 5, las cuales representan 5 condiciones corporales.

Requisitos no funcionales

Los requisitos no funcionales por otro lado son las restricciones o los requisitos impuestos al sistema de la aplicación, estos no determinan una funcionalidad del sistema a desarrollar. A continuación, se presenta los requerimientos no funcionales de la aplicación.

Conectividad. El dispositivo celular necesita tener acceso a internet para de esta manera, comunicarse con el servidor y tener acceso al GPS con localización válida para que se muestre la localización actual en el mapa.

Persistencia. Los mecanismos del servidor deberían tener sistemas para evitar caídas en la conexión.

Facilidad de uso. La interfaz de la aplicación debe ser fácil e intuitiva para el usuario.

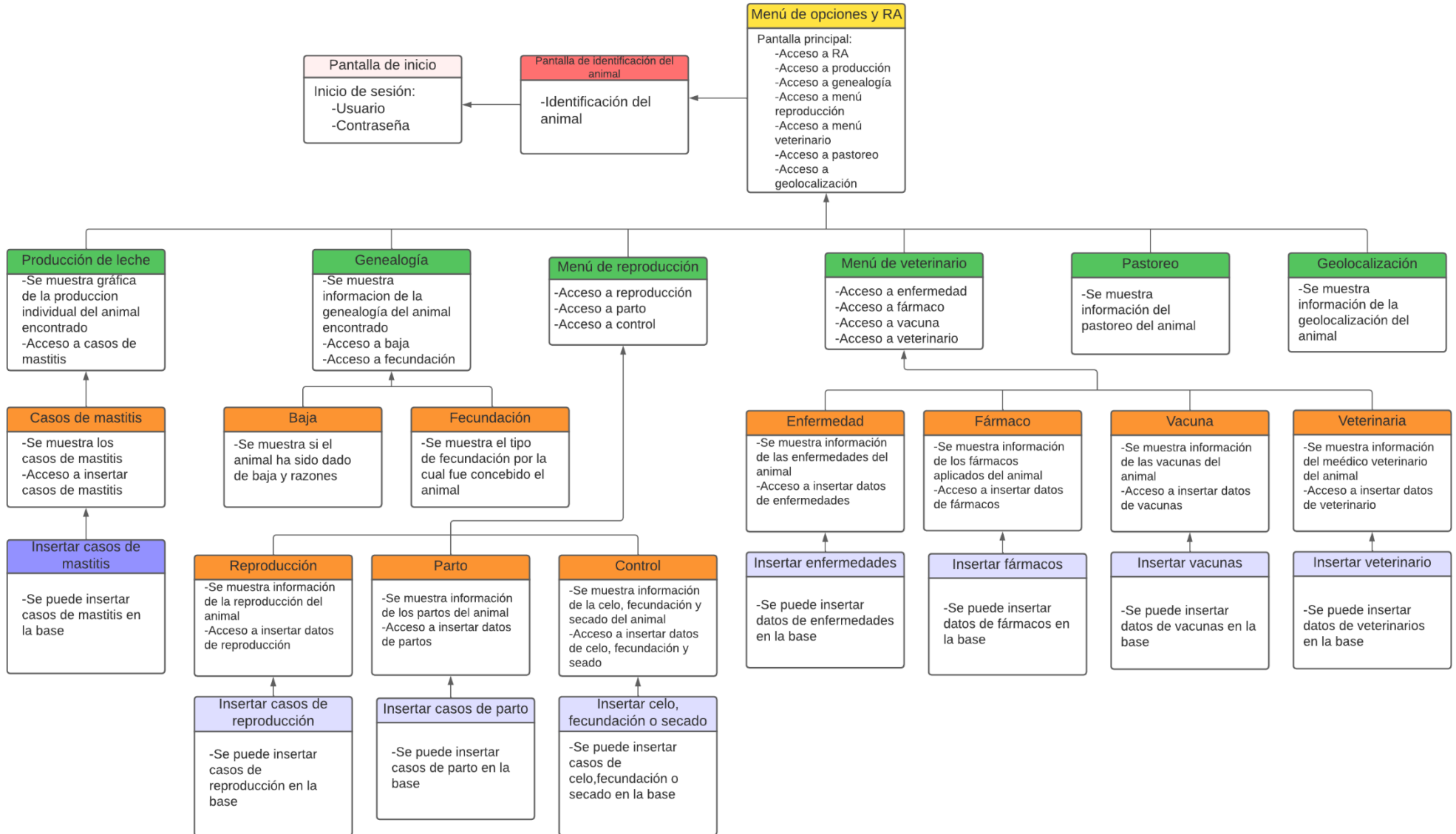
Integración. La aplicación solo funcionará para sistemas operativo Android que sean posteriores a la versión de su compilación de la aplicación.

Soporte. La aplicación debe ser actualizada y se deben resolver los problemas de los usuarios.

Una vez que se han establecido los requisitos funcionales y no funcionales de la aplicación, se propone la arquitectura de la aplicación que se muestra en la Figura 9. En esta se representan las diferentes pantallas que van a componer la aplicación.

En total se propone 27 pantallas, las cuales servirán al usuario para visualizar la información, como para insertar información. Las pantallas están organizadas de una manera tipo árbol genealógico, donde cada pantalla sólo puede ser llamada por la pantalla ascendente o descendente de acuerdo a lo mostrado en la Figura 9. De manera que, su navegación, es tal como se muestra en dicho esquema, es decir, por ejemplo, para acceder a la *Pantalla Fármaco*, se debe, iniciar el sistema, identificar el animal, acceder a la *pantalla Menú de opciones y RA*, luego a la *Pantalla Menú Veterinario* y recién allí a *Pantalla Fármaco*.

Figura 9
Arquitectura de la aplicación mostrada por pantallas



Como se mencionó anteriormente, para desplegar o ingresar información al sistema de gestión, la aplicación va a acceder a la base de datos de la hacienda. Para realizar este acceso se establece una conexión entre el servidor y la aplicación, haciendo uso de 3 servicios: el de login o inicio de sesión, el de búsqueda y el de insertar información. El servicio login es solicitado en la pantalla de inicio, al momento que el usuario ingresa su usuario y contraseña. El servicio búsqueda es solicitado en la pantalla de identificación del animal, al momento que se obtiene el código a través del lector RFID y se realiza la búsqueda del código en la base de datos. Finalmente, las pantallas: insertar casos de mastitis, insertar casos de reproducción, insertar casos de parto, insertar casos de celo, fecundación y secado, insertar enfermedades, insertar fármacos, insertar vacunas e insertar veterinario, solicitan al servicio insertar, con el cual se podrá ingresar información a la base de datos desde la aplicación.

Selección de software

Sistema operativo del dispositivo móvil

Un sistema operativo es un conjunto de programas que gestiona y administra los recursos de hardware y brinda servicios a los programas de la aplicación. Este se ejecuta de manera privilegiada respecto de los restantes.

En la actualidad, refiriéndose a teléfonos inteligentes existen dos sistemas operativos que han sido durante años, los dominantes en el mundo, estos son Android y iOS. La comparación de los aspectos más importantes de ambos se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6
Comparación entre sistema operativo iOS y Android

Aspectos	iOS	Android
Programación	OS X, UNIX (Código cerrado)	Linux (Código abierto)
Personalización	Las opciones de personalización son limitadas.	Se puede personalizar casi en su totalidad, su interfaz, la pantalla de inicio y widgets.
Actualizaciones	Más facilidad para lanzar actualizaciones y parches.	Las actualizaciones dependen de cada dispositivo.
Modelos de dispositivos en los que está disponible	iPhone y iPad.	Diversos fabricantes como Asus, Google, HMD Global, Huawei, Infinix Mobile, Kyocera, Lenovo, LG, Motorola, OnePlus, Oppo, Realme, Samsung, Sharp, Sony, Tecno, Vivo, Xiaomi, Zebra y ZTE.
Precio	Precios elevados	Se puede conseguir celulares con Android en todas las gamas y precios.
Seguridad	Apple ofrece más seguridad y privacidad.	Propensa a que aplicaciones ingresen malware al dispositivo

Aspectos	iOS	Android
Privacidad	Recopilación de datos de forma anónima.	Google recopila datos cifrados y tiene la opción para deshabilitarlo.

Como se ilustra en la Tabla 6, ambos sistemas operativos tienen sus ventajas y desventajas. Sin embargo, considerando aspectos como programación, variedad de dispositivos en el mercado y mejores precios, se seleccionó Android. Cabe destacar que el costo por ser un desarrollador y publicar una aplicación en la tienda de Google es menos costoso que en la tienda de iOS. Una vez seleccionado el sistema operativo, se procederá a seleccionar el motor de desarrollo de la aplicación. El nombre dado a la aplicación móvil de este proyecto es ***"Bellavista"***.

Motor de desarrollo de aplicación móvil

Existen varios entornos para el desarrollo de aplicaciones destinadas a dispositivos Android, como son: NativeScript, React Native, Ionic, Android Studio, Unity, entre otras. A continuación, en la Tabla 7 se muestran ciertas características de estos entornos.

Tabla 7

Características generales de entornos de desarrollo de aplicaciones

Entorno	Características
NativeScript	<ul style="list-style-type: none"> • Código abierto, lenguaje JavaScript • Útil para crear apps Android e iOS • Rendimiento nativo • Alta escalabilidad

Entorno	Características
React Native	<ul style="list-style-type: none"> • De fácil aprendizaje y con gran cantidad de información • Lenguaje JavaScript • Útil para crear apps Android • Rendimiento similar a una aplicación nativa • Facilidad de ver los cambios • Gran comunidad de usuarios
Ionic	<ul style="list-style-type: none"> • Código abierto para aplicaciones híbridas • Lenguaje HTML5, CSS y JavaScript • Gratis y de código abierto • Rendimiento rápido en cualquier dispositivo
Android Studio	<ul style="list-style-type: none"> • Lenguaje Java • Sistema de compilación flexible • Emuladores rápidos • Entorno unificado • Actualización de cambios en tiempo real • Facilidad de uso
Unity	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de aplicaciones para hasta 25 plataformas • Facilidad de uso y aprendizaje • Renderizado de imágenes 2D y 3D • Lenguaje C# • Variedad de licencias • Gran comunidad de usuarios

Considerando que **“Bellavista”** tendrá una sección de Realidad Aumentada (RA), se

seleccionó a Unity como software para la implementación de la aplicación, tomando en cuenta que ofrece herramientas bastante útiles para crear aplicaciones de realidad aumentada enriquecidas y sumamente atractivas que interactúan de forma inteligente con el mundo real. El manual de instalación de este software se muestra en el Apéndice C.

Si bien es cierto, Unity es un software que centraliza todo lo necesario para poder desarrollar videojuegos en diversas plataformas, sin embargo, es una herramienta que no abarca solamente motores para el renderizado de imágenes, representaciones en 2D/3D, inserción de audios, inserción de animaciones, sino que a su vez brinda también herramientas de networking para aplicaciones de varios jugadores, herramientas de navegación NavMesh para Inteligencia Artificial o soporte de Realidad Virtual o Aumentada.

A continuación, se mencionan las ventajas de programar con Unity:

- Es una plataforma totalmente gratis, no se pagará nada a menos que el usuario/a haya vendido por una cierta cantidad de dinero una iniciativa creada en esta plataforma.
- Abundante cantidad de información, incluyendo manuales y tutoriales, que se pueden encontrar tanto en su página oficial como en otros espacios.
- Comunidad bastante activa, que responde y plantea multitud de preguntas.
- Muy fácil de usar, por su estructura y lenguaje de programación fácil como es C#.
- Gran variedad y oportunidades de encontrar props, personajes, scripts, música o proyectos completos en la tienda oficial.

Diseño de la aplicación móvil

El diseño de la aplicación móvil inició con el desarrollo de los bocetos de cómo se verán las pantallas. Estos fueron diseñados tomando en cuenta lo mencionado en los requisitos

funcionales, los requisitos no funcionales y las características descritas en la arquitectura de la Figura 9.

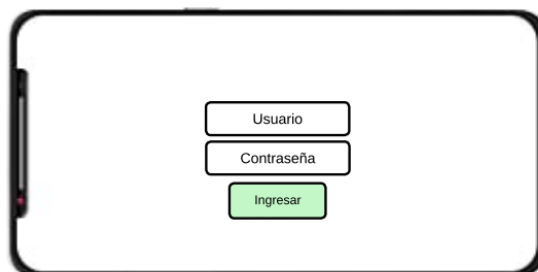
Bocetos de la aplicación

A continuación, se presentan los bosquejos de como un usuario vería la aplicación.

Inicio de sesión. La interfaz de esta pantalla incluye dos campos editables, *usuario* y *contraseña* (color blanco) para que el usuario pueda ingresar a la aplicación. Debajo está el botón *ingresar* (color verde) para validar los campos introducidos, esto se observa en la Figura 10.

Figura 10

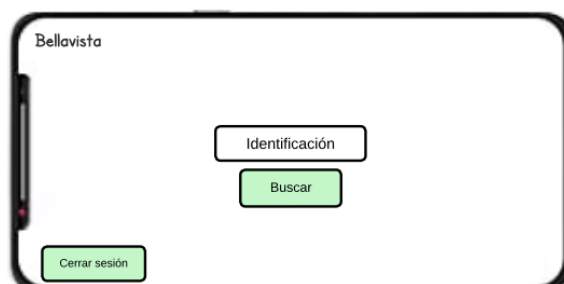
Boceto de la pantalla inicio de sesión



Identificación del animal. La interfaz de esta pantalla incluye un campo editable, *identificación* (color blanco) para que el usuario pueda ingresar manualmente o con el lector RFID la identificación del ganado. Debajo están los botones *buscar* y *cerrar sesión* (color verde) para validar el campo introducido y cerrar sesión respectivamente, esto se observa en la Figura 11.

Figura 11

Boceto de la pantalla identificación del animal



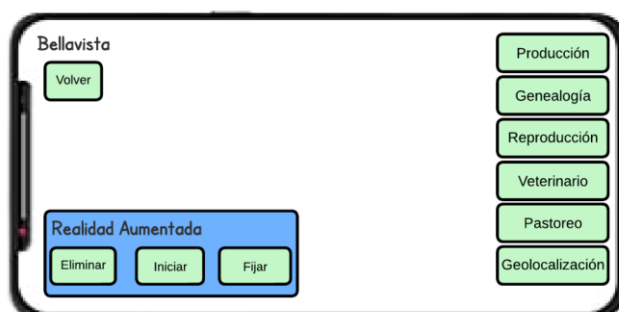
Menú de opciones. La interfaz de esta pantalla incluye los siguientes botones (color verde):

- **Volver:** Dirige a la pantalla de búsqueda de ganado.
- **Eliminar:** Eliminar representación gráfica 3D en realidad aumentada.
- **Iniciar:** Iniciar representación gráfica 3D en realidad aumentada.
- **Fijar:** Fijar representación gráfica 3D en realidad aumentada.
- **Producción:** Dirigir a pantalla de producción.
- **Genealogía:** Dirigir a pantalla de genealogía.
- **Reproducción:** Dirigir a pantalla de reproducción.
- **Veterinario:** Dirigir a pantalla de veterinario.
- **Pastoreo:** Dirigir a pantalla de pastoreo.
- **Geolocalización:** Dirigir a pantalla de geolocalización.

Lo descrito anteriormente se puede visualizar en la Figura 12.

Figura 12

Boceto de la pantalla menú de opciones

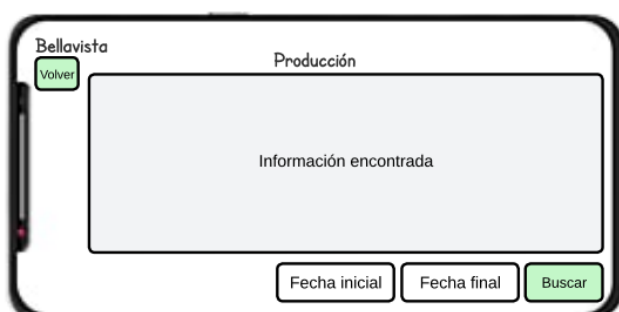


Visualización de la información del registro de producción

Producción de leche. La interfaz de esta pantalla incluye dos campos editables, *fecha inicial* y *fecha final* (color blanco) para que el usuario pueda ingresar el rango de fechas de la producción del animal encontrado. Incluye además dos botones, *volver* y *buscar* (color verde) para respectivamente volver al menú y validar los campos introducidos. En la Figura 13 se observa lo descrito anteriormente y un panel en color gris que representa el espacio en el cual se va a visualizar la información encontrada con respecto a fechas.

Figura 13

Boceto de la pantalla producción de leche

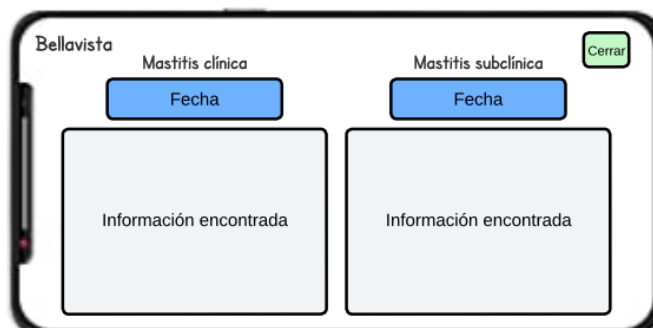


Casos de mastitis. La interfaz de esta pantalla incluye dos dropdown denominados *fecha* (color azul), que sirven para mostrar las diferentes fechas de detección de mastitis clínica y mastitis subclínica en cuadros combinados desplegables. Además, incluye un botón *cerrar* (color

verde) para cerrar la pantalla y volver a la pantalla de producción y paneles grises en los cuales se verá la información encontrada. Esto se visualiza en la Figura 14.

Figura 14

Boceto de la pantalla casos de mastitis

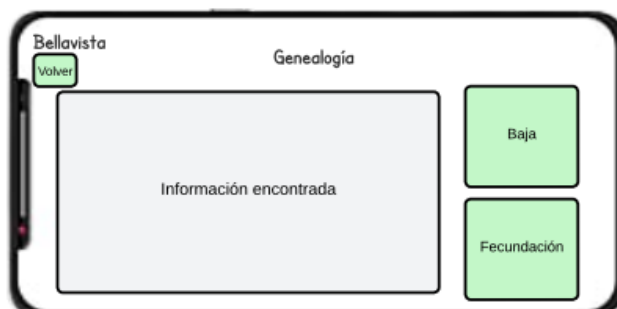


Genealogía. En el recuadro de información encontrada se desplegará la información de si el ganado es hembra o macho, indicando a que tipo pertenece. La interfaz de esta pantalla incluye los siguientes botones (color verde):

- **Volver:** Dirige a la pantalla menú.
- **Baja:** Dirige a la información de baja, que se muestra en el recuadro de información encontrada.
- **Fecundación:** Dirige a la información de fecundación, que se muestra en el recuadro de información encontrada.

Lo descrito anteriormente se puede visualizar en la Figura 15.

Figura 15
Boceto de la pantalla genealogía

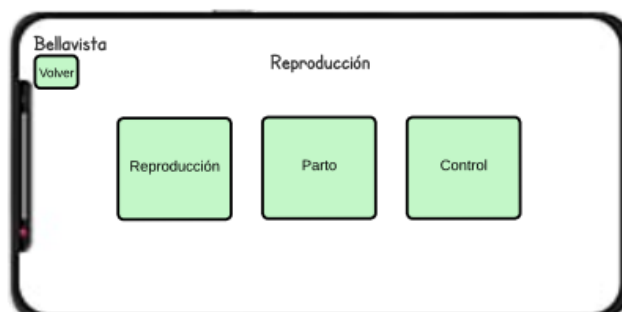


Menú de reproducción. La interfaz de esta pantalla incluye los siguientes botones (color verde):

- **Volver:** Dirige a la pantalla menú.
- **Reproducción:** Dirige a la pantalla reproducción.
- **Parto:** Dirige a la pantalla parto.
- **Control:** Dirige a la pantalla control.

Lo descrito anteriormente se puede visualizar en la Figura 16.

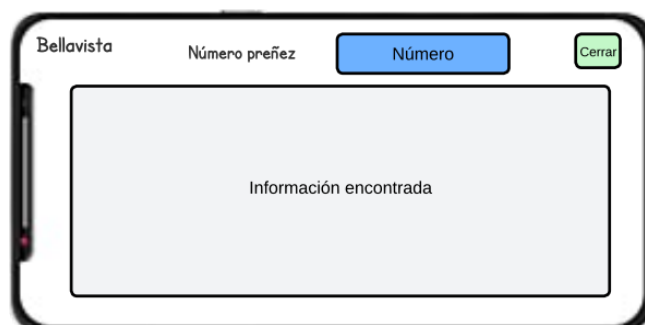
Figura 16
Boceto de la pantalla menú de reproducción



Reproducción. La interfaz de esta pantalla incluye un dropdown denominado *número* (color azul), que sirve para mostrar los diferentes números de preñez en un cuadro combinado desplegable. Además, incluye un botón *cerrar* (color verde) para cerrar la pantalla y volver a la

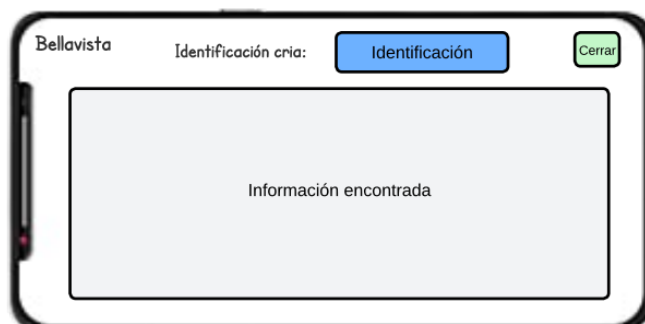
pantalla de reproducción y el panel gris en el cual se verá la información encontrada. Esto se visualiza en la Figura 17.

Figura 17
Boceto de la pantalla reproducción



Parto. La interfaz de esta pantalla incluye un dropdown denominado *identificación* (color azul), que sirve para mostrar las diferentes identificaciones de cría en un cuadro combinado desplegable. Además, incluye un botón *cerrar* (color verde) para cerrar la pantalla y volver a la pantalla de reproducción y el panel gris en el cual se verá la información encontrada. Esto se visualiza en la Figura 18 .

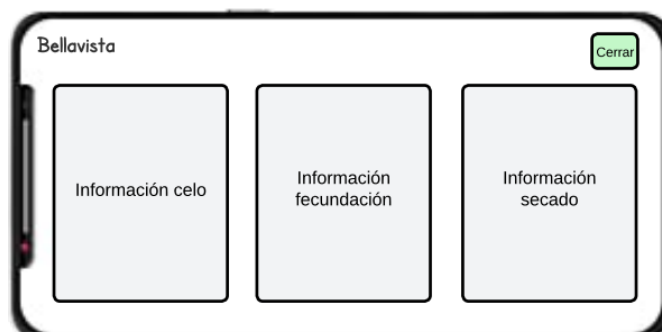
Figura 18
Boceto de la pantalla parto



Control. La interfaz de esta pantalla tiene 3 paneles en los cuales se despliega información de celo, fecundación y secado. Además, incluye un botón *cerrar* (color verde) para cerrar la pantalla y volver a la pantalla de reproducción. Esto se visualiza en la Figura 19.

Figura 19

Boceto de la pantalla control



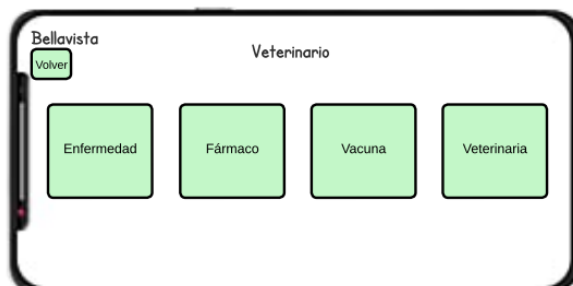
Menú de veterinario. La interfaz de esta pantalla incluye los siguientes botones (color verde):

- **Volver:** Dirige a la pantalla menú.
- **Enfermedad:** Dirige a la pantalla enfermedad de veterinario.
- **Fármaco:** Dirige a la pantalla fármaco de veterinario.
- **Vacuna:** Dirige a la pantalla vacuna de veterinario.
- **Veterinaria:** Dirige a la pantalla veterinaria de veterinario.

Lo descrito anteriormente se puede visualizar en la Figura 20.

Figura 20

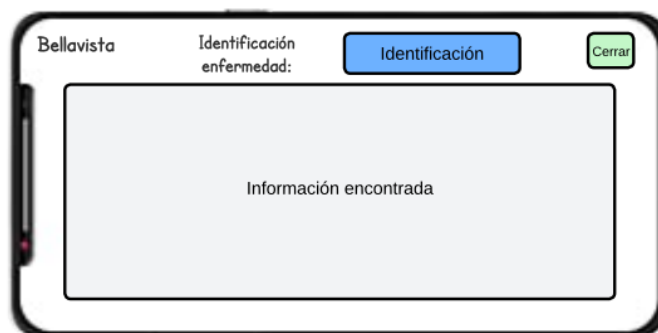
Boceto de la pantalla menú de veterinario



Enfermedad. La interfaz de esta pantalla incluye un dropdown denominado *identificación* (color azul), que sirve para mostrar las diferentes identificaciones de enfermedad en un cuadro combinado desplegable. Además, incluye un botón *cerrar* (color verde) para cerrar la pantalla y volver a la pantalla de veterinario y el panel gris en el cual se verá la información encontrada. Esto se visualiza en la Figura 21.

Figura 21

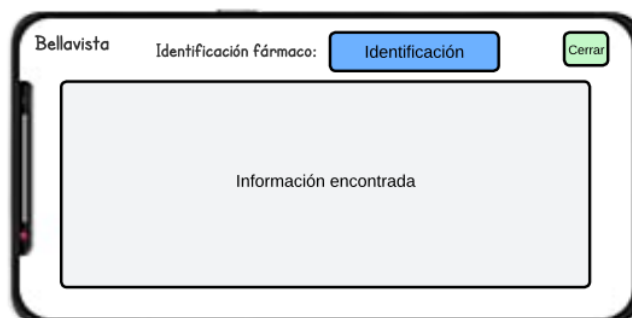
Boceto de la pantalla enfermedad



Fármaco. La interfaz de esta pantalla incluye un dropdown denominado *identificación* (color azul), que sirve para mostrar las diferentes identificaciones de fármaco en un cuadro combinado desplegable. Además, incluye un botón *cerrar* (color verde) para cerrar la pantalla y volver a la pantalla de veterinario y el panel gris en el cual se verá la información encontrada. Esto se visualiza en la Figura 22.

Figura 22

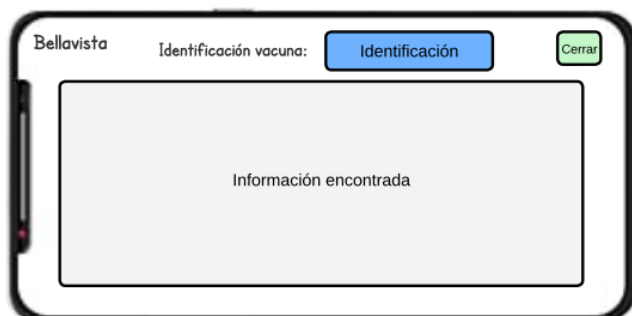
Boceto de la pantalla fármaco



Vacuna. La interfaz de esta pantalla incluye un dropdown denominado *identificación* (color azul), que sirve para mostrar las diferentes identificaciones de vacuna en un cuadro combinado desplegable. Además, incluye un botón *cerrar* (color verde) para cerrar la pantalla y volver a la pantalla de veterinario y el panel gris en el cual se verá la información encontrada. Esto se visualiza en la Figura 23.

Figura 23

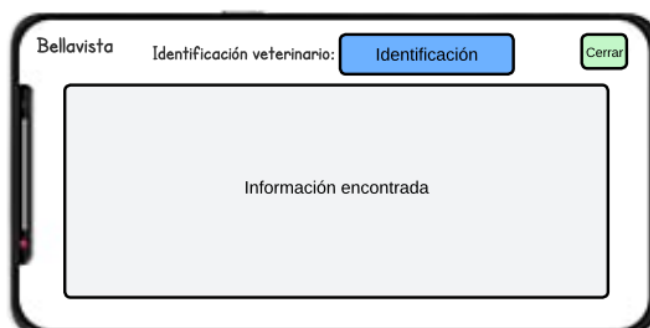
Boceto de la pantalla vacuna



Veterinaria. La interfaz de esta pantalla incluye un dropdown denominado *identificación* (color azul), que sirve para mostrar las diferentes identificaciones de veterinario en un cuadro combinado desplegable. Además, incluye un botón *cerrar* (color verde) para cerrar la pantalla y volver a la pantalla de veterinario y el panel gris en el cual se verá la información encontrada. Esto se visualiza en la Figura 24.

Figura 24

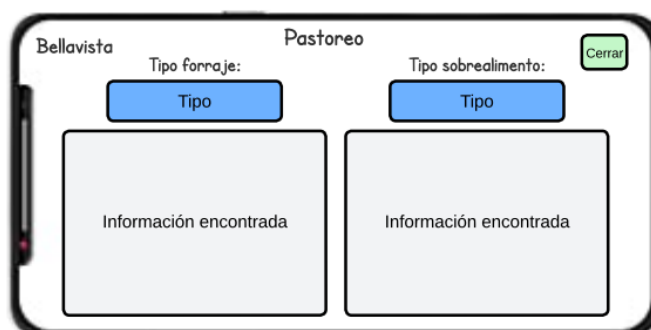
Boceto de la pantalla veterinaria



Pastoreo. La interfaz de esta pantalla incluye dos dropdown denominados *tipo* (color azul), que sirven para mostrar los diferentes tipos de forraje y tipos de sobrealimentos en cuadros combinados desplegados. Además, incluye un botón *cerrar* (color verde) para cerrar la pantalla y volver a la pantalla de veterinario y paneles grises en los cuales se verá la información encontrada. Esto se visualiza en la Figura 25.

Figura 25

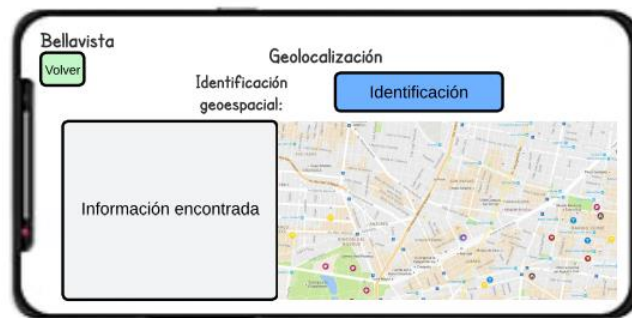
Boceto de la pantalla pastoreo



Geolocalización. La interfaz de esta pantalla incluye un dropdown denominado *identificación* (color azul), que sirve para mostrar las diferentes identificaciones de geoespacio en un cuadro combinado desplegable. Además, incluye un botón *volver* (color verde) para cerrar la pantalla y volver a la pantalla de menú y el panel gris en el cual se verá la información encontrada y el mapa con la ubicación del animal. Esto se visualiza en la Figura 26.

Figura 26

Boceto de la pantalla geolocalización



Programación de la aplicación móvil

Servicios web

En el presente proyecto se han programado varios servicios para interactuar entre la base de datos y la aplicación. Estos se encargarán de realizar consultas e ingresar información a la base de datos después de ser llamados por el usuario. A continuación, se expone de manera general los servicios que usará la aplicación.

Inicio de sesión (Login). En la Figura 27 se muestra el diagrama de flujo que indica el funcionamiento del servicio y en la Figura 28 se observa la implementación del mismo en NODE-RED, en el cual se realiza la consulta y validación de los datos ingresados por el usuario.

Figura 27
Diagrama de flujo de servicio Login

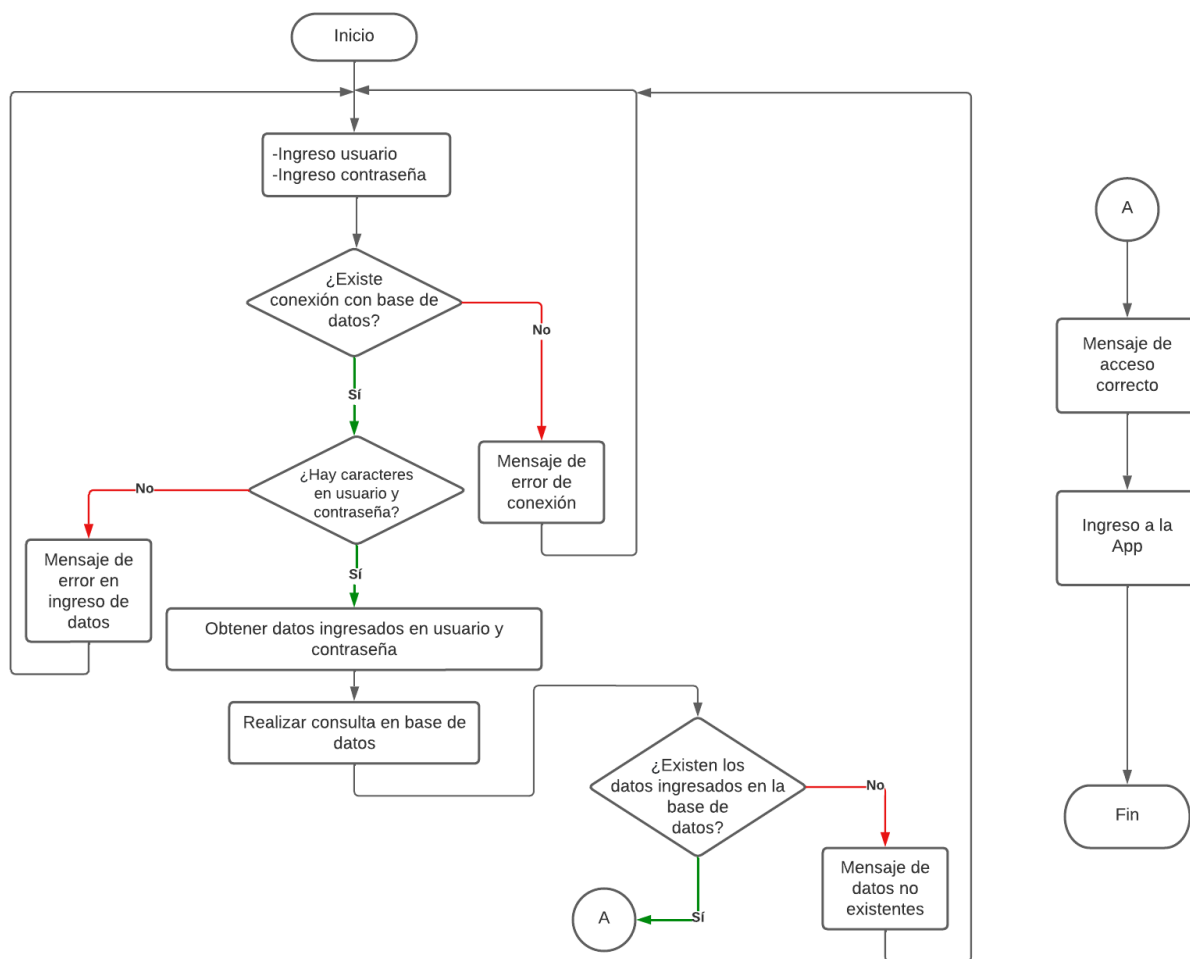
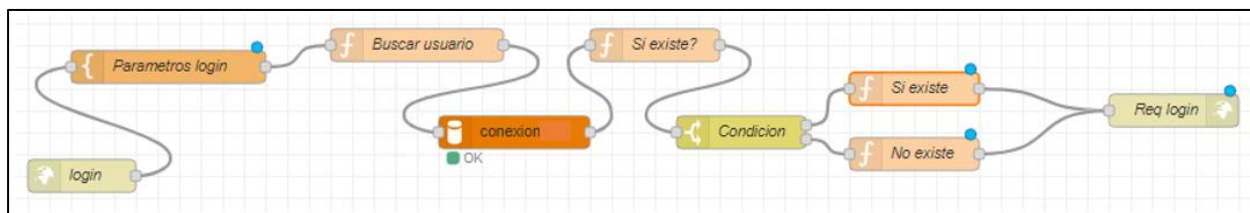


Figura 28
Implementación de servicio Login



En uso de la Figura 28, se describirá a breves rasgos el papel que desempeña cada uno de los bloques utilizados.

- **login:** se coloca el nombre del servicio en el requerimiento http, y además se escoge el método por el cual va a recibir la información, en este caso se utiliza el método **POST** (método para transmitir datos de una página a otra). Este método tiene una ventaja en cuanto a seguridad, ya que los datos transmitidos no son visibles al usuario de la web.
- **Parámetros Login:** dentro de este bloque se coloca en sintaxis JSON los parámetros que recibirá el servicio desde la aplicación, tal como se muestra a continuación:

```

    {"{{payload. parametro1}}", "{{payload. parametro2}}"}
  
```

Donde:

- parametro1:** nombre del primer parámetro que envía la aplicación.
- parametro2:** nombre del segundo parámetro que envía la aplicación.

- **Buscar usuario:** en este bloque se realiza la petición de búsqueda a la base de datos a partir de los parámetros enviados, se usa "select" para seleccionar toda la fila donde coincidan los valores de los parámetros enviados. Esto se muestra a continuación:

```

msg. topic = "select * from Tabla where Atributo1 = ' "+msg.req.body.
parametro1+' ' and Atributo2 = ' "+msg.req.body. parametro2+' ' ";
  
```

Donde:

- **Tabla:** nombre de la tabla en la que se va a buscar datos.
- **+msg.req.body. parametro1+:** toma el valor del primer parámetro que envía la aplicación.
- **+msg.req.body. parametro2+:** toma el valor del segundo parámetro que envía la aplicación.

- **Atributo1:** atributo en el cual se busca coincidencia con el valor del primer parámetro que envía la aplicación.

- **Atributo2:** atributo en el cual se busca coincidencia con el valor del segundo parámetro que envía la aplicación.

- **Conexión:** Este bloque es programado para que se realice la conexión con la base en la cual se quiera hacer uso de sus registros para efectuar la búsqueda.
- **Si existe? – Condición - Si existe – No existe:** En estos bloques se comprueba si en la búsqueda coincidieron ambos parámetros con los valores de los registros, y de acuerdo a esto se envía una respuesta específica.
- **Req login:** este bloque es el encargado de enviar la respuesta http hacia la aplicación.

Como se mencionó antes, el servidor se va a comunicar con la aplicación, por lo que siempre debe darse un mismo tipo de respuesta a la misma. Por esta razón en este proyecto se utilizó el formato JSON para enviar esa respuesta. Esta respuesta va a variar de acuerdo al estado en que se encuentre la aplicación, pero siempre mostrará los siguientes elementos:

```
{"codigo":400,"mensaje":"Error intentando conectar"}
```

En código y mensaje se colocará la información de acuerdo a los estados de la aplicación, tal como se muestra en la Tabla 8.

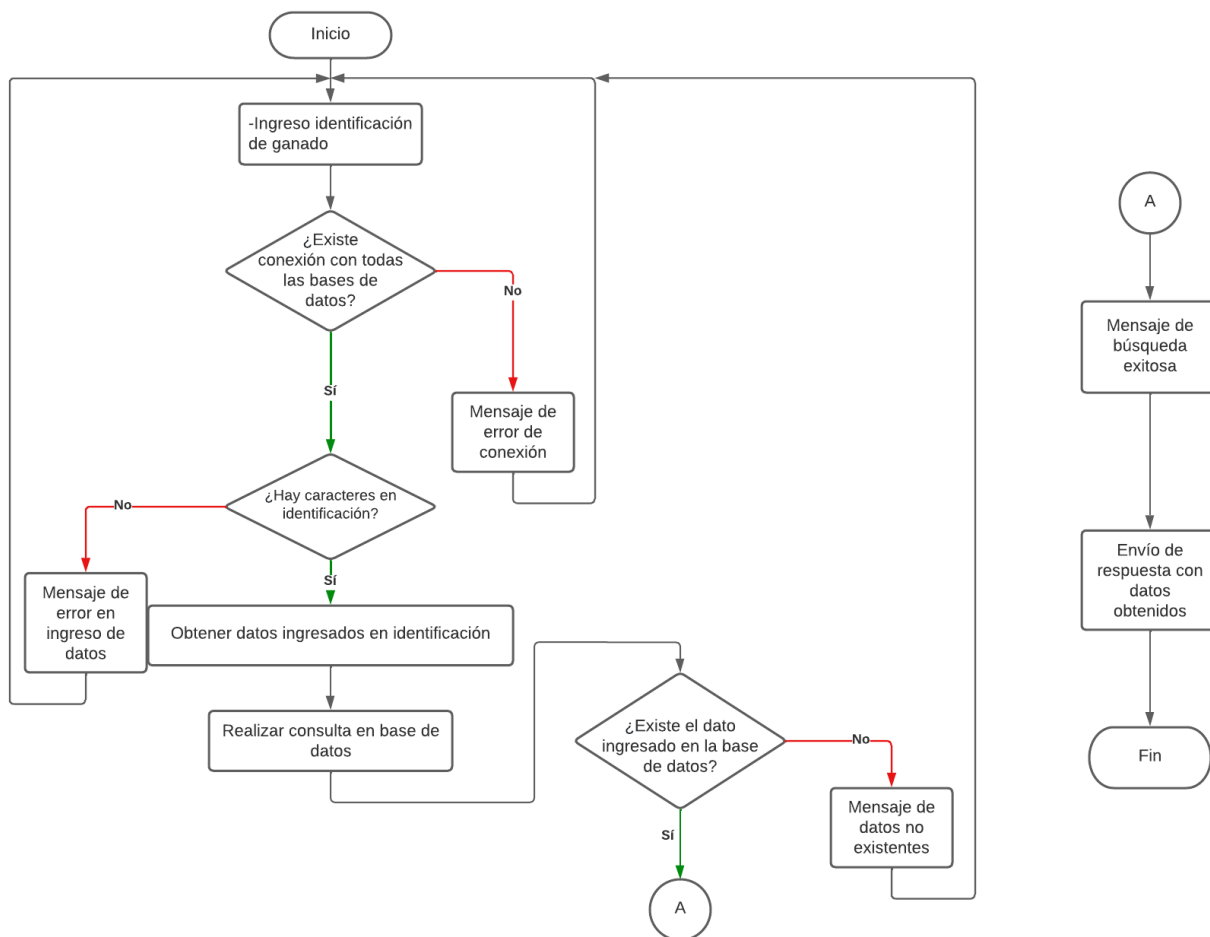
Tabla 8
Códigos de respuesta

Código	Respuesta
200	Conectado correctamente

201	El usuario existe
202	El usuario no existe
203	El usuario o la contraseña son incorrectos
204	Inicio de sesión correcto
205	La identificación no existe
206	Búsqueda exitosa
207	Identificación de ganado inexistente en algún(s) registro(s)
400	Error intentando conectar
401	Faltan datos para ejecutar

Búsqueda. En la Figura 29 se muestra el diagrama de flujo general de búsqueda que indica el funcionamiento del servicio.

Figura 29
Diagrama de flujo de servicio Búsqueda



En este caso el servicio implementado tiene tanta cantidad de variables como de atributos de todas las tablas juntas, por tal razón se describirá el proceso de búsqueda en una sola tabla (Producción), tomando en cuenta que para el resto de tablas será básicamente el mismo procedimiento, difiriendo en los atributos de la tabla y el nombre de la misma.

Figura 30

Implementación de servicio Búsqueda



En uso de la Figura 30, se describirá a breves rasgos el papel que desempeña cada uno de los bloques utilizados.

- **búsqueda:** se coloca el nombre del servicio en el requerimiento http, y además se escoge el método por el cual va a recibir la información, igual a como se hizo en el login.
- **Parámetros búsqueda:** dentro de este bloque se coloca en sintaxis JSON el parámetro que recibirá el servicio desde la aplicación, tal como se muestra a continuación:

```
{{{payload. parametro}}}
```

Donde:

-parametro: nombre del parámetro que envía la aplicación.

Este bloque servirá para todas las demás tablas, por lo que a partir de este saldrá la conexión a las mismas.

- **Buscar animal producción:** en este bloque se realiza la petición de búsqueda a la base de datos a partir del parámetro enviado, se usa "select" para seleccionar toda la fila donde coincida el valor del parámetro enviado. Esto se muestra a continuación:

```
msg.topic = "select * from Tabla where Atributo =
"+msg.req.body.parametro + " ";
```

Donde:

- **Tabla:** nombre de la tabla en la que se va a buscar datos.
 - **+msg.req.body. parametro+:** toma el valor del parámetro que envía la aplicación.
 - **Atributo:** atributo en el cual se busca coincidencia con el valor del parámetro que envía la aplicación.
- **Registro_productivo:** Este bloque es programado para que se realice la conexión con la base en la cual se quiera hacer uso de sus registros para efectuar la búsqueda.
 - **Si existe – Condición:** en estos bloques se verifica si existe o no el parámetro enviado en los atributos de la tabla seleccionada.
 - **Si existe:** en este bloque se asigna todas las coincidencias encontradas, organizadas todas en un arreglo por entidad o una variable por entidad. En la Figura 31 se puede observar un ejemplo de lo mencionado anteriormente.

Figura 31
Asignación de variables a entidades

```

1 var T_NumeroOrdeno="";
2 var T_NumeroOrdenoEnviar=[];
3 var T_FechaOrdeno="";
4 var T_FechaOrdenoEnviar=[];
5 var T_ProduccionLitros="";
6 var T_ProduccionLitrosEnviar=[];
7 var T_IdVacaEnviarPro="";
8 var variableobtenida = [];
9 variableobtenida = flow.get("variablemodificar");
10
11
12 for(var i=0;i<variableobtenida.length;i++)
13 {
14
15     T_IdVacaEnviarPro = variableobtenida[i].id_animal;
16     T_NumeroOrdenoEnviar[i] = variableobtenida[i].numero_ordeno;
17     T_FechaOrdenoEnviar[i] = variableobtenida[i].fecha_ordeno;
18     T_ProduccionLitrosEnviar[i] = variableobtenida[i].litros_ordeno;
19 }
20
21 flow.set("IdGanadoE",T_IdVacaEnviarPro);
22 flow.set("NumeroOrdenoE",T_NumeroOrdenoEnviar);
23 flow.set("FechaOrdenoE",T_FechaOrdenoEnviar);
24 flow.set("ProduccionLitroE",T_ProduccionLitrosEnviar);
25
26 return msg;

```

En este ejemplo de acuerdo al valor de **variableobtenida**, el cual indica cuantas coincidencias hubo en la búsqueda, se asigna valores a tres arreglos y a una variable, esto quiere decir que hay 4 atributos en la tabla en la que se realizó la búsqueda. Luego de esto se asigna estos arreglos y valores a nuevas variables para poder ser leídas en el archivo JSON explicado en un momento.

- **No existe:** en este bloque se asigna valores nulos en cada uno de los arreglos que hay por entidad, esto se puede observar en la Figura 32:

Figura 32

Asignación de valores nulos en variables de entidades

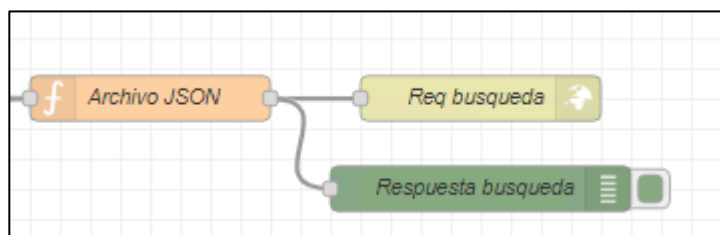
```

1 var T_NumeroOrdenoEnviar=[];
2 var T_FechaOrdenoEnviar=[];
3 var T_ProduccionLitrosEnviar=[];
4 var T_IdVacaEnviarPro="";
5
6
7 flow.set("IdGanadoE",T_IdVacaEnviarPro);
8 flow.set("NumeroOrdenoE",T_NumeroOrdenoEnviar);
9 flow.set("FechaOrdenoE",T_FechaOrdenoEnviar);
10 flow.set("ProduccionLitrosE",T_ProduccionLitrosEnviar);
11
12 return msg;

```

Figura 33

Implementación archivo JSON y envío de respuesta a aplicación



En la Figura 33 se muestra los bloques en los que se estructura el archivo JSON y su envío a la aplicación.

- **Archivo JSON:** en este bloque se construye el archivo JSON, a continuación, en la Figura 34 se muestra un ejemplo de lo mencionado anteriormente.

Figura 34

Ejemplo de construcción de archivo JSON

```
//PRODUCCION  
  
var IdGanado = flow.get("IdGanadoE");  
var NumeroOrdeno = flow.get("NumeroOrdenoE");  
var FechaOrdeno = flow.get("FechaOrdenoE");  
var ProduccionLitros = flow.get("ProduccionLitrosE");  
  
msg.payload = {  
  "codigo":codigo,"mensaje":mensaje,  
  "IdGanado":IdGanado,  
  "NumeroOrdeno":NumeroOrdeno,  
  "FechaOrdeno":FechaOrdeno,  
  "ProduccionLitros":ProduccionLitros}  
}
```

En este ejemplo se muestra cómo se obtiene las nuevas variables mencionadas antes, y como se las coloca dentro del archivo JSON a enviar.

- **Req búsqueda:** este bloque es el encargado de enviar la respuesta http hacia la aplicación.

Este proceso se repite para todas las demás tablas variando en lo que es el nombre de las tablas y de los atributos. En la Figura 35 se visualiza la respuesta final que se enviará a la aplicación después de realizar el proceso descrito anteriormente a todas las tablas.

Figura 35

Respuesta que se envía a la aplicación en cada petición del servicio búsqueda

```

msg.payload = {
  "codigo":codigo,"mensaje":mensaje,
  "IdGanado":IdGanado,
  "NumeroOrdeno":NumeroOrdeno,
  "FechaOrdeno":FechaOrdeno,
  "ProduccionLitros":ProduccionLitros,

  "Enf_IdGanado":Enf_IdGanado,
  "Enf_Sintomas":Enf_Sintomas,
  "Enf_Farmaco":Enf_Farmaco,
  "Enf_FechaInicio":Enf_FechaInicio,
  "Enf_FechaFin":Enf_FechaFin,
  "Enf_FotoInicio":Enf_FotoInicio,
  "Enf_FotoFin":Enf_FotoFin,
  "Enf_Observaciones":Enf_Observaciones,

  "Far_IdGanado":Far_IdGanado,
  "Far_DiasRetiro":Far_DiasRetiro,
  "Far_Tipo":Far_Tipo,
  "Far_FechaAnlicacion":Far_FechaAnlicacion,
  "Vac_IdGanado":Vac_IdGanado,
  "Vac_NombreVacuna":Vac_NombreVacuna,
  "Vac_Fecha":Vac_Fecha,
  "Vac_Foto":Vac_Foto,
  "Vac_Tipo":Vac_Tipo,
  "Vac_SiNo":Vac_SiNo,
  "Vac_Observaciones":Vac_Observaciones,

  "Vet_IdGanado":Vet_IdGanado,
  "Vet_IdVeterinario":Vet_IdVeterinario,
  "Vet_FechaVisita":Vet_FechaVisita,
  "Vet_Razon":Vet_Razon,
  "Vet_Foto":Vet_Foto,
  "Vet_Observaciones":Vet_Observaciones,

  "Forr_IdGanado":Forr_IdGanado,
  "Forr_CantidadDiaria":Forr_CantidadDiaria,
  "Forr_TipoForraje":Forr_TipoForraje,
  "Forr_FechaInicio":Forr_FechaInicio,
  "Forr_FechaFin":Forr_FechaFin,

  "Apare_IdGanado":Apare_IdGanado,
  "Apare_Nombre":Apare_Nombre,
  "Apare_FechaCelo":Apare_FechaCelo,

  "Parto_IdGanado":Parto_IdGanado,
  "Parto_Nombre":Parto_Nombre,
  "Parto_FechaParto":Parto_FechaParto,
  "Parto_NombreCria":Parto_NombreCria,
  "Parto_DestinoCria":Parto_DestinoCria,
  "Parto_IdCria":Parto_IdCria,
  "Parto_SexoCria":Parto_SexoCria,

  "Repro_IdGanado":Repro_IdGanado,
  "Repro_NumPrenez":Repro_NumPrenez,
  "Repro_Nombre":Repro_Nombre,
  "Repro_TipoFecundacion":Repro_TipoFecundacion,
  "Repro_NombreToroPaj":Repro_NombreToroPaj,
  "Repro_FechaFecun":Repro_FechaFecun,
  "Repro_ObservacionesEmb":Repro_ObservacionesEmb,

  "Baja_IdGanado":Baja_IdGanado,
  "Baja_IdProductor":Baja_IdProductor,
  "Baja_Nombre":Baja_Nombre,
  "Baja_FechaBaja":Baja_FechaBaja,
  "Baja_CausaBaja":Baja_CausaBaja,

  "Desc_IdComprador":Desc_IdComprador,
  "Desc_Peso":Desc_Peso,
  "Desc_ValorVenta":Desc_ValorVenta,
  "Desc_FechaDescarte":Desc_FechaDescarte,
  "Desc_Nombre":Desc_Nombre,

  "Esta_IdGanado":Esta_IdGanado,
  "Esta_IdProductor":Esta_IdProductor,
  "Esta_Nombre":Esta_Nombre,
  "Esta_Estado":Esta_Estado,
  "Esta_Observaciones":Esta_Observaciones,

  "Fecu_IdGanado":Fecu_IdGanado,
  "Fecu_IdProductor":Fecu_IdProductor,
  "Fecu_Fecundacion":Fecu_Fecundacion,
  "Fecu_TipoFecundacion":Fecu_TipoFecundacion,
  "Fecu_FechaFecundacion":Fecu_FechaFecundacion,

  "GaHe_IdGanado":GaHe_IdGanado,
  "GaHe_IdProductor":GaHe_IdProductor,
  "GaHe_Nombre":GaHe_Nombre,
  "GaHe_Tipo":GaHe_Tipo,

  "GaMa_IdGanado":GaMa_IdGanado,
  "GaMa_IdProductor":GaMa_IdProductor,
  "GaMa_Nombre":GaMa_Nombre,
  "GaMa_Tipo":GaMa_Tipo,

  "Madre_IdGanado":Madre_IdGanado,
  "Madre_IdProductor":Madre_IdProductor,
  "Madre_IdMadre":Madre_IdMadre,
  "Madre_Nombre":Madre_Nombre,
  "Madre_NombreMadre":Madre_NombreMadre,

  "Naci_IdGanado":Naci_IdGanado,
  "Naci_IdProductor":Naci_IdProductor,
  "Naci_Peso":Naci_Peso,
  "Naci_Nombre":Naci_Nombre,
  "Naci_Fecha":Naci_Fecha,
  "Naci_Observaciones":Naci_Observaciones,
  "Naci_Sexo":Naci_Sexo,

  "Padre_IdGanado":Padre_IdGanado,
  "Padre_IdProductor":Padre_IdProductor,
  "Padre_IdPadre":Padre_IdPadre,
  "Padre_Nombre":Padre_Nombre,
  "Padre_NombrePadre":Padre_NombrePadre,

  "MasSubCli_IdGanado":MasSubCli_IdGanado,
  "MasSubCli_SiNo":MasSubCli_SiNo,
  "MasSubCli_Resultado":MasSubCli_Resultado,
  "MasSubCli_CuartoAfectado":MasSubCli_CuartoAfectado,
  "MasSubCli_Tratamiento":MasSubCli_Tratamiento,
  "MasSubCli_FechaDeteccion":MasSubCli_FechaDeteccion,

  "Geo_IdGanado":Geo_IdGanado,
  "Geo_Latitud":Geo_Latitud,
  "Geo_Longitud":Geo_Longitud,
  "Geo_Altitud":Geo_Altitud,
  "Geo_FechaHora":Geo_FechaHora,
  "Geo_TiempoGuardado":Geo_TiempoGuardado,
  "Geo_Terreno":Geo_Terreno,

  "Conteo_GanadoMacho":Conteo_GanadoMacho,
  "Conteo_GanadoHembra":Conteo_GanadoHembra,

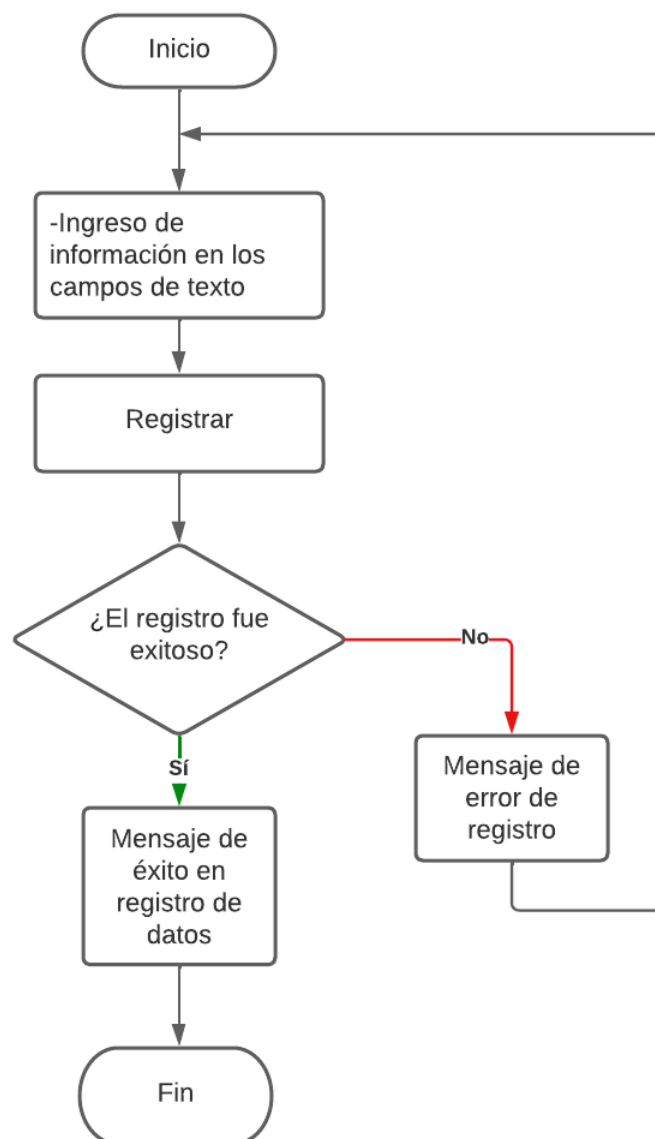
  "Control_Idvaca":Control_Idvaca,
  "Control_Embarazo":Control_Embarazo,
  "Control_Problema":Control_Problema,
  "Control_Secado":Control_Secado
}
};

```

Ingresar. En la Figura 36 se muestra el diagrama de flujo que indica el funcionamiento del servicio.

Figura 36

Diagrama de flujo de servicio Ingresar



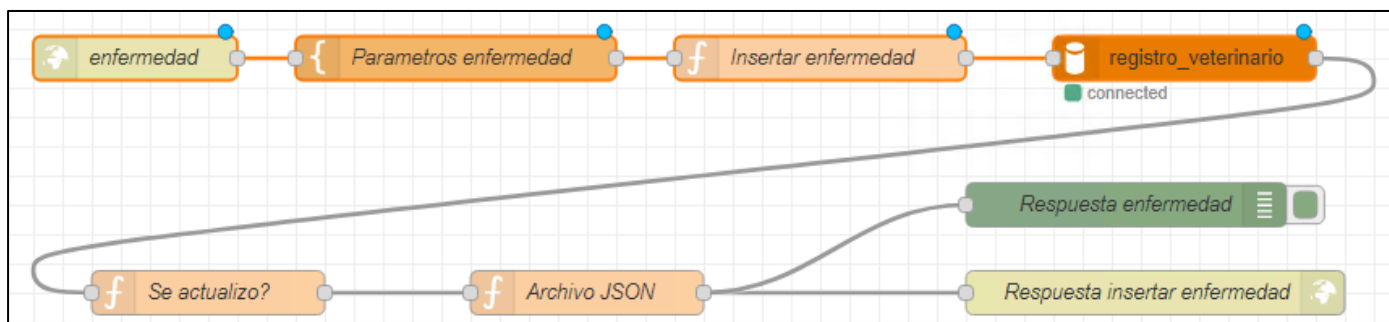
Este servicio se requerirá para registrar información en las siguientes tablas:

- Apareamiento
- Reproducción

- Parto
- Enfermedad
- Fármaco
- Vacuna
- Veterinario
- Mastitis clínica
- Mastitis subclínica

A continuación, se va a describir el proceso de registro para una sola tabla (enfermedad), tomando en cuenta que para el resto de tablas será básicamente el mismo procedimiento, difiriendo en los atributos de la tabla y el nombre de la misma.

Figura 37
Implementación de servicio Insertar



En uso de la Figura 37, se describirá a breves rasgos el papel que desempeña cada uno de los bloques utilizados.

- **enfermedad:** se coloca el nombre del servicio en el requerimiento http, y además se escoge el método por el cual va a recibir la información, igual a como se hizo en el login y búsqueda.

- **Parámetros enfermedad:** dentro de este bloque se coloca en sintaxis JSON los parámetros que recibirá el servicio desde la aplicación, tal como se muestra a continuación:

```
{{payload. parametro1}},{{payload. parametro2}},...{{payload. parametron}}
```

Donde:

- parametro1:** nombre del primer parámetro que envía la aplicación.
- parametro2:** nombre del segundo parámetro que envía la aplicación.
- parametron:** nombre del n parámetro que envía la aplicación.

- **Insertar parto:** en este bloque se realiza la petición de ingreso a la base de datos a partir de los parámetros enviados, se usa “insert into” para registrar todos los datos ingresados en la tabla correspondiente. Esto se muestra a continuación:

```
msg.topic = " insert into Tabla (atributo1, atributo2,..., atributon) values ('  
"+msg.req.body. parametro1+" ',"+msg.req.body. parametro2 +" ' ,...,'  
"+msg.req.body. parametron+" ')" ;
```

Donde:

- **Tabla:** nombre de la tabla en la que se va a buscar datos.
- **+msg.req.body. parametro1+:** toma el valor del primer parámetro que envía la aplicación.
- **+msg.req.body. parametro2+:** toma el valor del segundo parámetro que envía la aplicación.
- **+msg.req.body. parametron+:** toma el valor del n parámetro que envía la aplicación.
- **Atributo1:** primer atributo, en el cual se registra el valor del primer parámetro.

- **Atributo2:** segundo atributo, en el cual se registra el valor del segundo parámetro.

- **Atributon:** n atributo, en el cual se registra el valor del n parámetro.

- **Registro_veterinario:** Este bloque es programado para que se realice la conexión con la base en la cual se quiera hacer uso de sus tablas para efectuar el registro.
- **Se actualizo?:** En este bloque se verifica si el registro se llevó correctamente y se envía la respuesta correspondiente.
- **Archivo JSON:** en este bloque se construye el archivo JSON para ser enviado como respuesta.
- **Respuesta insertar enfermedad:** este bloque es el encargado de enviar la respuesta http hacia la aplicación.

Conexión de aplicación al servidor

Una vez que se ha configurado la respuesta del servidor, hay que enfocarse en Unity y cómo se va a conectar la aplicación al mismo. Para lo cual a continuación se va a describir el script con las clases que servirán para recibir la respuesta, este se lo puede ver en la Figura 38.

Figura 38
Clase servidor

```

7  [CreateAssetMenu(fileName = "Servidor", menuName = "Servidor", order = 1)]
   # Script de Unity | 3 referencias
8  public class Servidor : ScriptableObject
9  {
10 {
11     public string servidor;
12     public Servicio[] servicios;
13     public bool ocupado = false;
14     public Respuesta respuesta;
15 }
16
17     2 referencias
18     public IEnumerator ConsumirServicio(string nombre, string[] datos)
19     {
20         ocupado = true;
21         WWWForm formulario = new WWWForm();
22         Servicio s = new Servicio();
23         for (int i = 0; i < servicios.Length; i++)
24         {
25             if (servicios[i].nombre.Equals(nombre))
26             {
27                 s = servicios[i];
28             }
29             for (int i = 0; i < s.parametros.Length; i++)
30             {
31                 formulario.AddField(s.parametros[i], datos[i]);
32             }
33
34             UnityWebRequest www = UnityWebRequest.Post(servidor + "/" + s.URL, formulario);
35             Debug.Log(servidor + "/" + s.URL);
36             yield return www.SendWebRequest();
37
38             if (www.result != UnityWebRequest.Result.Success)
39             {
40                 respuesta = new Respuesta();
41             }
42             else
43             {
44                 Debug.Log(www.downloadHandler.text);
45                 respuesta = JsonUtility.FromJson<Respuesta>(www.downloadHandler.text);
46             }
47             ocupado = false;
48             www.Dispose();
49         }
50     }
51 }
52

```

La descripción que se ve a continuación es toda basada en la Figura 38. La clase servidor es de tipo **ScriptableObject**, esto es para permitir el almacenamiento de grandes cantidades de datos compartidos independientes de instancias de script. Dentro del servidor se llamarán los servicios, pero como es una llamada a internet se necesitará que se haga en un hilo diferente al hilo principal. Esto se logra con una corrutina (ejecuta un fragmento de código en varios marcos), esto se define en la línea 17. Para consumir un servicio lo que se tendrá como parámetro será el nombre del servicio y los datos que envía el usuario.

Dentro de la corrutina mencionada anteriormente se necesita hacer un pedido a internet, por lo que primero es necesario crear un formulario tal como se ve en la línea 20. Después de esto se va a obtener el servicio, recorriéndolo y verificando si es igual al nombre con que se realiza el pedido, dicha operación se realiza de las líneas 21 a 28. Inmediatamente de obtener el servicio hay que añadirle cada campo (dato) al mismo, y de esta manera estará listo el formulario que se enviará a la web, esto se realiza de las líneas 29 a 32.

De la línea 34 a 48 se realiza el envío del formulario al servidor, y si existiese algún inconveniente la respuesta será única e indicara el error, esta respuesta se define en la clase **Respuesta** que se mencionará más adelante. Si no existe ningún problema se obtendrá la respuesta enviada desde el servidor. Dentro de la clase servicio que se muestra en la Figura 39 se define el nombre, la URL y los parámetros que recibirá cada servicio.

Figura 39
Clase servicio

```
54 [System.Serializable]
    3 referencias
55 public class Servicio
56 {
57     public string nombre;
58     public string URL;
59     public string[] parametros;
60 }
61 }
```


Figura 40
Clase Respuesta

```

65 public class Respuesta 113 //PASTOREO 162 //GENEALOGIA 211 //Ganado Macho
66 { 114 163 212 public int TipGaMac_IdGanado;
67 public int codigo; 115 //Terreno 164 //Estado 213 public int[] TipGaMac_IdMacho;
68 public string mensaje; 116 165 214 public string[] TipGaMac_MachoEngorde;
69 //PRODUCCION 117 public int Ter_IdGanado; 166 public int[] Esta_IdEstado; 215 public string[] TipGaMac_Ternero;
70 118 167 public string[] Esta_ActivoBaja; 216 public string[] TipGaMac_Toro;
71 public int IdGanado; 119 168 //Fecha baja 217 218
72 public string[] FechaOrdeno; 120 169 public int Feba_IdGanado; 219
73 public int[] NumeroOrdeno; 121 170 public string[] Feba_IdFechaBaja; 220
74 public float[] ProduccionLitros; 122 171 public string[] Feba_CausaMuerte; 221
75 123 222
76 //VETERINARIA 124 172 public string[] Ter_Extension; 223
77 //Enfermedad 125 173 public string[] Ter_Foto; 224
78 126 174 //Fecha Nacimiento 225
79 public int Enf_IdGanado; 127 175 public int Fena_IdGanado; 226
80 public int[] Enf_IdEnfermedad; 128 176 public string[] Fena_FechaNacimiento; 227
81 public string[] Enf_Descripcion; 129 177 public string[] Fena_Observaciones; 228
82 public string[] Enf_FechaInicio; 130 //Tipo suministro 178 229
83 public string[] Enf_FechaFin; 131 179 230
84 public int[] Enf_Farmaco; 132 180 public int Fecu_IdGanado; 231
85 public string[] Enf_TipoFarmaco; 133 181 public int[] Fecu_Fecundado; 232
86 public string[] Enf_FotoInicio; 134 182 public int[] Fecu_Fecundado; 233
87 public string[] Enf_FotoFin; 135 183 public string[] Fecu_Monta; 234
88 public string[] Enf_Receta; 136 184 public string[] Fecu_InseminacionArtificial; 235
89 137 185 public string[] Fecu_FechaFecundacion; 236
90 //farmaco 138 186 //Madre 237
91 public int Far_IdGanado; 139 187 public int Mad_IdGanado; 238
92 public int[] Far_IdFarmaco; 140 188 public int[] Mad_IdMadre;
93 public string[] Far_Tipo; 141 //REPRODUCTIVO 189 190
94 public string[] Far_FechaAplicacion; 142 //Prenez 191
95 public string[] Far_FechaInclusion; 143 192
96 public string[] Far_Observaciones; 144 193
97 145 194 public int Pren_IdGanado;
98 //vacuna *0J0* 146 195 public int[] Pren_Numero;
99 public string Vac_IdGanado; 147 196 public int[] Pren_IdHijo;
100 public int[] Vac_IdVacuna; 148 197 public string[] Pren_TipoFecundacion;
101 public int[] Vac_VacunaBrucelosis; 149 198 public string[] Pren_FechaMonta;
102 public string[] Vac_Foto; 150 199 public string[] Pren_FechaParto;
103 public string[] Vac_Observaciones; 151 200 public string[] Pren_ObservacionesEmbarazo;
104 152 201 public string[] Pren_NombreHijo;
105 //veterinario *0J0* 153 202 public string[] Pren_DestinoHijo;
106 public string Vet_IdGanado; 154 203 public string[] Pren_SexoHijo;
107 public int[] Vet_IdVeterinario; 155 204
108 public string[] Vet_FechaVisita; 156 //Inseminacion 205
109 public string[] Vet_Razon; 157 206 public int Inse_Ganado;
110 public string[] Vet_Foto; 158 207 public string[] Inse_PajuelaA;
111 public string[] Vet_Observaciones; 159 208 public string[] Inse_PajuelaB;
160 209 public string[] Inse_PajuelaC;

```

```

1 referencia
public Respuesta()
{
    codigo = 404;
    mensaje = "Error";
}

```

En la Figura 40 se puede observar las variables en las que se va a recibir los arreglos y desde la respuesta del servidor. Es importante destacar que tienen los mismos nombres de la respuesta enviada, tal como se ve en la Figura 35. De igual manera en la línea 232 de la Figura 40 se muestra la respuesta única de la que se habló anteriormente.

Figura 41
Configuración servidor



En la Figura 41 se muestra como dentro de Unity debe configurarse el servidor, esto es colocando donde dice **servidor** la dirección del servidor al que se va a conectar y los servicios a consumir, con su nombre, url y parámetros.

Implementación de la aplicación

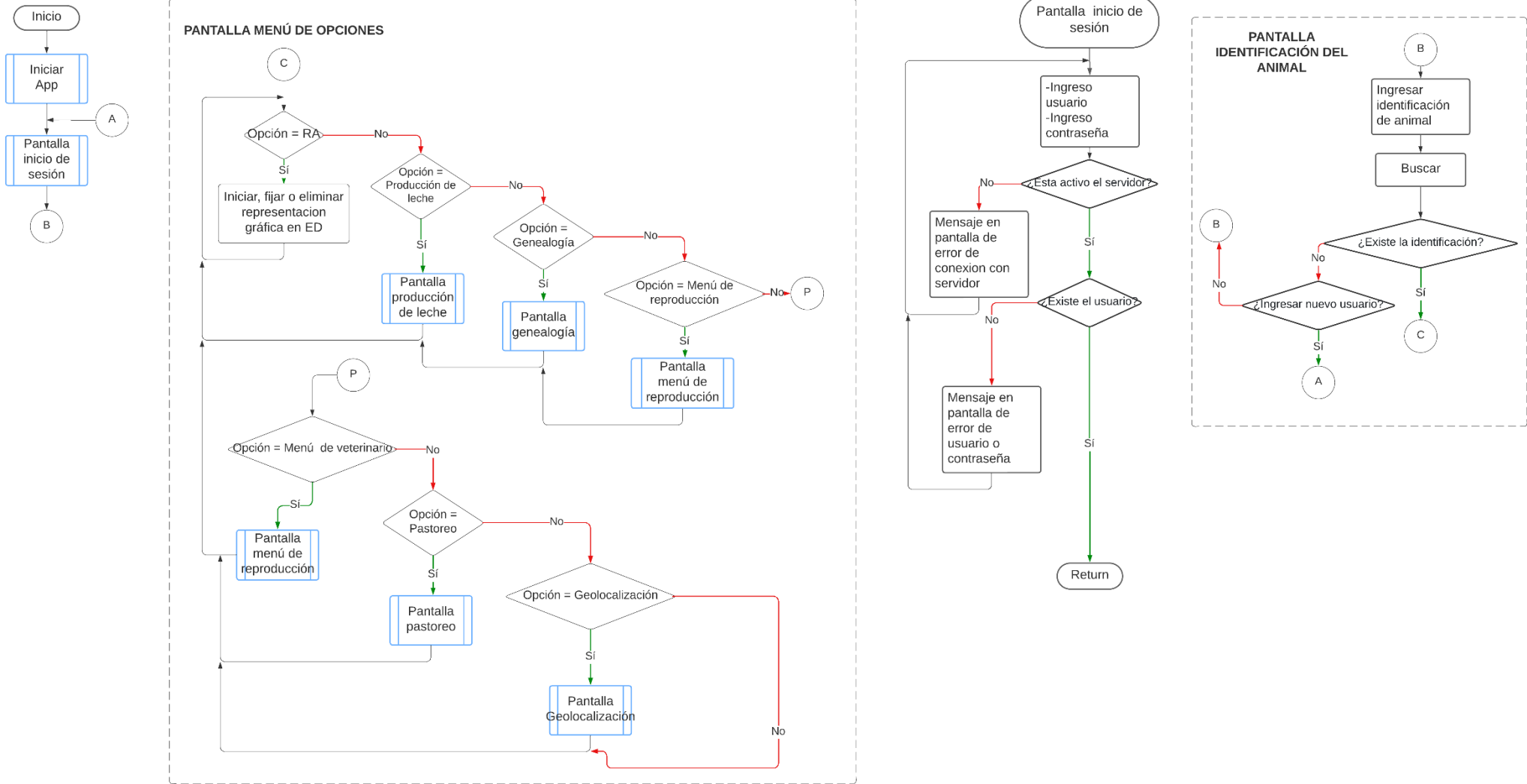
En este apartado se muestra el contenido final de las pantallas de la aplicación. Cada de uno de los servicios anteriores fueron implementados en las pantallas conforme se requería, así por ejemplo para las pantallas de *inicio de sesión* e *identificación del animal* se describirá el

código utilizado con el fin de ejemplificar las configuraciones adecuadas para que se conecten al servidor y se obtenga la respuesta correcta.

En la Figura 42 se muestra el diagrama de flujo con el funcionamiento de la aplicación de una manera general. En este diagrama se plasma como la aplicación va a funcionar una vez que sea iniciada en el dispositivo, ya cargada se va a solicitar al usuario dentro de la pantalla de inicio de sesión, su usuario y contraseña. De ser esta información correcta se pasa a la pantalla de identificación del animal, donde el usuario deberá acercar el lector al animal y detectar el código del mismo. Una vez obtenido el código se inicia la búsqueda y de ser exitosa, el usuario ya puede navegar en el menú de opciones, en el cual podrá escoger entre las 7 opciones, realidad aumentada, producción, genealogía, reproducción, veterinaria, pastoreo y geolocalización.

Cabe señalar que se ha tomado en cuenta las pantallas principales en el diagrama de flujo descrito, la estructura del resto de pantallas tiene ciertas similitudes por lo que iba a ser bastante repetitivo la descripción de las mismas. Por tal razón en el Apéndice D está el desarrollo de un diagrama de flujo genérico, con el cual rigen las demás pantallas.

Figura 42
Diagrama de flujo de funcionamiento aplicación Android



Inicio de sesión. En la pantalla de inicio de sesión, que se visualiza en la Figura 43, quien use la aplicación, tiene que colocar su usuario y contraseña y presionar el botón ingresar. Una vez presionado este botón se llama al script que se conectará con el servidor y consumirá el servicio **Login**. Dicho script se describirá brevemente a continuación.

Figura 43
Pantalla inicio de sesión



Figura 44
Script para consumo de servicio Login

```

42  IEnumerator Iniciar()
43  {
44      imCargando.SetActive(true);
45      string[] datos = new string[2];
46      datos[0] = inpUsuario.text;
47      datos[1] = inpContraseña.text;
48      StartCoroutine(servidor.ConsumirServicio("Login", datos));
49      yield return new WaitForSeconds(0.5f);
50      yield return new WaitUntil(() => !servidor.ocupado);
51      imCargando.SetActive(false);
52  }

```

En la Figura 44 se muestra el script que sirve para consumir el servicio Login. En las líneas 46 y 47 se obtiene el usuario y contraseña que ingreso el usuario y de manera seguida se consume al servicio Login desde el script del servidor asignándole como datos de búsqueda los ingresados por el usuario.

Identificación del animal. En la pantalla de detección de etiqueta y búsqueda de ganado, que se visualiza en la Figura 45, el usuario tiene que colocar la identificación del ganado, sea manualmente o con el lector RFID para acto seguido presionar el botón buscar. Una vez presionado este botón se llama al script que se conectará con el servidor y consumirá el servicio **Búsqueda**. Dicho script se describirá brevemente a continuación.

Figura 45
Pantalla detección de etiqueta y búsqueda de ganado



Figura 46
Script para consumo de servicio Búsqueda

```

181     IEnumerator Iniciar()
182     {
183         imCargando.SetActive(true);
184         string[] datos = new string[1];
185         datos[0] = inpIdentificacion.text;
186         StartCoroutine(servidor.ConsumirServicio("Busqueda", datos));
187         yield return new WaitForSeconds(0.5f);
188         yield return new WaitUntil(() => !servidor.ocupado);
189         imCargando.SetActive(false);
190     }

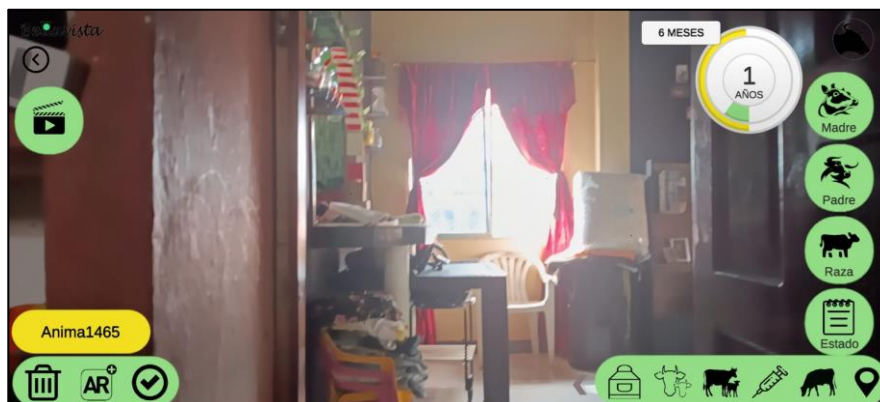
```

En la Figura 46 se muestra el script que sirve para consumir el servicio Búsqueda. En la línea 185 se obtiene la identificación de ganado que ingreso el usuario y de manera seguida se consume al servicio Búsqueda desde el script del servidor asignándole como dato de búsqueda el ingresado por el usuario.

Pantalla de menú de opciones y realidad aumentada

Figura 47

Pantalla de menú de opciones y realidad aumentada











En la Figura 47 se puede ver la pantalla donde se encuentra el menú implementado, pero además de esto, en este entorno la cámara también funciona, esto es para que el usuario pueda hacer uso de la realidad aumentada y a su vez acceder a los 6 registros que se mencionaron en apartados anteriores. A continuación, en la Tabla 9 se muestra las funciones de cada uno de los botones de esta ventana.

Tabla 9







Tabla de funciones de botones de la pantalla menú

Menú de opciones		
Sección	Botón	Función
Realidad aumentada		Eliminar gráfica del animal 3D mostrada en realidad aumentada
		Iniciar gráfica del animal 3D mostrada en realidad aumentada

Menú de opciones

Sección	Botón	Función
		Fijar gráfica del animal 3D mostrada en realidad aumentada
		Ingresar al registro productivo del animal encontrado
		Ingresar al registro genealógico del animal encontrado
		Ingresar al registro reproductivo del animal encontrado
Registros		Ingresar al registro veterinario del animal encontrado
		Ingresar al registro de pastoreo del animal encontrado
		Ingresar al registro de geolocalización del animal encontrado
Genealogía		Ver información de fecha de nacimiento del animal encontrado

Menú de opciones

Sección	Botón	Función
Genealogía		Ver información de madre del animal encontrado
		Ver información de padre del animal encontrado
		Ver información de raza del animal encontrado
		Ver información de estado del animal encontrado
		Ver videos informativos de la hacienda
General		Volver a la pantalla de búsqueda de ganado

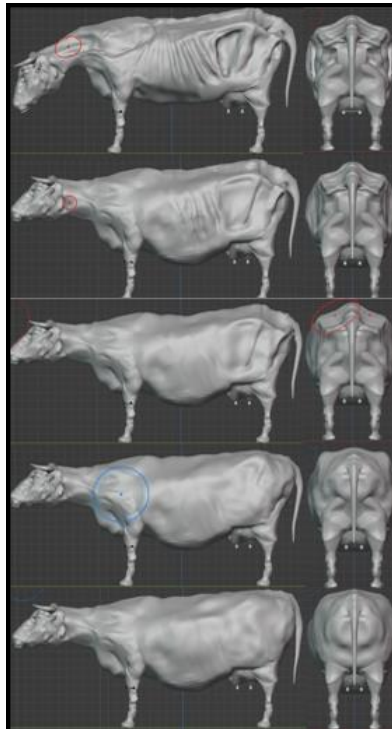
Diseño de ganado 3D. Como se observa en la Figura 48 hay una animación en 3D. Como este son varios diseños y todos fueron modelados en la aplicación blender (suite de creación de contenido 3D). Se planteó tener 5 modelos de animales, cada uno representando una condición corporal distinta.

Figura 48
Ejemplo de modelo 3D realizado



En la Figura 49 se muestra el diseño de los 5 animales representando las 5 condiciones corporales mencionadas anteriormente. Estos están ordenados de la condición 1 (que es un animal bastante flaco) hasta la condición 5 (que es un animal bastante gordo).

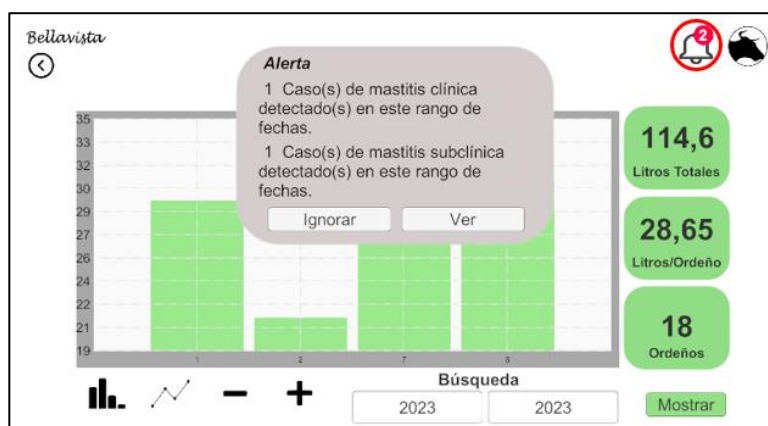
Figura 49
Condiciones corporales de los animales diseñados



Pantallas de registro producción



Pantalla de producción de leche. En la pantalla producción se muestra un diagrama de barras generado con la información de litros producidos, número de ordeños y fechas en que fueron los ordeños, se presenta de esta manera para hacer dinámica la visualización de la información y poder navegar e interpretar la misma más interactivamente. Esta pantalla se puede ver en la Figura 50.






Figura 50
Pantalla de producción



Como se observa, esta pantalla contiene ciertos botones, su funcionamiento se describe en la Tabla 10.

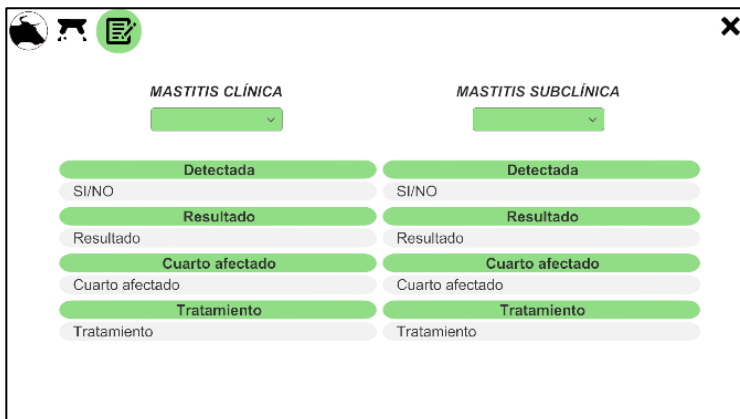
Tabla 10
Tabla de funciones de botones de la pantalla producción

Botón	Función
	Mostrar información en forma de diagrama de barras
	Mostrar información en forma de puntos

Botón	Función
	Mostrar menos barras o puntos en pantalla
	Mostrar más barras o puntos en pantalla
	Mostrar información en el rango de fechas indicado
	Mostrar la ventana de notificación de mastitis en dicho periodo
	Volver a la pantalla de menú

Pantalla de casos de mastitis. A esta pantalla se accede desde el panel alerta, que es desplegado si se pulsa la campana que está encerrada en el círculo rojo, tal como se ve en la Figura 50. Una vez presionado el botón **ver** se accede a la pantalla que se ve en la Figura 51.

Figura 51
Pantalla de casos mastitis



The screenshot displays a mobile application interface for mastitis cases. It features two main columns: **MASTITIS CLÍNICA** and **MASTITIS SUBCLÍNICA**. Each column has a green dropdown menu at the top. Below the dropdowns, there are five rows of data, each with a green header bar and a light gray input field. The rows are labeled as follows:



- Detectada** (green header) / Detectada (gray input)
- SI/NO** (gray header) / SI/NO (gray input)
- Resultado** (green header) / Resultado (gray input)
- Cuarto afectado** (green header) / Cuarto afectado (gray input)
- Tratamiento** (green header) / Tratamiento (gray input)

The interface also includes a top navigation bar with icons for a dog, a cow, and a document, and a close button (X) in the top right corner.

Como se observa, esta pantalla contiene ciertos botones, su funcionamiento se describe en la Tabla 11.

Tabla 11



Tabla de funciones de botones de la pantalla mastitis

Botón	Función
	Ingresar a la pantalla de registro de casos de mastitis
<p>MASTITIS CLÍNICA</p> <p>2023-03-14 ▾</p>	Dropdown con el cual se selecciona la fecha específica del caso de mastitis clínica
<p>MASTITIS SUBCLÍNICA</p> <p>2023-03-15 ▾</p>	Dropdown con el cual se selecciona la fecha específica del caso de mastitis subclínica
	Cerrar la pantalla de mastitis

Pantalla de insertar casos de mastitis. A esta pantalla se accede desde la pantalla de mastitis, esta contará con campos donde el usuario podrá ingresar la información y registrarla. En la Figura 52 se muestra la pantalla mencionada y en la Tabla 12 se describe el funcionamiento de sus botones.

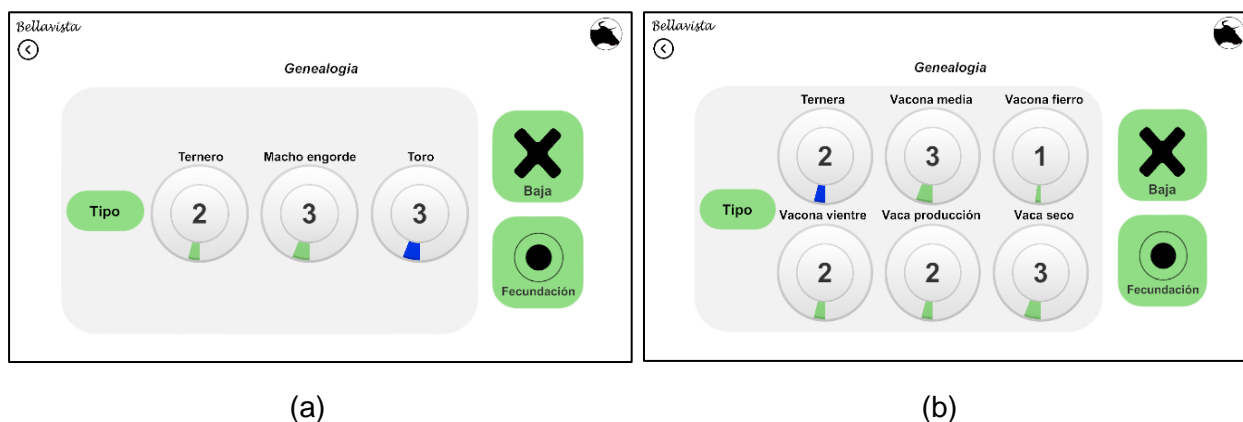
Figura 52
Pantalla de insertar casos de mastitis

Tabla 12
Tabla de funciones de botones de la pantalla insertar casos de mastitis

Botón	Función
	Registrar la información ingresada
	Cerrar la pantalla de registro de mastitis

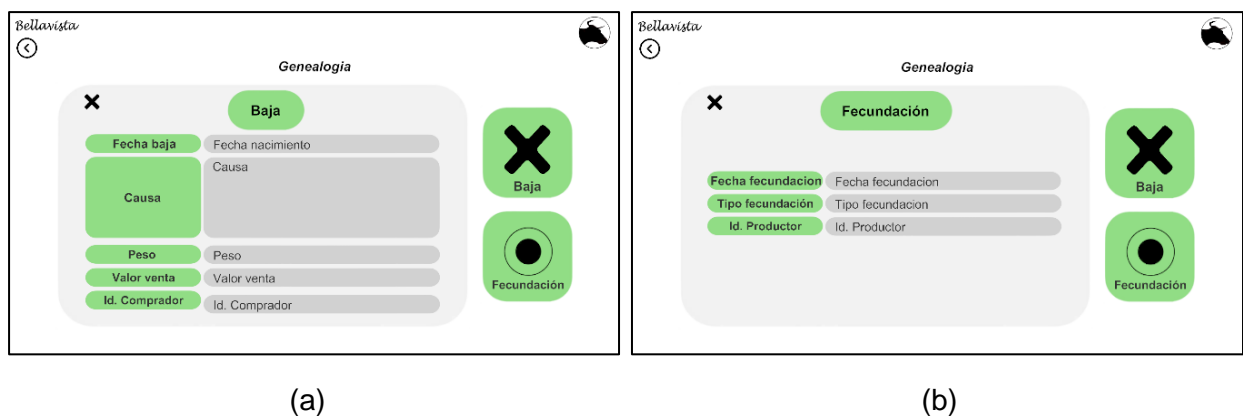
Pantalla de genealogía. La pantalla genealogía consta de 2 botones, con los cuales se podrá ir a 2 secciones de este registro. En este caso los botones están rotulados y es claro a que sección dirige si se los presiona. Además, consta de un panel en el que, si el animal es macho se desplegará el panel de la Figura 53(a) y si es hembra el panel de la Figura 53(b), ambos muestran todos los tipos de ganado que hay en cada sexo, y el gráfico de diferente color es donde se ubica el animal encontrado actualmente.

Figura 53
Pantalla de registro genealógico



En la Figura 54(a) y Figura 54(b) se muestra las pantallas de las secciones baja y fecundación, y como se observa en estas no existen botones que realicen una acción mayor, solo el botón de cerrar la pantalla.

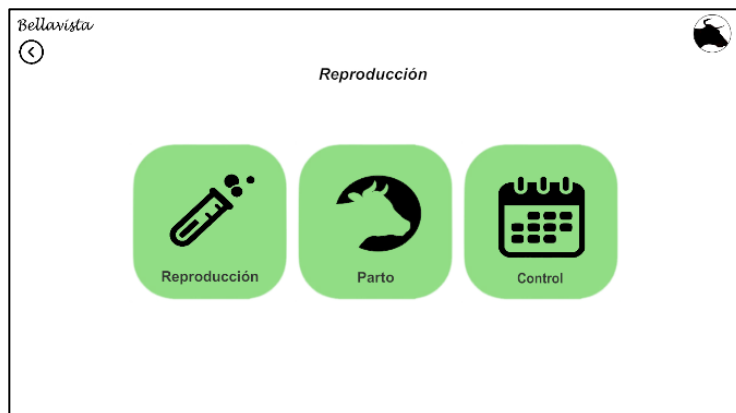
Figura 54
Pantalla bajas y fecundación de genealogía



Pantallas de registro reproducción

Pantalla menú de reproducción. La pantalla reproducción consta de 3 botones, con los cuales se podrá ir a las 3 secciones de este registro. En este caso los botones están rotulados y es claro a que sección dirige si se los presiona. Dicha pantalla se puede ver en la Figura 55.

Figura 55
Pantalla menú de reproducción






A continuación, se presenta las pantallas de cada una de las secciones de este registro.

Pantalla reproducción. La pantalla reproducción contiene ciertos botones como se pueden ver en la Figura 56. Las funciones de estos se describen en la Tabla 13.

Figura 56
Pantalla reproducción

Tabla 13

Tabla de funciones de botones de la pantalla reproducción

Botón	Función
	Ingresar a la pantalla de registro de casos de reproducción
	Dropdown con el cual se selecciona el número de preñez
	Cerrar la pantalla de reproducción

Pantalla de insertar reproducción. En esta pantalla al igual que la pantalla de registro de mastitis, existen campos para que el usuario ingrese datos y los registre pulsando el botón, esta pantalla se ve en la Figura 57.

Figura 57

Pantalla insertar reproducción

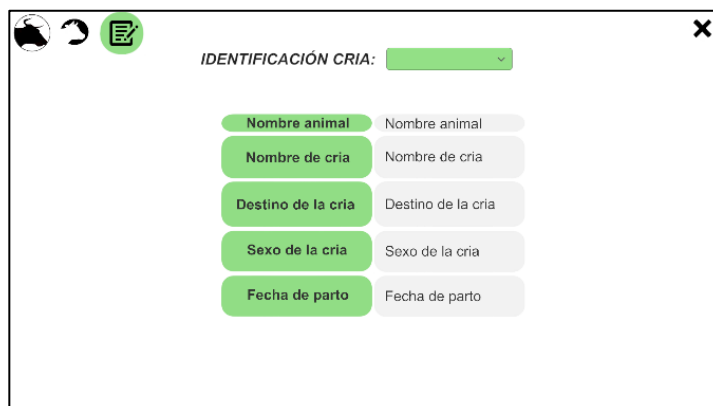


La imagen muestra una ventana de software con el título "REGISTRO REPRODUCCIÓN". En la esquina superior izquierda hay un ícono de un lápiz y una marca de verificación verde. En la esquina superior derecha hay un ícono de una 'X' roja. El formulario contiene los siguientes campos:

- Numero de preñez:** Un campo de texto con el placeholder "Preñez...".
- Tipo de fecundación:** Un campo de texto con el placeholder "Tipo...".
- Nombre de toro o pajuela:** Un campo de texto con el placeholder "Nombre pajuela...".
- Fecha de fecundación:** Un campo de texto con el placeholder "Fecha fecundación...".
- Observaciones embarazo:** Un campo de texto grande con el placeholder "Observaciones...".

Pantalla parto. La pantalla parto de reproducción contiene ciertos botones como se pueden ver en la Figura 58, y sus acciones son similares a las de la pantalla de registro de mastitis y registro de reproducción.

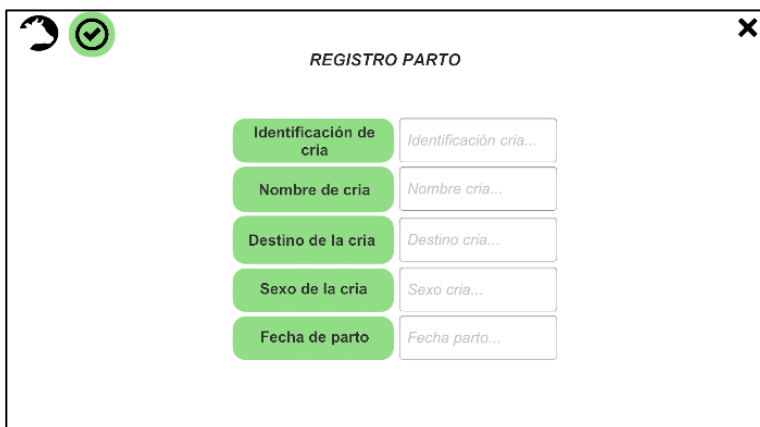
Figura 58
Pantalla parto



IDENTIFICACIÓN CRIA: <input type="text"/>	
Nombre animal	Nombre animal
Nombre de cria	Nombre de cria
Destino de la cria	Destino de la cria
Sexo de la cria	Sexo de la cria
Fecha de parto	Fecha de parto

Pantalla de insertar parto. En esta pantalla al igual que la pantalla de registro de reproducción, existen campos para que el usuario ingrese datos y los registre pulsando el botón, esta pantalla se ve en la Figura 59.

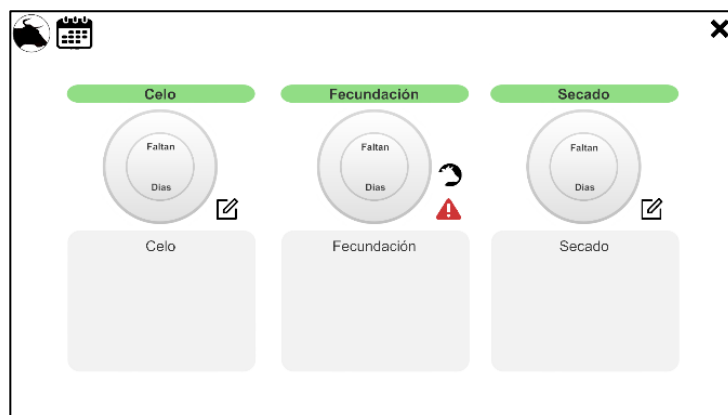
Figura 59
Pantalla insertar parto



REGISTRO PARTO	
Identificación de cria	Identificación cria...
Nombre de cria	Nombre cria...
Destino de la cria	Destino cria...
Sexo de la cria	Sexo cria...
Fecha de parto	Fecha parto...




Pantalla control. La pantalla control consta de 4 botones, con los cuales se podrá hacer diferentes acciones, como registrar fecha de celo, indicar que la fecundación fue éxito o no y si el proceso de secado se llevó a cabo. Esta pantalla se muestra a continuación en la Figura 60.


Figura 60
Pantalla control



A continuación, en la Tabla 14 se describe la función de cada botón de la pantalla de control de reproducción.

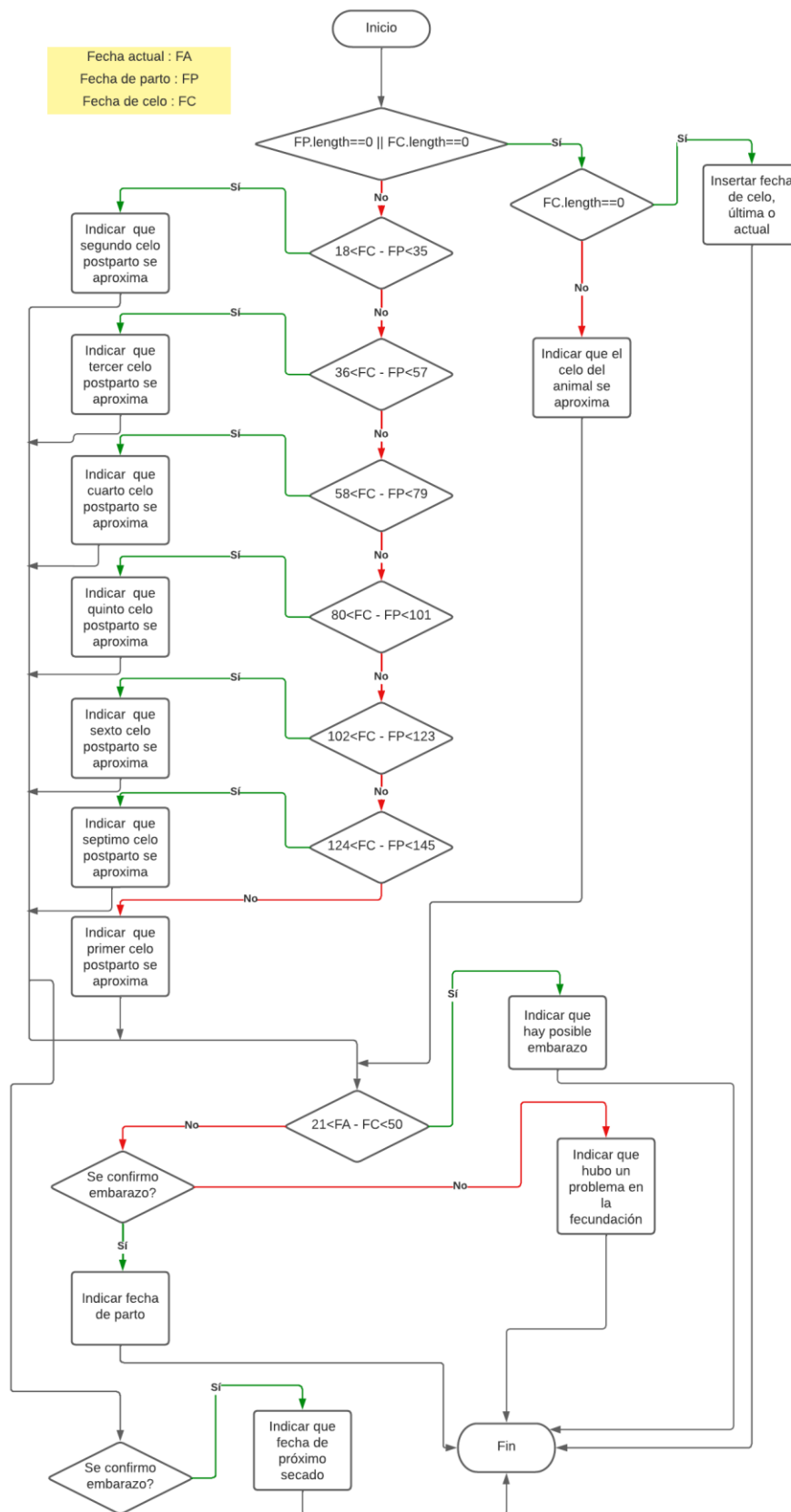
Tabla 14
Tabla de funciones de botones de la pantalla control de reproducción

Botón	Función
	Ingresar fecha de celo
	Indicar que la fecundación fue un éxito
	Indicar que la fecundación no fue un éxito

Botón	Función
	Ingresar secado

En esta pantalla se realiza un proceso de cálculo de días para indicarle al usuario cuando el animal está próximo al celo, cuando la fecundación fue exitosa o no, cuando se debería realizar el secado y cuando se dará el parto aproximadamente. Este proceso se rige de acuerdo al diagrama de flujo que se muestra en la Figura 61. Siendo FP: la fecha de parto, FA: fecha actual y FC: fecha de celo. El dato length de cada una de las variables de fecha hace referencia a la existencia de registros en las fechas seleccionadas. De igual manera las restas hechas entre fechas son los días que hay entre ambas fechas.

Figura 61
Proceso de cálculo de días

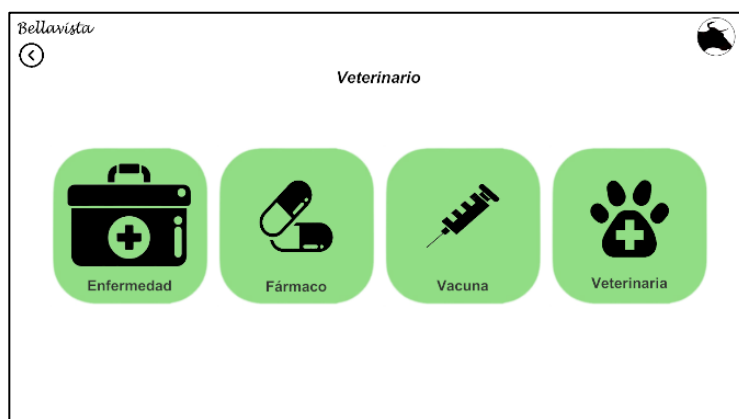


Pantalla de registro veterinario

Pantalla menú de veterinario. La pantalla veterinaria consta de 4 botones, con los cuales se podrá ir a las 4 secciones de este registro. En este caso los botones están rotulados y es claro a que sección dirige si se los presiona. Dicha pantalla se puede ver en la Figura 62. A continuación, se presenta las pantallas de cada una de las secciones de este registro.

Figura 62

Pantalla de menú de veterinario



—

De la Figura 63 a la Figura 66 se muestran las pantallas de las secciones que hay en el registro veterinario, todas las pantallas constan de un dropdown para buscar la identificación respectiva como son síntoma, tipo, nombre e identificación, respectivamente. De acuerdo a esta búsqueda se presentan los datos deseados en los campos implementados en cada pantalla.

Figura 63
Pantalla enfermedad

The screenshot shows a mobile application interface for recording a disease. At the top, there is a header with a globe icon, a calendar icon, and a document icon. Below the header, the text "SÍNTOMA:" is followed by a dropdown menu. The main content area is divided into two columns. The left column contains a green header "Uso de fármaco" above a text input field, a green header "Observaciones" above a large text area, and a green header "Observaciones" above another large text area. The right column contains a green header "Fecha inicio" above a date input field, a green header "Foto inicio" above a square image placeholder, a green header "Fecha final" above a date input field, and a green header "Foto final" above another square image placeholder. A close button (X) is located in the top right corner.

Figura 64
Pantalla fármaco

The screenshot shows a mobile application interface for recording a medicine. At the top, there is a header with a globe icon, a pill icon, and a document icon. Below the header, the text "TIPO DE FÁRMACO:" is followed by a dropdown menu. The main content area contains several green headers above input fields: "Dosis" above a text field, "Fecha Aplicación" above a date field, "Días de retiro de leche" above a text field, and "Descripción" above a text field. At the bottom, there is a green header "Observaciones" above a large text area. A close button (X) is located in the top right corner.

Figura 65
Pantalla vacuna

The screenshot shows a mobile application interface for recording a vaccine. At the top, there is a header with a globe icon, a syringe icon, and a document icon. Below the header, the text "NOMBRE VACUNA:" is followed by a dropdown menu. The main content area is divided into two columns. The left column contains a green header "Tipo" above a text field, a green header "Si/No" above a text field, a green header "Fecha de vacuna" above a date field, and a green header "Observaciones" above a large text area. The right column contains a green header "Foto" above a large square image placeholder. A close button (X) is located in the top right corner.

Figura 66
Pantalla veterinaria

Todas estas secciones, al igual que las pantallas de parto, reproducción, apareamiento y mastitis contienen un apartado de registro, estas pantallas se muestran a continuación de la Figura 67 a la Figura 70.

Figura 67
Pantalla insertar enfermedad

Figura 68
Pantalla insertar fármaco

Figura 69
Pantalla insertar vacuna

Figura 70
Pantalla insertar veterinario

Pantalla de pastoreo. La pantalla pastoreo consta de 2 elementos dropdown, en los cuales el usuario podrá escoger entre los tipos de forraje y los tipos de sobrealimento. Esto se ve en la Figura 71.

Figura 71
Pantalla pastoreo

Pantalla de geolocalización. En la pantalla geolocalización se muestra un elemento dropdown con el cual se seleccionará la identificación geoespacial del animal encontrado. Una vez seleccionada la identificación se desplegará la información solicitada y en el mapa se verá la ubicación. Este mapa tiene una barra para ajustar el zoom y 4 botones para cambiar el tipo del mismo. Esta pantalla se puede ver en la Figura 72.

La función de los botones no rotulados se presenta a continuación en la Tabla 15.

Figura 72
Pantalla geolocalización

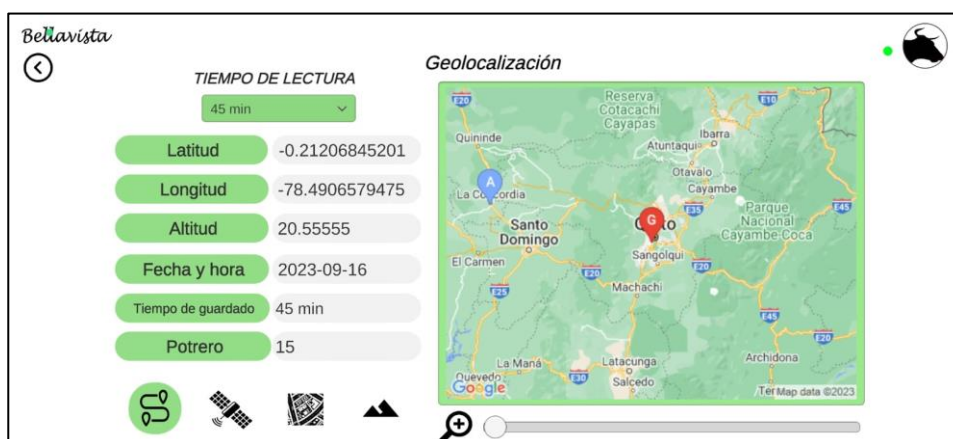






Tabla 15
Tabla de funciones de botones de la pantalla geolocalización

Botón	Función
	Mostrar el mapa tipo mapa vial
	Mostrar el mapa tipo satélite

Botón	Función
	Mostrar el mapa tipo híbrido
	Mostrar el mapa tipo terreno

Como se puede evidenciar, en este capítulo se mostró el diseño y el desarrollo de la aplicación, así como la forma en la que se programó los servicios y se realizó la conexión entre la aplicación y el servidor. En el capítulo 4 se va a describir el proceso de validación de la aplicación.

Capítulo 4: Validación y pruebas de funcionamiento

En el capítulo actual se muestran los resultados de las pruebas tanto de validación de las funcionalidades de la aplicación como de la utilidad de la misma en la hacienda. Para ello se harán las pruebas considerando un usuario, una contraseña y una identificación de animal de las que actualmente, están registradas en la base de datos. Las pruebas de utilidad considerarán los factores relativos a la conectividad, alcance del lector y la usabilidad de la aplicación.

Validación

Inicio de sesión

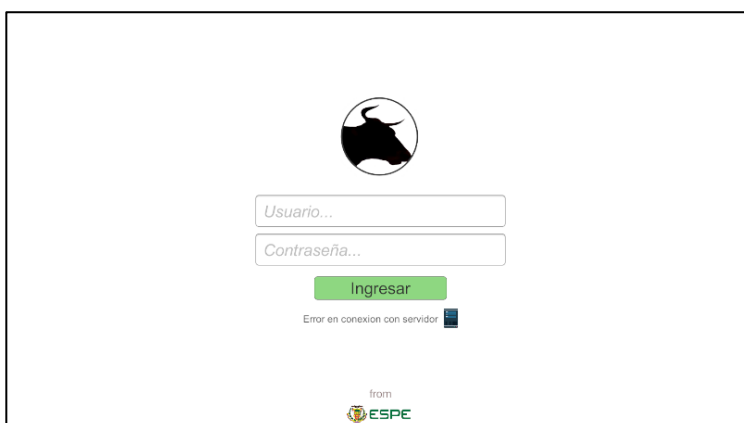
El usuario podrá hacer uso de la totalidad de la aplicación siempre y cuando el dispositivo esté conectado a internet, sea mediante datos móviles o conectado a una red wifi. En la pantalla login el usuario deberá colocar su usuario y contraseña y presionar el botón ingresar. De acuerdo a los datos ingresados y conexión a internet el login se va a comportar de la siguiente manera:

- Si los datos son correctos: se pasa a la pantalla detección de etiqueta y búsqueda de ganado.
- Si los datos son incorrectos: se muestra el mensaje “*Error en usuario o contraseña*”, Figura 73(a).
- Si no hay conexión a internet: se muestra el mensaje “*Error en conexión con servidor*” Figura 73(b).

Figura 73
Comportamiento pantalla Login



(a)



(b)

Al consumir el servicio login, desde el servidor existen dos respuestas, una para datos correctos y una para datos incorrectos.

Figura 74

Respuesta servicio login

<pre>13/6/2023, 1:35:23 node: PruebaDatosEnviados msg.payload : Object ▶ { usuario: " ", contraseña: "25" } ▼ object codigo: 204 mensaje: "Inicio de sesion correcto" respuesta: ""</pre>	<pre>13/6/2023, 1:35:34 node: PruebaDatosEnviados msg.payload : Object ▶ { usuario: "", contraseña: "" } ▼ object codigo: 203 mensaje: "El usuario o la contraseña son incorrectos" respuesta: ""</pre>
---	---

(a)

(b)

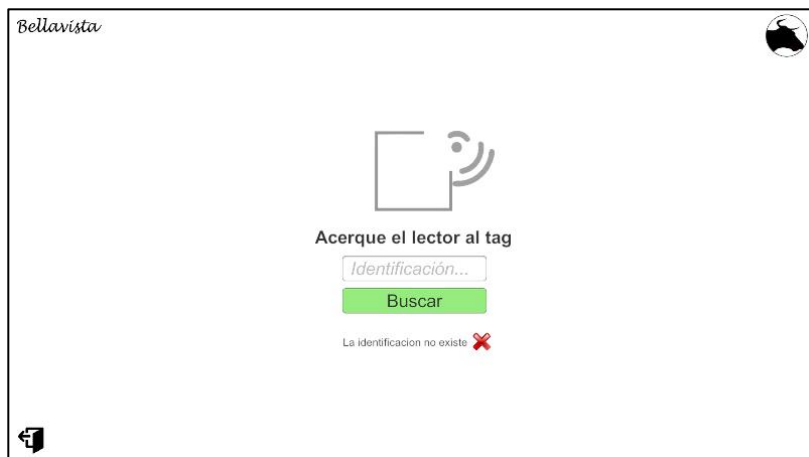
En la Figura 74 (a) se muestra la respuesta de un ingreso de datos correcto, con el código y mensaje acorde. Por otra parte, en la Figura 74(b) se hizo el ingreso de campos nulos, los que se interpretan acertadamente como incorrectos, ya que no existe ningún registro con esas coincidencias. De esta manera funciona la pantalla y el servicio login.

Búsqueda

Si el usuario y contraseña fueron correctos, se accede a la pantalla detección de etiqueta y búsqueda de ganado. En esta, al igual que el login, de acuerdo a los datos ingresados y conexión a internet la búsqueda se va a comportar de la siguiente manera:

- Si los datos son correctos: se pasa al menú de opciones y realidad aumentada.
- Si los datos son incorrectos: se muestra el mensaje *"Error en usuario o contraseña"*, Figura 75(a).
- Si no hay conexión a internet: se muestra el mensaje *"Error en conexión con servidor"* Figura 75(b).

Figura 75
Comportamiento pantalla búsqueda



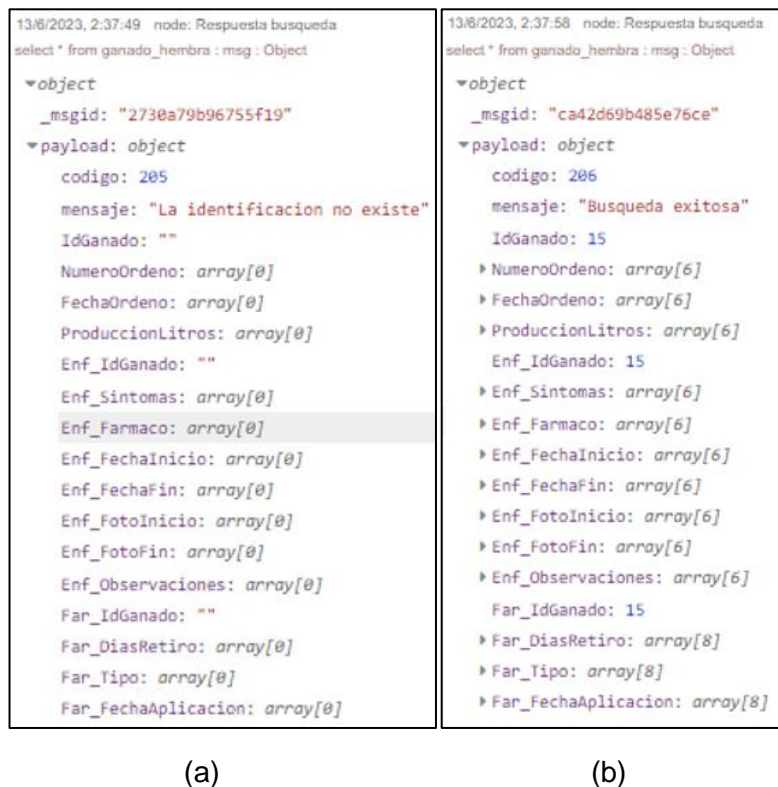
(a)



(b)

Al consumir el servicio búsqueda, desde el servidor existen dos respuestas, una para datos correctos y una para datos incorrectos.

Figura 76
Respuesta servicio búsqueda



En la Figura 76 (b) se muestra la respuesta de un ingreso de datos correcto, con el código y mensaje correspondiente y arreglos con el contenido de los registros de cada atributo. Por otra parte, en la Figura 76(a) se hizo el ingreso de un dato incorrecto, lo que es interpretado correctamente por el servidor y enviando la respuesta correspondiente, además de arreglos sin elementos ya que no existe ningún registro con esas coincidencias. De esta manera funciona la pantalla y el servicio búsqueda.

Menú y registros

Si la búsqueda fue exitosa, las pantallas desplegarán la información encontrada de tal manera que se mostrará el atributo y su valor o valores de acuerdo a la cantidad de registros que haya por identificación. A excepción de las pantallas de **producción, control de reproducción** y **geolocalización**. El tratamiento de datos en estas pantallas fue tratado de tal

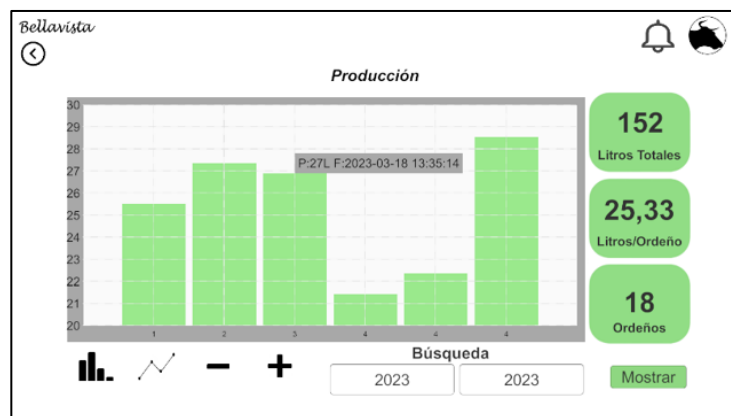
manera que la información sea más fácil de visualizar e interpretar. A continuación, se describe de manera breve como se hizo uso de los datos.

Producción

En el diagrama de barras que se observa en la Figura 77, el eje **x** representa el número de ordeño del animal y el eje **y** la cantidad de litros que se obtuvo en cada ordeño. Pulsando cada barra (color verde) se puede visualizar la producción en litros, que coincide con el eje y, y la fecha y hora de cuando fue el ordeño. De esta manera se busca que el usuario interprete grandes cantidades de datos de forma coherente, con lo que le permitirá la comprensión de los datos y así podrá sacar conclusiones de manera visual. Sumado a esto, en la misma pantalla hay indicadores de litros totales obtenidos a la fecha, promedio de litros y la cantidad de ordeños que ha tenido, para de esta manera clasificar al animal.

Figura 77

Funcionamiento pantalla producción



Control de reproducción

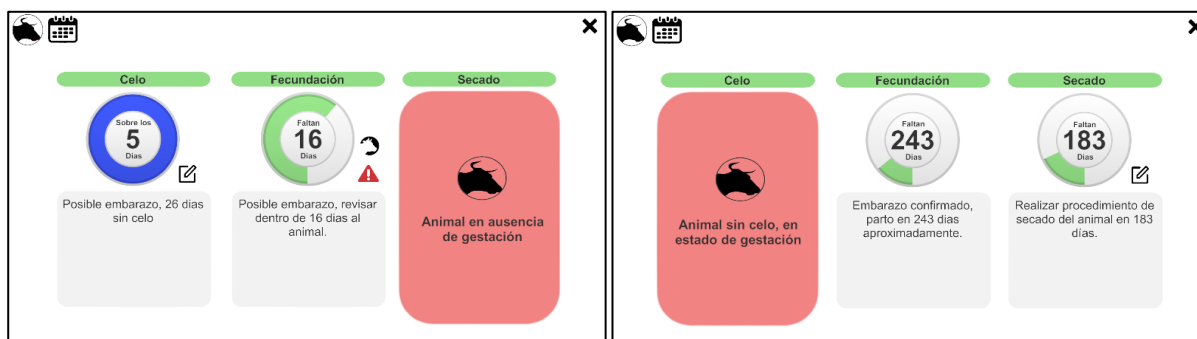
El control de reproducción hace uso de las fechas de parto y celo, para indicar al usuario lo siguiente:

- Fecha de próximo celo (Figura 78(a))
- Fecha de secado (Figura 78(b))

- Fecha de parto (Figura 78(b))

Figura 78

Funcionamiento pantalla control



(a)

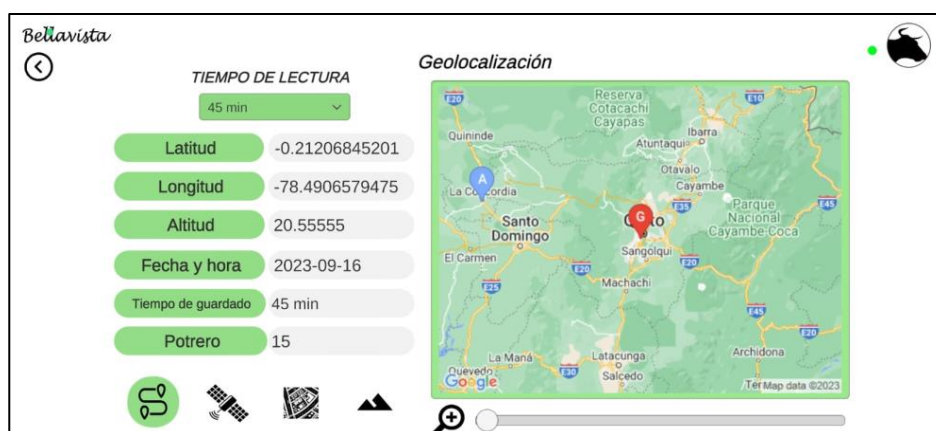
(b)

Geolocalización

La pantalla de geolocalización toma la latitud y longitud registrada y realiza una petición a Google Maps para ver su ubicación en el mapa. Sumado a esto se visualiza la ubicación real del dispositivo móvil en el que se está utilizando la aplicación, esto con el fin de que se pueda interpretar la distancia a la que se encuentra el animal buscado. En la Figura 79 se muestra un ejemplo de las dos ubicaciones en el mapa.

Figura 79

Funcionamiento pantalla geolocalización



El indicador celeste con la letra A, muestra la ubicación del dispositivo móvil, y el indicador rojo con la letra G, muestra la ubicación del animal.

Ingresar información

La aplicación, como se mencionó en el capítulo anterior, tiene secciones en las que se podrá ingresar información en la base de datos. A continuación, se tomará a manera de ejemplo del servicio **ingresar**, la pantalla de registro de mastitis clínica, se ingresará datos en los campos y se registrará la información. Para corroborar que fue ingresada la información se mostrará la respuesta que el servidor envía a la aplicación.

En la Figura 80(a) se puede ver los datos que se van a registrar, y en la Figura 80 (b) se muestra la respuesta del servidor una vez que se solicitó al servicio ingresar, en esta ocasión para mastitis clínica.

Figura 80

Funcionamiento pantalla registro mastitis clínica



(a)

(b)

Conectividad y velocidad de respuesta

El objetivo de las pruebas de conectividad es conocer si la aplicación se conecta mediante Wifi o datos móviles al servidor web sin ningún tipo de inconveniente. Para la cual se ha hecho una prueba simple, iniciando sesión en la aplicación usando los dos tipos de redes mencionados previamente. Cabe recalcar que esta prueba se la hizo en distintos puntos de la

hacienda para considerar que su desempeño sea eficiente en cualquier sitio de la misma. Dicho esto, a continuación, en la Figura 81 se muestra el aproximado de terreno ocupado por la hacienda (margen rojo), y a su vez se identifica 4 puntos estratégicos donde los ganaderos llevan y mantienen al ganado.

Figura 81

Delimitación de hacienda e identificación de potreros usados por el ganado



En estos 4 puntos identificados y la oficina que es donde está el indicador rojo, se hicieron las pruebas con la aplicación, debido a que son los lugares que recurren los ganaderos y productores de la hacienda. Dicho esto, a continuación, en la Tabla 16 se presentan los siguientes resultados.

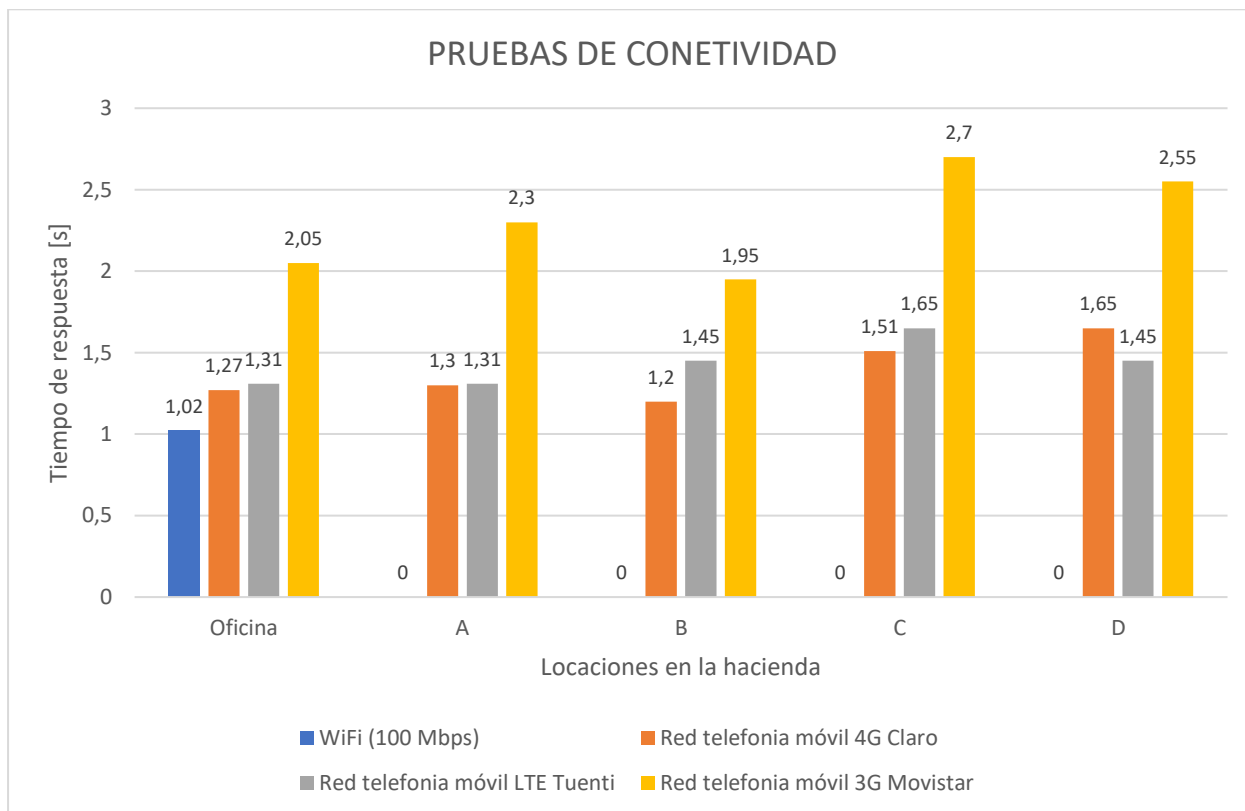
Tabla 16*Tiempo de respuesta a peticiones con diferentes redes de conexión a internet*

Puntos	Redes	Conecta	Promedio de tiempos de respuesta
Oficina	WiFi (100 Mbps)	Si	1.02 segundos
	Red telefonía móvil 4G Claro	Si	1.27 segundos
	Red telefonía móvil LTE Tuenti	Si	1.31 segundos
	Red telefonía móvil 3G Movistar	Si	2.05 segundos
A	WiFi (100 Mbps)	No	Sin conexión
	Red telefonía móvil 4G Claro	Si	1.30 segundos
	Red telefonía móvil LTE Tuenti	Si	1.31 segundos
	Red telefonía móvil 3G Movistar	Si	2.30 segundos
B	WiFi (100 Mbps)	No	Sin conexión
	Red telefonía móvil 4G Claro	Si	1.20 segundos
	Red telefonía móvil LTE Tuenti	Si	1.45 segundos
	Red telefonía móvil 3G Movistar	Si	1.95 segundos
C	WiFi (100 Mbps)	No	Sin conexión
	Red telefonía móvil 4G Claro	Si	1.51 segundos
	Red telefonía móvil LTE Tuenti	Si	1.65 segundos
	Red telefonía móvil 3G Movistar	Si	2.70 segundos
D	WiFi (100 Mbps)	No	Sin conexión
	Red telefonía móvil 4G Claro	Si	1.65 segundos

Puntos	Redes	Conecta	Promedio de tiempos de respuesta
	Red telefonía móvil LTE Tuenti	Si	1.45 segundos
	Red telefonía móvil 3G Movistar	Si	2.55 segundos

De la Tabla 16, se obtiene la Figura 82, que muestra gráficamente los tiempos de respuesta obtenidos en cada uno de los puntos con las diferentes redes de internet. De esta figura se puede considerar relevante el hecho de que, para cada locación, la respuesta de la aplicación es buena, desde el punto de que existe conectividad en la mayoría del terreno de la hacienda. Cabe mencionar de igual manera que el tiempo de respuesta obtenido en cada red oscila en los mismos valores en cada locación, de esto se puede mencionar que el desempeño y tiempo de respuesta va a depender mucho de la calidad de red de internet que se utilice.

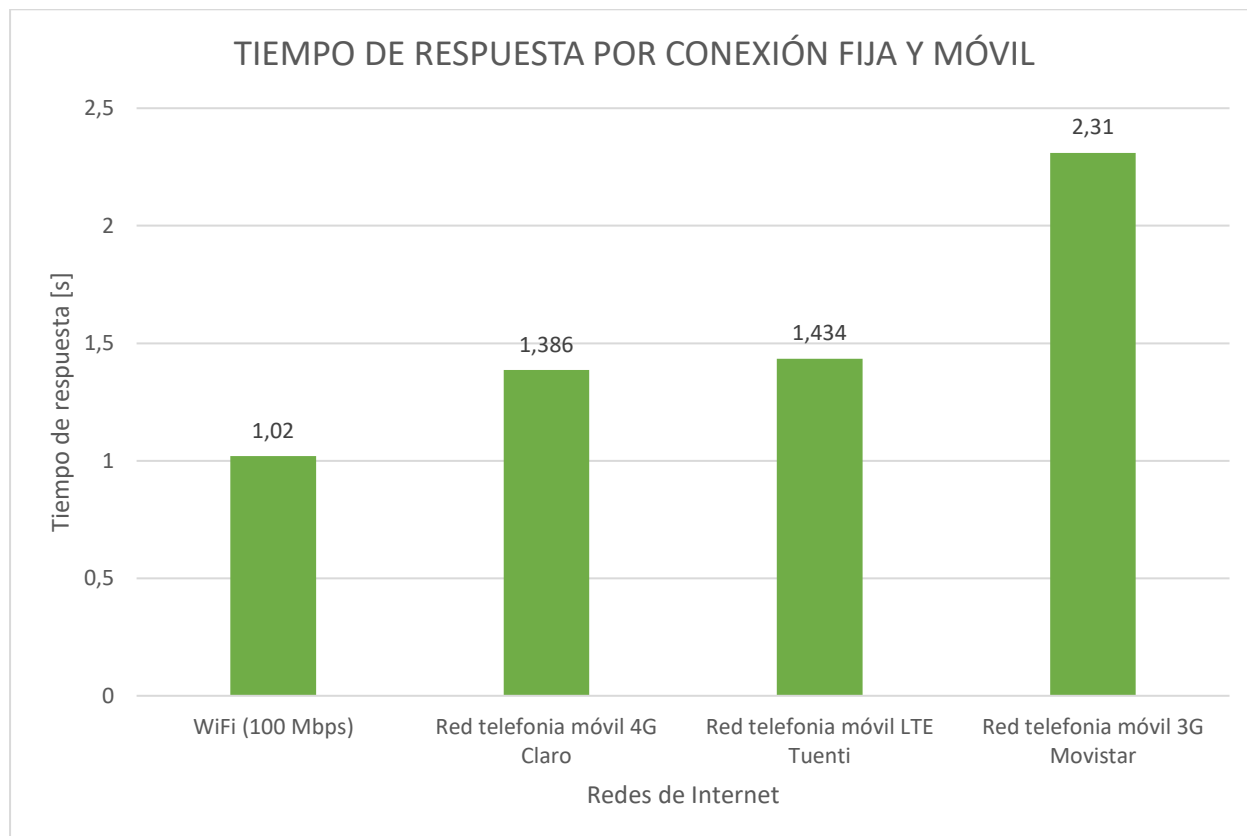
Figura 82
Pruebas de conectividad



En la Figura 83 se puede observar el promedio de tiempos de respuesta brindados por cada red. De esta gráfica es importante rescatar la ventana de tiempos de respuesta que tuvo y podría tener la aplicación en su uso. Este tiempo podría variar entre 1.02 segundos y 2.31 segundos.

Figura 83

Promedio de tiempos de respuesta por cada tipo de red

**Alcance del lector RFID**

La prueba de alcance de lectura también se probó en la hacienda. Ya en el lugar se realizó esta prueba con parte del ganado que está en reja (parte de ganado que está en producción) y tiene colocadas las etiquetas. En la Figura 84 (a) y Figura 84 (b) se muestra algunas de las pruebas tomadas.

Figura 84
Prueba de alcance de lector RFID



(a)



(b)

Estas pruebas fueron efectuadas con cinco animales distintos al azar. Se fue probando el lector con cada una de estas, a distancias que variaban de diez en diez centímetros aproximadamente, hasta que el lector no pudiera detectar la señal de las etiquetas. En cada distancia se realizaron diez pruebas con cada animal. A continuación en la Tabla 17 se presenta el resumen de estas pruebas.

Tabla 17
Pruebas de alcance

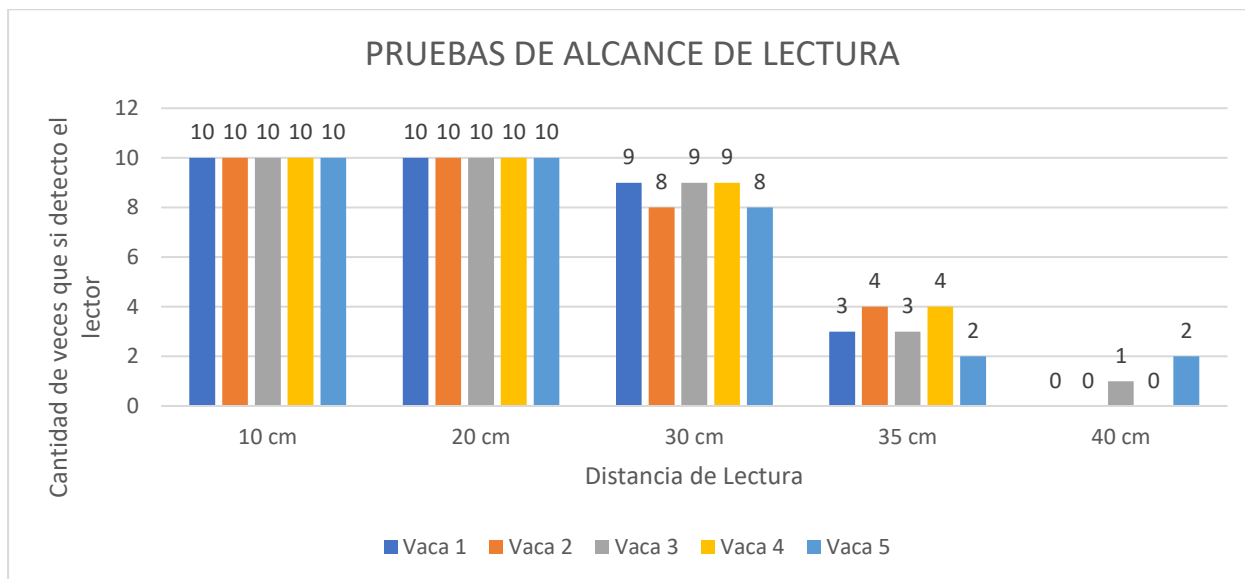
Distancia de lectura	10 cm		20 cm		30 cm		35 cm		40 cm	
	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
Vaca 1	10	0	10	0	9	1	3	7	0	10
Vaca 2	10	0	10	0	8	2	4	6	0	10

Distancia de lectura	10 cm		20 cm		30 cm		35 cm		40 cm	
	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
Vaca 3	10	0	10	0	9	1	3	7	1	9
Vaca 4	10	0	10	0	9	1	4	6	0	10
Vaca 5	10	0	10	0	8	2	2	8	2	8

De la Tabla 17, se obtiene la Figura 85 que muestra gráficamente las veces en que si detecto le lector a la etiqueta. En ella, se puede observar que a partir de los 30 cm esta lectura ya tiende a ser defectuosa, hasta que a los 40 cm ya no se detecta ninguna etiqueta. De esto se puede concluir que el rango de lectura del lector es de 0 cm a 35 cm aproximadamente. Si bien podría pensarse que en lugar de utilizar el detector sería mas fácil digitar manualmente la

identificación, el uso del director garantiza la seguridad del sistema mediante un proceso de autenticación de las etiquetas RF del ganado.

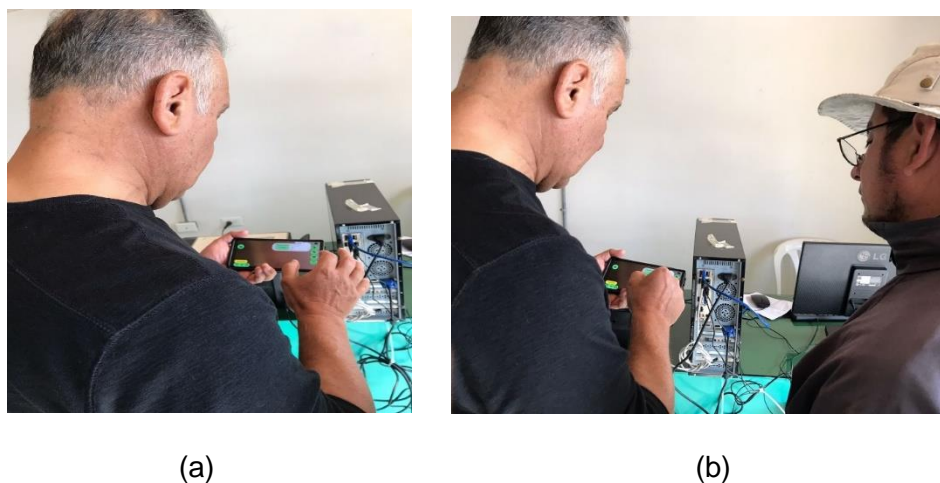
Figura 85
Pruebas de alcance de lectura



Usabilidad y utilidad

Las pruebas de usabilidad y utilidad están enfocadas en probar las funciones de la aplicación. Para estas pruebas se facilitó la aplicación a varias personas, esto se observa en la Figura 86 (a) y Figura 86 (b).

Figura 86
Pruebas de funcionalidad de la aplicación



Se dividieron las pruebas en dos grupos, las pruebas de usabilidad, que fueron hechas con 5 personas que no tienen conocimientos previos en ganadería; y las pruebas de usabilidad que fueron hechas con 5 personas que están al tanto de la ganadería y tienen conocimientos acerca del tema. A continuación, en la Tabla 18 se muestra el resumen de las pruebas de usabilidad.

Tabla 18
Pruebas de usabilidad

Parámetro	Cumple		Usabilidad %
	Si	No	
Facilidad de lectura en los textos	5	0	100%
Se descarga rápidamente la información	4	1	80%
Se presentan funciones y menús sencillos	4	1	80%

Del uso de esta, el comentario de los usuarios fue que la aplicación es en su totalidad fácil de usar y que las funcionalidades son bastantes acertadas al momento de poder tomar decisiones dentro o fuera de la hacienda, esto se refleja en un 86.7 % de usabilidad.

En cuanto a las pruebas de utilidad, a continuación, en la tabla Tabla 19 se muestra los resultados obtenidos luego de que la aplicación fue utilizada por el personal de la hacienda.

Tabla 19
Pruebas de utilidad

Característica	Útil	Razón(es)
		Información importante para:
Información de genealogía	Si	<ul style="list-style-type: none"> - Alimentación, la edad del animal es un factor importante, ya que si es ternera hasta aproximadamente los 6 meses se le dejará lactar. Pasado este tiempo es necesario darles sobrealimento para que entren en crecimiento. - En cuanto a conocer quién es padre y madre del animal, es importante para la reproducción. Es decir, el ganadero debe conocer de la información de los padres del animal, para tener en cuenta la genética del mismo y así tomar en cuenta ciertos aspectos para su reproducción.
Información de la producción de leche	Si	Conocer la producción individual del animal resulta sustancial en cuanto a salud del animal respecta, manifestaron las personas. Si se nota en la gráfica de producción que el animal ha tenido un descenso en su producción de leche es necesario realizar un secado, indistintamente si está en periodo de gestación o no. Esta acción se realiza con el fin de que el animal mejore su condición corporal.

Característica	Útil	Razón(es)
Notificaciones de celo, secado y parto	Si	Para ellos tener un aviso previo de estos procesos les permite analizar los animales y tomar las medidas adecuadas. En ocasiones, el celo suele durar menos de lo normal en las vacas, por lo que se debe tomar precauciones días antes para aprovechar este periodo.
Geolocalización	Si	Los usuarios supieron manifestar que los animales cuando no tienen buena salud tienden a aislarse y alejarse del rebaño. En este contexto la funcionalidad de geolocalización brinda una ayuda al usuario, ya que podría saber dónde está el animal exactamente.
Realidad aumentada	Si	Es una forma bastante interesante de comparar las condiciones corporales de los animales. Esto debido a que las características relevantes en cada condición se ven representadas de una manera correcta.
Insertar información en la base de datos	Si	Es importante para los usuarios ganaderos poder colocar información del animal directamente en la base

De la Tabla 19, se puede concluir que la aplicación representa un 100% de utilidad para los usuarios que participaron en la prueba. Sin embargo, supieron manifestar algunas observaciones que le sumarían de manera sustancial a las funcionalidades de la misma. Como por ejemplo las notificaciones grupales para secado de los animales y la funcionalidad de insertar datos de genealogía directamente desde la aplicación.

Capítulo 5: Conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros

Conclusiones

- El objetivo principal del presente proyecto de titulación se cumplió al diseñar e implementar una aplicación móvil Android, para el acceso, despliegue y registro de información del hato ganadero de la hacienda lechera Bellavista.
- El haber seleccionado como plataforma de ejecución de la aplicación al sistema operativo Android, permite maximizar su posibilidad de uso. Ya que los usuarios finales pueden escoger dispositivos portátiles de diferentes marcas y modelos. Cabe señalar que, si bien esta aplicación fue desarrollada para Android, el haber seleccionado Unity como motor de desarrollo ofrece a la aplicación la característica de multiplataforma, es decir, con la instalación del complemento adecuado se puede adaptar a otras plataformas como iOS, Windows, OS X.
- Las pruebas de campo hechas con el lector RFID determinaron que la distancia máxima de lectura es de 30 centímetros aproximadamente. Si bien por el tipo de sensor, resulta en una distancia corta que podría ser ampliado con otro tipo de sensor, lo importante fue probar la autenticación de la etiqueta de ganado de manera automática garantizando la seguridad del sistema.
- Las pantallas fueron desarrolladas de acuerdo a los diseños y requerimientos funcionales establecidos de acuerdo a la base de datos existentes. Una vez realizada las pruebas de la aplicación, el personal de la hacienda consideró que la aplicación si será de utilidad para el dueño, el personal y veterinario para la toma de decisiones. La navegación de las pantallas dentro de la aplicación fue bastante intuitiva brindando facilidad de acceso a la información y a la inserción de nueva información.

- Con la finalidad de usar la aplicación desde cualquier sitio siempre y cuando haya acceso a internet, es necesario configurar en un servidor público. Debido q que actualmente la base de datos de la hacienda es local, se utilizó un servidor arrendado por un docente de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. La configuración de acceso mediante la ip otorgada por el dueño y el programa NODE-RED, a través de internet mediante protocolo HTTP y la interacción de los datos que interactúan entre la aplicación y el servidor mediante el método de petición post fue idónea, ya que se pudo lograr el objetivo.

Recomendaciones

- La aplicación en su actualidad está programada de tal manera que indique alertas si la información no está siendo llevada de la manera más adecuada. Sin embargo, es recomendable para el administrador de la hacienda que lleve un correcto ingreso de información en la base de datos, en cuanto respecta a fechas de celo, fecundación, parto, secado, datos de localización, datos de genealogía, etc. Esto con el fin de que la aplicación pueda mostrar la información más acertadamente.
- En caso de querer compilar el código de la aplicación para que funcione en equipos celulares con sistema operativo distinto a Android, se recomienda revisar el manual de Unity 2021.3.18f1 y buscar la información relacionada al complemento del sistema operativo al que se quiere adaptar. Estructuralmente la aplicación está diseñada para que funcione y se desempeñe en cualquier plataforma.
- Tomando en cuenta la corta distancia de lectura del lector RFID, se recomienda trabajar en otras opciones para alargar el alcance. Así por ejemplo se podría diseñar e implementar un dispositivo mecánico tipo palanca en el cual este instalado el lector. Esta solución, además de aumentar la distancia de lectura disminuirá la

posibilidad de que el animal se asuste con la presencia cercano de personas durante el proceso de identificación.

Trabajos futuros

La aplicación “**Bellavista**” es un prototipo dirigido para la hacienda del mismo nombre, que contiene funcionalidades útiles. Sin embargo, se pueden ampliar otras funcionalidades, como son el registro de información genealógica de cada animal directamente desde la aplicación, actualización de la información ya registrada anteriormente, de igual manera desde la aplicación, alertas de vacunas, entre otras. Esto a más de mejorar la aplicación, permitiría que más estudiantes puedan trabajar en su desarrollo y colaboran con el sector productivo del país brindando una herramienta tecnológica útil y actualizada.

Como se mencionó, los requerimientos funcionales de la aplicación se obtuvieron de la información que actualmente está en la base de datos de la hacienda. Al existir constantes cambios y mejoras en el sistema de gestión, se debería robustecer el sistema mediante el aumento de características y condiciones. Por lo que se podría pensar en diseñar otras aplicaciones de gestión ganadera que podrían complementar o mejorar la aplicación desarrollada durante este proyecto. Adicionalmente a partir de esta versión se podría implementar otras aplicaciones similares para otras haciendas de pequeños y medianos ganaderos.

Finalmente, otro campo de acción sería probar diferentes tipos de sensores y tecnologías para facilitar el uso de la aplicación y trabajar sobre otros sistemas operativos.

Referencias

- Agrofácil. (2022). *Pros y contras de la ganadería*. Recuperado el 04 de julio de 2023, de <https://www.agrofacil.co/pros-y-contras-de-la-ganaderia-sostenible/>
- Bermejo, A., Portillo, J., & Bernardos, A. (2018). *Tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID): aplicaciones en el ámbito de la salud*. Confederación Empresarial de Madrid, Madrid. Recuperado el 25 de enero de 2023, de https://www.madrimasd.org/sites/default/files/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/VT/_VT13_RFID.pdf
- Bonilla, W. (2010). *Registro y controles en ganado lechero*. Programa producción de leche. Recuperado el 21 de junio de 2023, de <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/30962/NR40290.pdf?sequence=1>
- Borges, S. (2021). *Servidor Web*. infranetworking. Recuperado el 25 de junio de 2023, de https://blog.infranetworking.com/servidor-web/#Que_es_un_servidor_web
- Caballero, I. (2021). *Big data: la gestión de la información, clave para la rentabilidad de las granjas*. Ganadería. Recuperado el 25 de junio de 2023, de https://archivo.revistaganaderia.com/big-data/economia/big-data-la-gestion-de-la-informacion--clave-para-la-rentabilidad-de-las-granjas_13130_106_16386_0_1_in.html
- Cadavieco, J., Pascual, M., & Ferreira, M. (2012). *Realidad aumentada, una evolución de las aplicaciones de los dispositivos móviles*. Revista de Medios y Educación, Sevilla. Recuperado el 25 de enero de 2023, de <https://www.redalyc.org/pdf/368/36828247015.pdf>
- Cajamarca, N., & Sanipatin, I. (2021). *Diseño e implementación de un sistema automático de identificación, monitoreo y registro de las diferentes actividades pecuarias en la producción*

lechera de la hacienda Bellavista ubicada en la parroquia rural Lloa, provincia de Pichincha.

ESPE, Quito. Recuperado el 25 de septiembre de 2022

Camargo, J., Camargo, J., & Aguilar, L. (2015). *Conociendo Big Data*. Facultad de Ingeniería, Tunja, Colombia. Recuperado el 25 de junio de 2023, de <https://www.redalyc.org/pdf/4139/413940775006.pdf>

Chiyana, S. (2021). *¿Qué es Node.js, y para qué sirve?* ITDO. Recuperado el 25 de junio de 2023, de <https://www.itdo.com/blog/que-es-node-js-y-para-que-sirve/#:~:text=basado%20en%20JavaScript,-,Node.,procesos%2C%20pues%20no%20hay%20bloqueos.>

Cimorra, A., Urueña, A., & Cañas, F. (2009). *La tecnología RFID: Usos y oportunidades*. ONTSI, Madrid. Recuperado el 24 de enero de 2023, de <https://www.ontsi.es/sites/ontsi/files/1259578419892.pdf>

Contexto Ganadero. (2022). *Registros genealógicos, la base para la rentabilidad del negocio ganadero*. FEDEGAN, Colombia. Recuperado el 22 de junio de 2023, de <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/registros-genealogicos-la-base-para-la-rentabilidad-del-negocio-ganadero>

Correal, H. (2009). *Uso de anabólicos en bovinos*. Sitio Argentino de Producción Animal, Cundinamarca, Colombia. Recuperado el 24 de enero de 2023, de https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_promotores_crecimiento/27-anabolicos.pdf

Envira. (2019). *Tecnología IoT en la ganadería*. Recuperado el 25 de junio de 2023, de <https://enviraiot.es/tecnologia-en-la-ganaderia/>

- FAO. (2022). *Producción pecuaria en América Latina y el Caribe*. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, Uruguay. Recuperado el 23 de enero de 2023, de <https://www.fao.org/americas/prioridades/produccion-pecuaria/es/>
- FAO. (s.f.). *Ganadería sostenible y cambio climático en América Latina y el Caribe*. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Recuperado el 07 de julio de 2023, de <https://www.fao.org/americas/prioridades/ganaderia-sostenible/es/>
- FAO. (s.f.). *Producción pecuaria en América Latina y el Caribe*. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Recuperado el 02 de julio de 2023, de <https://www.fao.org/americas/prioridades/produccion-pecuaria/es/>
- Fernández, A., & López, S. (2017). *La gestión reproductiva en vacuno de carne es una apuesta de futuro*. Grupo Asis. Recuperado el 23 de julio de 2023, de <https://www.portalveterinaria.com/rumiantes/articulos/13790/la-gestion-reproductiva-en-vacuno-de-carne-es-una-apuesta-de-futuro.html#:~:text=La%20gesti%C3%B3n%20reproductiva%20es%20el,impacto%20de%20las%20enfermedades%20infectocontagiosas%2C>
- Figuerola, B., Alemán, M., & Legarreta, O. (2003). *Necesidades de Investigación y Transferencia de Tecnología de la Cadena de Bovinos de Doble Propósito en el estado de Veracruz*. Colegio de Postgraduados, Tepetates. Recuperado el 23 de enero de 2023, de <https://docplayer.es/43374839-Necesidades-de-investigacion-y-transferencia-de-tecnologia-de-la-cadena-de-bovinos-de-doble-proposito-en-el-estado-de-veracruz.html>
- Flores , F., & Cossio, E. (2021). *Aplicaciones, Enfoques y Tendencias del Internet de las Cosas (IoT): Revisión Sistemática de la Literatura*. Academia Journals, México. Recuperado el 25 de junio de 2023, de

<https://ciateq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1020/543/1/Aplicaciones%20enfocadas%20y%20tendencias%20del%20IoT.pdf>

García, F. (2015). *Servicios Web: qué son y qué tecnología usar en su desarrollo*. Arsys. Recuperado el 25 de junio de 2023, de <https://www.arsys.es/blog/web-services-desarrollo#:~:text=Un%20web%20service%20es%20una,web%20services%20p%C3%ABlicos%20o%20privados.>

Gómez, D. (2021). Ganadería sostenible. *Los beneficios de monitorear la rumia como indicador de bienestar*. Contexto ganadero. Recuperado el 23 de septiembre de 2022, de <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/los-beneficios-de-monitorear-la-rumia-como-indicador-de-bienestar>

Grupo Miguel Vergara. (s.f.). *Qué es el manejo animal: Cria y manutención del ganado*. Recuperado el 16 de julio de 2023, de <https://www.miguelvergara.com/actualidad/blog/que-es-el-manejo-animal-cria-y-manutencion-del-ganado/>

Hazard, S. (2015). *Condición corporal de las vacas lecheras: un método para conocer el estado nutricional de las vacas lecheras y como enfrentar en mejor forma los aspectos reproductivos*. Engormix, Chile. Recuperado el 07 de agosto de 2023, de <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/condicion-corporal-vacas-lecheras-t32210.htm>

INEC. (2020). Sector ganadero. *Análisis 2014-2019*. INEC. Recuperado el 25 de septiembre de 2022, de <https://blogs.cedia.org.ec/obest/wp-content/uploads/sites/7/2020/06/SECTOR-GANADERO-FINAL.pdf>

- MAGAP. (2014). *Nutrición del ganado bovino lechero*. MAGAP, Ecuador. Recuperado el 24 de enero de 2023, de <https://www.agricultura.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/11/Nutrici%C3%B3n-del-ganado-bovino-lechero.pdf>
- Maizar. (2010). *Hacia una ganadería de precisión*. Recuperado el 12 de julio de 2023, de <http://www.maizar.org.ar/vertext.php?id=332#:~:text=El%20especialista%20destaca%20que%20la,manejo%20racional%20de%20los%20recursos.>
- Miteris. (2022). *¿Qué es Python? Características y librerías*. Recuperado el 25 de junio de 2023
- Moreno, J. (2021). *Qué es la realidad aumentada y 20 ejemplos de uso exitoso en empresas*. HubSpot. Recuperado el 26 de junio de 2023, de <https://blog.hubspot.es/service/ejemplos-realidad-aumentada>
- Opio, C., & Sangoluisa, P. (2021). *Innovaciones en el sector ganadero*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado el 04 de julio de 2023, de <https://www.fao.org/3/cb6371es/cb6371es.pdf>
- Oracle. (2022). *¿Qué es una base de datos?* Recuperado el 26 de junio de 2023, de <https://www.oracle.com/mx/database/what-is-database/>
- Pascual, L. (2018). *Buenas prácticas de ordeño. ¿Cuáles son y por qué son importantes?* Recuperado el 21 de junio de 2023, de <https://lechepascual.es/articulos/leche-pascual/buenas-practicas-de-ordeno/>
- Reyes , M., Bravo, D., & Vélez, P. (2010). *Radiofrecuencia de identificación (RFID):microtecnología de gran impacto*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú. Recuperado el 24 de enero de 2023, de https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/risi/2010_n2/v7n2/a09v7n2.pdf

- Robledano, A. (2019). *Qué es MySQL: Características y ventajas*. OpenWebinars. Recuperado el 26 de junio de 2023, de <https://openwebinars.net/blog/que-es-mysql/>
- Ruiz, C. (2021). *Diagnóstico oportuno y tratamiento eficaz en Ganado Bovino*. Ganaderia.com, México. Recuperado el 24 de enero de 2023, de <https://www.ganaderia.com/destacado/diagnostico-oportuno-y-tratamiento-eficaz-en-ganado-bovino>
- Sánchez, A. (2010). *Parámetros reproductivos de bovinos en regiones tropicales de México*. Universidad Veracruzana, México. Recuperado el 23 de enero de 2023, de https://www.uv.mx/personal/avillagomez/files/2012/12/Sanchez-2010._Parametros-reproductivos-bovinos.pdf
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2023). *Ganadería sostenible*. Gobierno de México. Recuperado el 04 de julio de 2023, de <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/ganaderia-sostenible#:~:text=La%20ganader%C3%ADa%20sostenible%20es%20un,naturales%20utilizados%20en%20la%20producci%C3%B3n.>
- SLU. (2022). *¿Qué es el lenguaje de programación PHP?* Estados Unidos. Recuperado el 25 de junio de 2023, de <https://worldcampus.saintleo.edu/noticias/sistemas-computacionales-que-es-el-lenguaje-de-programacion-php>
- Smith, J. (s.f.). *Gestión de la producción: definición, importancia y soluciones de software*. MRPeasy. Recuperado el 23 de julio de 2023, de https://www.mrpeasy.com/es/gestion-de-la-produccion/#%C2%BFQue_es_la_gestion_de_la_produccion
- Stackscale. (2022). *Top servidores web*. Recuperado el 25 de junio de 2023, de https://www.stackscale.com/es/blog/top-servidores-web/#Apache_HTTP_Server

Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., & de Haan, C. (2009). *La larga sombra del ganado*. FAO. Recuperado el 02 de julio de 2023, de <https://www.fao.org/3/a0701s/a0701s.pdf>

TIERRA. (2022). *La ganadería de precisión*. Recuperado el 25 de junio de 2023, de <https://www.plataformatierra.es/innovacion/la-ganaderia-de-precision/>

Apéndices

Apéndice A Manual de usuario del lector RFID

Apéndice B Diccionario de datos

Apéndice C Manual de instalación de software Unity

Apéndice D Diagrama de flujo general de las pantallas