



Innovación móvil para el seguimiento eficiente del ganado bovino en Hacienda San Gabriel

Mobile innovation for efficient cattle tracking at San Gabriel ranch

Inovação móvel para rastreamento eficiente de gado na fazenda San Gabriel

Jesús Antonio Coloma-Garófalo ^I

jcoloma@ueb.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-1827-3296>

Jessica Marisol Agualongo-Caiza ^{II}

jessicaagualongo25@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0000-3784-0589>

Correspondencia: jcoloma@ueb.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas

Artículo de Investigación

***Recibido:** 23 de febrero de 2023 ***Aceptado:** 17 de abril de 2023 * **Publicado:** 15 de mayo de 2023

- I. Universidad Estatal de Bolívar, Campus matriz “Alpachaca”, Guaranda, Ecuador.
- II. Investigadora Independiente, Guaranda, Ecuador.

Resumen

La ganadería en Ecuador enfrenta diversos desafíos, entre ellos el descontrol en el registro del ganado, donde los datos se almacenan en papel o en la memoria del ganadero, dificultando el procesamiento y generando riesgo de pérdida de información. Por esta razón, es crucial en la ganadería tener una herramienta informática para el control exhaustivo de los registros de los bovinos, desde su existencia hasta su historial de vida (partos, producción de leche, edad, vacunas) y la tasa de mortalidad del ganado. Con el objetivo de mejorar la gestión de los animales y la toma de decisiones en la hacienda, se ha desarrollado una aplicación móvil utilizando tecnologías móviles e IoT. El desarrollo de la herramienta está basado en una arquitectura distribuida, utilizando tecnologías tales como React Native, Expo del lado del cliente, para la capa de lógica de negocio Laravel y la capa de datos combina PostgreSQL, MongoDB y SQLite, todo basado en una arquitectura limpia. La herramienta cuenta con módulos para la gestión de bovinos, control de producción, gestión de trabajadores, gestión veterinaria, gestión de tareas, generación de reportes, gestión de ventas de bovinos y un módulo para visitantes. Al implementar la aplicación móvil, se brinda una solución tecnológica que centraliza y facilita el acceso a la información ganadera de manera eficiente. Además, se promueve una mejor toma de decisiones basada en datos precisos y actualizados, que contribuye a optimizar los procesos y el rendimiento de la hacienda ganadera en Ecuador.

Palabras Claves: Tecnología móvil; Gestión ganadera; Sector ganadero; Aplicación móvil; Productividad; React Native; SQLite.

Abstract

Livestock farming in Ecuador faces several challenges, among them the lack of control in cattle registration, where data is stored on paper or in the farmer's memory, making processing difficult and generating the risk of information loss. For this reason, it is crucial in cattle ranching to have a computerized tool for the exhaustive control of cattle records, from their existence to their life history (calving, milk production, age, vaccinations) and the mortality rate of the cattle. With the aim of improving animal management and decision making on the ranch, a mobile application has been developed using mobile and IoT technologies. The development of the tool is based on a distributed architecture, using technologies such as React Native, client-side Expo, for the business

logic layer Laravel and the data layer combines PostgreSQL, MongoDB and SQLite, all based on a clean architecture. The tool has modules for cattle management, production control, worker management, veterinary management, task management, report generation, cattle sales management and a visitor module. The implementation of the mobile application provides a technological solution that centralizes and facilitates access to livestock information in an efficient manner. In addition, it promotes better decision making based on accurate and updated data, which contributes to optimizing the processes and performance of cattle ranching in Ecuador.

Keywords: Mobile technology; Livestock management; Livestock industry; Mobile application; Productivity; React Native; SQLite.

Resumo

A pecuária no Equador enfrenta vários desafios, entre eles a falta de controle no cadastro de gado, onde os dados são armazenados em papel ou na memória do pecuarista, dificultando o processamento e gerando risco de perda de informações. Por esta razão, é fundamental na pecuária ter uma ferramenta informática para o controle exaustivo dos registros bovinos, desde a sua existência até à sua história de vida (partos, produção de leite, idade, vacinações) e taxa de mortalidade dos bovinos. Com o objetivo de melhorar o manejo animal e a tomada de decisão na granja, foi desenvolvido um aplicativo mobile utilizando tecnologias mobile e IoT. O desenvolvimento da ferramenta é baseado em uma arquitetura distribuída, utilizando tecnologias como React Native, Expo no lado do cliente, Laravel para a camada de lógica de negócios e a camada de dados combina PostgreSQL, MongoDB e SQLite, tudo baseado em uma arquitetura distribuída. . A ferramenta possui módulos para gerenciamento de gado, controle de produção, gerenciamento de trabalhadores, gerenciamento veterinário, gerenciamento de tarefas, geração de relatórios, gerenciamento de vendas de gado e um módulo para visitantes. Ao implementar a aplicação móvel, é disponibilizada uma solução tecnológica que centraliza e facilita o acesso à informação pecuária de forma eficiente. Além disso, promove-se uma melhor tomada de decisão com base em dados precisos e atualizados, o que contribui para otimizar os processos e o desempenho da fazenda de gado no Equador.

Palavras-chave: Tecnologia móvel; Gestão de gado; Setor pecuário; Aplicativo móvel; Produtividade; ReactNative; SQLite.

Introducción

La cría de ganado representa una fuente crucial de alimentos para casi mil millones de personas en todo el mundo (FAO, 2009) y (FAO, 2011). La mayoría de países del mundo han implementado sistemas de información que manejan y monitorizan los procesos ganaderos (Ilyas & Ahmad, 2020). En Ecuador, la cría de ganado bovino se caracteriza por ser extensivos (5 millones de hectáreas dedicadas a la ganadería con 4,1 millones de cabezas de ganado), con baja productividad (5,38 litros por vaca y una carga animal de 0,68. Unidad Animal por hectárea) y mal aprovechamiento de los pastos. Existen cerca de 300000 explotaciones ganaderas, de las cuales el 57% tiene una superficie inferior a 10 hectáreas. Cerca del 34% de la producción nacional de leche proviene de familias ganaderas que poseen menos de 20 hectáreas (FAO, 2022).

Actualmente el Ministerio de Agricultura y Ganadería realiza el registro de animales de los cuales solo toman datos del ganadero, número de animales machos y hembras, vacuna de la fiebre aftosa y su brigada de vacunación (MAG, s. f.), requisito indispensable para la comercialización de animales en plazas y demás lugares de expendio (Agrocalidad, 2016), dicha información es accesible desde la página web institucional del ministerio, por esta razón en la ganadería, es de gran importancia el control de los registros de los bovinos desde su existencia (cantidad) hasta su historial de vida (partos, producción de leche, edad, vacunas) así como la tasa de mortalidad del ganado.

La ganadería en Ecuador enfrenta diversos desafíos, entre ellos el descontrol en el registro del ganado, el cual se almacena de manera tradicional en papel, calendarios, cuadernos y en la mente del ganadero. Esta práctica dificulta el procesamiento de la información y conlleva el riesgo de pérdida de datos valiosos. Además, el almacenamiento de registros en papel resulta engorroso y requiere un espacio físico considerable, lo que dificulta el acceso rápido a la información cuando se necesita. La falta de un sistema centralizado y estructurado para el registro y seguimiento del ganado dificulta la toma de decisiones informadas y la planificación estratégica en las haciendas ganaderas (Prado-Fernández, 2007).

Asimismo, el manejo manual de los registros aumenta la probabilidad de errores humanos, como la duplicación de datos, la pérdida de registros o la falta de actualización. Estos errores pueden tener un impacto significativo en la gestión ganadera, desde la planificación de la reproducción y la alimentación hasta el control de enfermedades y la trazabilidad del ganado. Ante estos desafíos, es fundamental implementar soluciones tecnológicas innovadoras, como aplicaciones móviles

especializadas, que permitan el registro, seguimiento y control eficiente del ganado bovino (Usuga-Escobar et al., 2022). Estas herramientas pueden mejorar la productividad, la trazabilidad, la toma de decisiones y el cumplimiento de los requisitos legales, brindando a los ganaderos una ventaja competitiva en el sector (Baz Alonso et al., s. f.).

Las aplicaciones móviles enfocadas en el sector ganadero permiten a los productores llevar un registro digitalizado de cada animal, incluyendo información sobre su edad, peso, vacunaciones y enfermedades (Sangoluisa Rodríguez & Opio, 2022). Además, estas aplicaciones también pueden ayudar a predecir la fecha de parto de las vacas, lo que facilita una mejor planificación y organización de la gestión del ganado.

El uso de estas aplicaciones conlleva múltiples beneficios para los ganaderos. En primer lugar, se logra un ahorro considerable de tiempo y dinero en la gestión de la información sobre el ganado. Al contar con registros digitalizados y accesibles, se evita la necesidad de llevar registros en papel y se simplifica el proceso de búsqueda y análisis de datos (Crivei & Crivei, 2019). Además, estas aplicaciones brindan una mayor facilidad para detectar problemas de salud y prevenir enfermedades. Al tener un registro detallado de cada animal, se pueden identificar patrones y signos de alerta tempranos, lo que permite tomar medidas preventivas de manera oportuna y reducir los riesgos para la salud del ganado.

Otro beneficio importante es la mejora en la productividad y rentabilidad del negocio ganadero. Al tener un mayor control y seguimiento de las actividades del ganado bovino, se pueden optimizar los procesos de reproducción, alimentación y cuidado, lo que se traduce en un aumento en la eficiencia y la producción. Asimismo, estas aplicaciones también son útiles para los veterinarios que trabajan con ganado bovino, ya que les permiten acceder a información actualizada sobre cada animal y tomar decisiones más informadas sobre su salud. Esto promueve una colaboración más efectiva entre los ganaderos y los profesionales veterinarios, contribuyendo al bienestar del ganado.

Metodología

Esta investigación tiene un enfoque aplicativo y tiene como objetivo detallar y describir los procesos de control y seguimiento del ganado bovino. Para lograr este objetivo, se empleó una metodología mixta que permitió recopilar información tanto en la investigación de campo como a través de enfoques cualitativos y cuantitativos. El enfoque cualitativo se utilizó para describir en detalle los procesos llevados a cabo en la hacienda, proporcionando un entendimiento profundo de

las prácticas existentes. Por otro lado, el enfoque cuantitativo se utilizó para realizar cálculos y pruebas estadísticas con el fin de comprobar las hipótesis planteadas y proporcionar evidencia cuantitativa.

La aplicación móvil para el registro y control de ganado bovino fue desarrollada utilizando el framework React Native en un sistema operativo basado en Linux (Fedora), y se escribió en lenguaje JavaScript con la librería de componentes de React. Además, se utilizó SQLite del lado del teléfono para trabajar sin conexión a internet y almacenar la información localmente. Para facilitar la sincronización bidireccional entre la aplicación y la base de datos, se desarrolló una API REST en Laravel y PostgreSQL del lado del servidor, lo que permite almacenar datos en un servidor seguro en la nube, analizar el tráfico de usuarios y su rendimiento.

La aplicación fue ensamblada utilizando la solución de software proporcionada por Expo y se encuentra actualmente en fase de producción. Si el proyecto piloto tiene éxito, la aplicación se distribuirá en la tienda virtual oficial Google Play de manera gratuita. Este sistema de gestión digital de la actividad de registro, control de salud, reproductiva, alimentación e informes estadísticos del ganado, requiere el uso obligatorio de un smartphone con sistema operativo Android (versión 5.1. Lollipop o superior) y un teléfono con cámara incorporada, opcionalmente con linterna incorporada para situaciones con poca luminosidad en el interior de la hacienda. La sincronización con la base de datos de la nube es necesaria antes y después de cada actividad o proceso, ya que toda la información se almacena en una base de datos.

En cuanto a la metodología de desarrollo de software para construir el aplicativo móvil, se empleó Scrum. Esta metodología ágil se adapta a proyectos de equipos pequeños y corta duración. El proceso de desarrollo se realizó de manera incremental, siguiendo las etapas de definición de sprint, planificación de sprint, desarrollo de sprint, reuniones diarias, revisiones, incremento y retroalimentación.

Resultados

En esta sección se hace referencia los aspectos que se consideraron en la investigación para desarrollar el aplicativo móvil.

La aplicación móvil **Gapp** está estructurada de nueve módulos (ver figura 2), estos son: gestión de bovinos, control de producción, gestión de trabajadores, gestión veterinaria, gestión de tareas, reportes, gestión de ventas de bovinos y un módulo para visitantes, cada uno cuenta con

subsecciones las cuales muestran información específica de cada módulo y una sesión para configuraciones.

Asimismo, el aplicativo cuenta con una pantalla de inicio de sesión para el ingreso de los diferentes roles configurados tales como administrador, propietario, veterinario y trabajadores.



Figura 1. Pantalla de inicio de sesión



Figura 2. Menú principal de la aplicación

Los módulos principales están representados por:

Gestión de bovinos permite registrar la información de un animal bovino como son: el identificado o código de arete, raza, nombre, propósito, fecha de nacimiento, tipo de origen (nacido o comprado) entre otros datos importantes.

Control de producción esta sección permite realizar un registro diario de la producción de leche, con el objetivo de medir el rendimiento de producción lechero, también permite registrar el estado reproductivo si una vaca está en celo, producción, gestación y descanso.

Gestión de trabajadores permite el registro y administración del personal de la granja. Una vez que un trabajador ha sido registrado, es posible actualizar su información y suspender su cuenta en caso de ser necesario.

Gestión Veterinaria es una sección crucial de la aplicación móvil ya que permite a los usuarios llevar un registro detallado del estado de salud de cada animal. Además de registrar el historial médico completo del animal, como recetas y tratamientos, también permite registrar la alimentación y vacunación del animal. Esta sección también proporciona recordatorios de vacunas y tratamientos necesarios para garantizar la salud continua del animal. La información registrada en esta sección puede ayudar a los veterinarios a tomar decisiones informadas y a mantener la salud óptima del rebaño.

Gestión de tareas: esta sección permite el registro y seguimiento de tareas que se deben realizar en la granja.

Reportes permite generar gráficos y tablas en tiempo real del rebaño bovino, clasificados por sexo, raza, edad, estado reproductivo y producción (carne, leche o mixta). También se pueden visualizar los animales en tratamiento, vacunas y su historial. Los reportes están diseñados para ofrecer una visión general clara y organizada del estado del ganado, permitiendo una toma de decisiones más informada. Los reportes se actualizan automáticamente y están disponibles para descarga y visualización en la aplicación móvil.

Gestión de Ventas permite a los usuarios gestionar la comercialización de los animales bovinos por medio de la aplicación móvil. El propietario puede publicar uno o varios animales en venta, especificando su raza, peso, edad y otras características relevantes. Además, los interesados pueden contactar al vendedor directamente a través de la aplicación para hacer consultas o concretar la compra. Con esta funcionalidad, la herramienta facilita el proceso de venta de animales bovinos y brinda una plataforma de comercio más eficiente y accesible para los usuarios.

Visitantes: esta sección permite el acceso a personas externas que descarguen la aplicación móvil desde la Play Store en dispositivos Android, y les permite ver información relevante sobre los animales en comercialización, como el número de animales disponibles, su raza, peso, y precio de venta. El propósito de esta sección es proporcionar información actualizada sobre los animales disponibles para la venta, para que los visitantes puedan tomar una decisión informada. No se permite la realización de compras directamente desde la aplicación.

Después de navegar por las secciones de bienvenida e iniciado la sesión, el usuario será redirigido automáticamente al área del menú principal y/o al menú de navegación al que se puede acceder haciendo un gesto de deslizar hacia la izquierda y desde la barra inferior de navegación. A través de estas dos secciones, el usuario puede navegar y acceder a cualquier módulo de la aplicación (ver figura 3).



Figura 3. Menú principal del aplicativo móvil

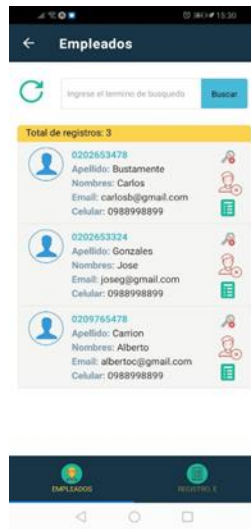


Figura 4. Lista de empleados

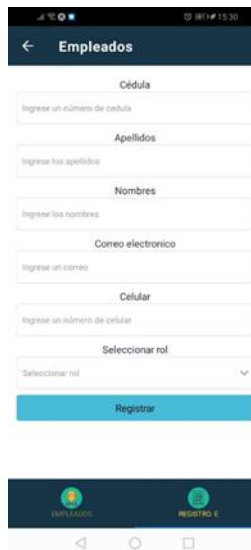


Figura 5. Registro de empleados en el aplicativo móvil

La aplicación móvil cuenta con un módulo de empleados que se encuentra disponible en la parte inferior de la pantalla. Al seleccionar esta opción, el usuario podrá ingresar la información solicitada en el formulario correspondiente (ver figura 5) y visualizar el listado de trabajadores (ver figura 4).

Además, la aplicación ofrece diversas opciones para explorar de acuerdo al rol de cada usuario y agregar información relacionada con el registro de animales bovinos, control de producción de

leche, registro de razas, peso, sexo, edad, origen y otros datos relevantes. De esta forma, se generan automáticamente los reportes necesarios según los filtros que el usuario establezca.

Para obtener una visión detallada de la solución, se puede consultar la figura 7, que muestra los componentes del sistema y su interacción. Por otro lado, el flujo de información se representa en la figura 6, donde se puede apreciar cómo los datos fluyen a través de los diferentes módulos del sistema. Es importante destacar que el sistema está construido utilizando una arquitectura distribuida que integra el flujo de información de manera eficiente.

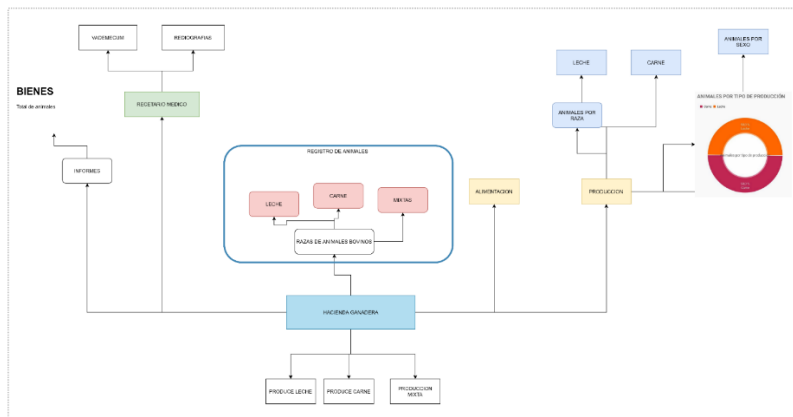


Figura 6. Flujo de información

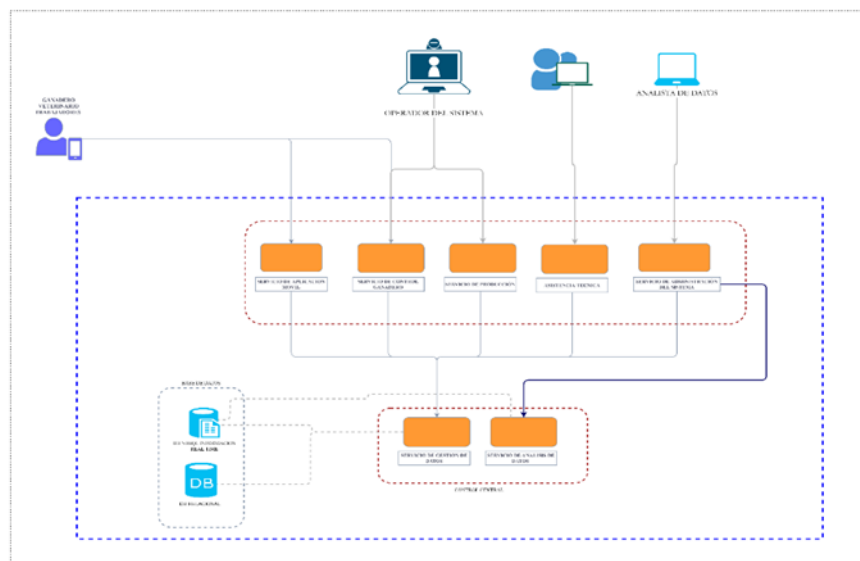


Figura 7. Diagrama de solución

La construcción del aplicativo móvil se ha diseñado utilizando una arquitectura limpia que se basa en la separación clara de las responsabilidades en tres capas principales (ver figura 8). La capa de presentación, también conocida como interfaz de usuario, es la capa visible para el usuario final y le permite interactuar con las funciones de la aplicación. La capa de aplicación es la capa de lógica de negocios, que contiene las reglas del negocio y la lógica de la aplicación. Esta capa es independiente de la interfaz del usuario y de la capa de datos. Por último, la capa de datos o infraestructura es responsable de interactuar con la base de datos o cualquier otra fuente externa a la aplicación.

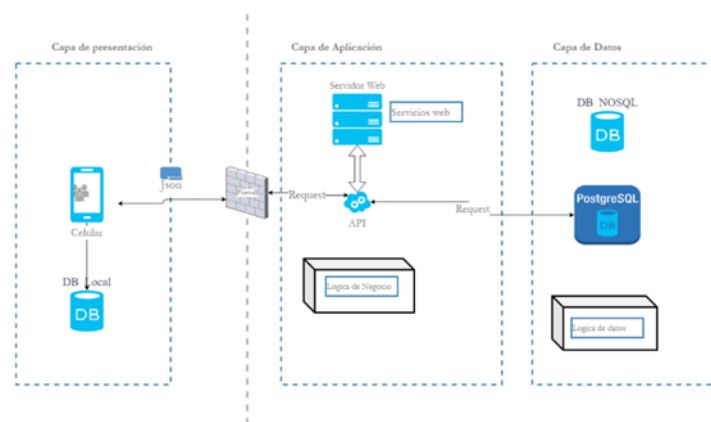


Figura 8. Arquitectura de la Aplicación

La arquitectura de sincronización de la aplicación móvil se muestra en la figura 9. Para garantizar un intercambio bidireccional seguro entre la aplicación local y el servidor, se utiliza el protocolo HTTPS (Hypertext Transfer Protocol Secure). HTTPS es una versión segura del protocolo HTTP que cifra los datos que se transmiten entre la aplicación y el servidor para proteger la confidencialidad e integridad de la información. Esto se logra mediante el uso de certificados SSL/TLS, que autentican la identidad del servidor y garantizan que los datos se transmiten de forma segura. Al sincronizar la información, se actualizan las bases de datos tanto en la aplicación como en el servidor para mantener una única fuente de datos y garantizar la disponibilidad de la información.

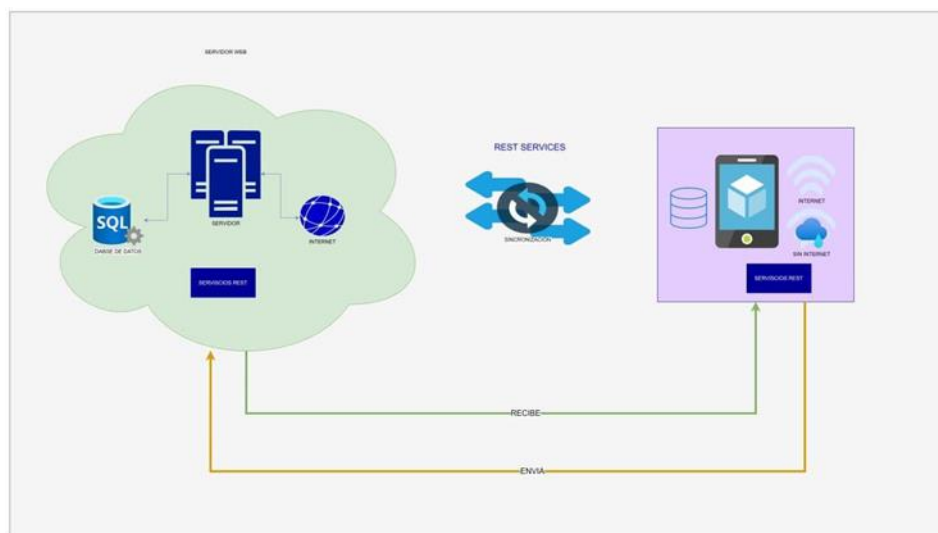


Figura 9. Arquitectura de sincronización

Discusión

La adopción de tecnologías de la información y comunicación en el sector ganadero ha sido fundamental para la toma de decisiones en tiempo real en países desarrollados. Sin embargo, en Ecuador aún no se ha aprovechado todo el potencial de estas tecnologías, lo que ha generado problemáticas en la salud del ganado bovino (Neethirajan & Kemp, 2021). Por ejemplo, no se cuenta con registros oficiales de animales por razas, lo que dificulta la implementación de estrategias de mejoramiento genético. Por tanto, es necesario fomentar la incorporación de tecnologías innovadoras en el sector ganadero en Ecuador para mejorar la gestión de la información y, en consecuencia, la productividad y rentabilidad de la industria.

La implementación de la aplicación móvil Gapp en la Hacienda San Gabriel ha demostrado ser una herramienta eficaz para el control del ganado bovino, los empleados, veterinarios y dueño de la hacienda realizan de forma ágil y sencilla el registro de animales bovinos, búsqueda, control de leche, control de enfermedades y registro de recién nacidos dependiendo del rol que cada uno tenga al interior de la app móvil, sin embargo, se estableció dos dimensiones una para los procedimientos de control de información del ganado y otra orientada a la funcionalidad para las dos se establecieron test de medición dando como resultado un 65,33% tiene un alto grado de aceptación de la app móvil GAPP, mientras que el 24% se suma de manera afirmativa en tiempos de respuesta, desempeño, procesos y dificultades de uso, dando un total de 89,33% en la mejora el control del

ganado bovino en la Hacienda San Gabriel. Mientras que un 10.67% forma parte de la población indecisa por motivos que se conoce tales como: poco uso de la tecnología, no cuentan con internet en el teléfono y prefieren llevar el proceso de forma manual.

Conclusiones

Se llevaron a cabo diversos procesos de análisis para comprender el historial de vida, producción de leche, actividades de empleados, registro de personal y estado reproductivo del ganado bovino. Como resultado, se identificaron quince requerimientos funcionales y seis requerimientos no funcionales para la aplicación móvil. Cabe destacar que se logró cumplir con el estándar IEEE 830 en su totalidad.

El control administrativo de la ganadería, incluyendo la producción de leche y el tratamiento de enfermedades en una hacienda, es de suma importancia. Existen varias aplicaciones móviles que permiten llevar a cabo estas actividades, como Agri (Suite Ganadera), que controla el estado del animal, las crías, el inventario de leche, los módulos de registro ganadero, administrativo y nómina de empleados. Otra aplicación es BovControl, que tiene módulos similares a los de Agri. Progan Mobile ofrece módulos de registro ganadero, administrativo y nómina. Aunque todas estas aplicaciones son de pago y tienen limitaciones en cuanto a su interfaz, costo y tiempos de respuesta, a diferencia de la propuesta en este trabajo, no permiten trabajar sin conexión a internet. La aplicación desarrollada en este trabajo cuenta con módulos de seguimiento de actividades, inventario de animales, producción lechera, venta de animales, registro de ubicación geográfica de la hacienda, así como un historial clínico del bovino, proporcionando datos primordiales para el hacendado.

Gapp es un software diseñado para brindar un seguimiento completo del historial clínico y producción del ganado bovino, permitiendo obtener reportes precisos de ganancia de leche, inventarios y tareas realizadas por trabajador. Además, cuenta con la ventaja de realizar respaldos automáticos en la nube, lo que facilita la recuperación de la información en caso de pérdida de datos o fallas en el sistema local. Para garantizar un alto grado de seguridad en el acceso y manejo de la información, Gapp utiliza un control de usuarios basado en roles y la utilización de tokens de seguridad. Estas características no se encuentran disponibles en el software Progan Mobile.

Referencias

1. Agrocalidad. (2016). *REGLAMENTO ZOOSANITARIO DE CENTROS DE CONCENTRACION DE ANIMALES*. www.lexis.com.ec
2. Baz Alonso, A., Ferreira Artime, I., Álvarez Rodríguez, M., & García Baniello EPSIG, R. (s. f.). *Dispositivos móviles*.
3. Crivei, I., & Crivei, L. A. (2019). Mobile Management & Monitoring System for Cattle Reproduction Studies regarding subclinical endometritis in repeat breeding cows View project. *Filodiritto Editore Proceedings*.
4. FAO. (2009). Livestock in the balance THE STATE OF FOOD AND AGRICULTURE. *Rome, FAO*. <http://www.fao.org/catalog/inter-e.htm>
5. FAO. (2011). World Livestock 2011 Livestock in food security. *Rome, FAO*.
6. FAO. (2022). Ganadería climáticamente inteligente en Ecuador: Una colaboración estratégica entre la empresa privada y la FAO. *FAO publications catalogue 2022*. <https://doi.org/10.4060/CC2323EN>
7. Ilyas, Q. M., & Ahmad, M. (2020). Smart farming: An enhanced pursuit of sustainable remote livestock tracking and geofencing using IoT and GPRS. *Wireless Communications and Mobile Computing, 2020*. <https://doi.org/10.1155/2020/6660733>
8. MAG. (s. f.). *En mayo inicia la primera fase de vacunación contra fiebre aftosa – Ministerio de Agricultura y Ganadería*.
9. Neethirajan, S., & Kemp, B. (2021). Digital Livestock Farming. *Sensing and Bio-Sensing Research, 32*. <https://doi.org/10.1016/J.SBSR.2021.100408>
10. Prado-Fernández, E. F.-C. S.-Z. (2007, enero). *LA PLANIFICACIÓN EN LA GANADERÍA*.
11. Sangoluisa Rodríguez, P., & Opio, C. (2022). *Innovaciones en el sector ganadero*. <https://doi.org/10.4060/cc0876es>
12. Usuga-Escobar, J. F., Palacio-Baena, L. G., & Barrios, D. (2022). Aceptación tecnológica de una aplicación móvil para la gestión de negocios lecheros. *Revista CEA, 8(17)*, e2007. <https://doi.org/10.22430/24223182.2007>