

Monitoreo del estado de salud de cuyes a través de un sistema automatizado de identificación y pesaje

Paula Catalina Arellano Eraso
Kenier Stiven Guerrero Paz

Universidad CESMAG
Facultad de Ingeniería
Ingeniería de sistemas
Pasto – Nariño
2024

Monitoreo del estado de salud de cuyes a través de un sistema automatizado de identificación

Monitoreo del estado de salud de cuyes a través de un sistema automatizado de
identificación y pesaje

Paula Catalina Arellano Eraso
Kenier Stiven Guerrero Paz

Trabajo de grado para optar al título de ingeniero de sistemas

Asesor:
Mg. Héctor Andrés Mora Paz

Universidad CESMAG
Facultad de Ingeniería
Ingeniería de sistemas
Pasto – Nariño
2024

NOTA DE ACEPTACIÓN

NOMBRE JURADO 1

NOMBRE JURADO 2

San Juan de Pasto, 2024

NOTA DE EXCLUSIÓN

El autor de esta obra es el único responsable de las ideas expresadas en ella, y esta no refleja o no compromete la ideología de la Universidad CESMAG.

DEDICATORIA

Paula Catalina Arellano Eraso

El presente trabajo de investigación lo dedico en primer lugar a Dios por darme sabiduría ciencia y fe en seguir este camino, a mis padres Maribel Eraso y Carlos Arellano por ser más que mi apoyo mi inspiración de este proyecto realizado a mis abuelos Elvia Leon y Vicente Eraso que con mucha sabiduría siempre me han guiado y aconsejado en todo momento e igual siempre han sido mi inspiración y en esta ocasión mi inspiración para realizar la culminación de mi proyecto de investigación.

Kenier Stiven Guerrero Paz

El presente trabajo de investigación lo dedico a Dios por darme bendiciones a mi vida, a mis padres Ana y Luis por su apoyo y consejos han sabido guiar mi vida; a mis hermanos: Kevin y Leodan. Una dedicatoria muy especial a mis padres quienes fueron la inspiración para la culminación de mi proyecto de investigación.

AGRADECIMIENTOS

Paula Catalina Arellano Eraso

Agradezco de la manera más sincera a mis padres que siempre me apoyaron en la buenas y malas, a amigos, familiares, que hicieron posible la culminación del tema de investigación. Agradezco a nuestro asesor de proyecto el Mg. Héctor Andrés Mora Paz, por el apoyo que nos ha brindado en el transcurso de este trabajo, a mi compañero y pareja de proyecto de grado que gracias a su esfuerzo y comprensión logramos terminar esta etapa importante de nuestras vidas a los profesores de la Universidad CESMAG por brindarme sus conocimientos, su guía para mi formación académica.

Kenier Stiven Guerrero Paz

Agradezco de la manera más sincera a mis padres que siempre me apoyaron en la buenas y malas, a amigos, familiares, a mis hermanos Kevin y Leodan que hicieron posible la culminación del tema de investigación. Agradezco a nuestro asesor de proyecto el Mg. Héctor Andrés Mora Paz, por el apoyo que nos ha brindado en el transcurso de este trabajo, a mi compañera y pareja de proyecto de grado que gracias a su esfuerzo y comprensión logramos terminar esta etapa importante de nuestras vidas a los profesores de la Universidad CESMAG por brindarme sus conocimientos, su guía para mi formación académica.

Contenido

I.	PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	22
A.	Objeto o Tema de Investigación	22
B.	Línea de Investigación.....	22
C.	Sub línea de investigación.....	22
D.	Planteamiento del problema.....	22
E.	Formulación del problema.....	24
F.	Objetivos	24
1)	General.....	25
2)	Específicos.....	25
G.	Justificación	25
H.	<i>Delimitación</i>	27
II.	MARCO TEÓRICO.....	28
A.	Antecedentes	28
B.	Supuestos teóricos de investigación.....	34
	Uso de Tecnología en la Cría de Cuyes:	34
	Impacto en la Salud de los Cuyes:	34
	Beneficios para la Comunidad Criadora:	35
C.	Variables de estudio	35
•	Variables independientes	35
•	Variables dependientes	35
➤	Estado de salud del cuy (Medida tomada de forma binaria 0 y 1, saludable y enfermo respectivamente dependiendo de las variables de peso y temperatura)	35
D.	Definición nominal de las variables.....	35
E.	Definición operativa de las variables	36
F.	Formulación de hipótesis	36
III.	METODOLOGÍA	38
A.	Paradigma.....	38
B.	Enfoque	38
C.	Método	38
D.	Tipo de investigación.....	38
E.	Diseño de investigación	38
G.	Muestra.....	39
H.	Técnicas de recolección de información.....	39
I.	Validez de las técnicas de recolección.....	39
J.	Confiabilidad de las técnicas de recolección	40

Monitoreo del estado de salud de cuyes a través de un sistema automatizado de identificación

K. Instrumentos de recolección.....	40
IV. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	41
Referencias.....	75

LISTA DE TABLAS

Tabla I IMPLEMENTAR LA ARQUITECTURA MVS EN LA APLICACION WEB52

TABLA II SISTEMA DE REGISTRO DE EMPRESAS52

TABLA III IMPLEMENTAR VISTAS DE CRIADEROS Y GALPONES CON FILTROS52

TABLA IV SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE EMPLEADOS Y ROLES53

TABLA V DESARROLLAR EL DASHBOARD PRINCIPAL DE MONITOREO53

TABLA VI INTEGRAR LOS DATOS DE PESAJE DE LOS CUYES54

TABLA VII IMPLEMENTAR MQTT PARA LA RECEPCIÓN DE DATOS EN TIEMPO REAL54

TABLA VIII CONECTAR EL MODELO DE PREDICCIÓN DE SALUD55

TABLA IX DESPLEGAR LA APLICACIÓN WEB55

TABLA X PRODUCT BACKLOG.....55

TABLA XI RENDIMIENTO PROTOCOLO MQTT EN DIFERENTES VELOCIDADES DE CONEXIÓN66

TABLA XII RENDIMIENTO PROTOCOLO MQTT PARA MÚLTIPLES ESCALAS66

TABLA XIII RENDIMIENTO ESCRITURA EN LA BASE DE DATOS MYSQL EN DIFERENTES VELOCIDADES DE CONEXIÓN.....67

TABLA XIV RENDIMIENTO ESCRITURA EN LA BASE DE DATOS MYSQL PARA MÚLTIPLES ESCALAS68

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1 Una tradición regional.....33
Fig. 2 Criadero de cuyes.....33
Fig. 3 Pesaje tradicional de cuyes34
Fig. 4 Modelo de comunación MQTT con la balanza SAIPC43
Fig. 5 Entidad relación BBDD45
Fig. 6 Curva ROC y AUC49
Fig. 7 Vista de galpones61
Fig. 8 Vista de dashboard.....63

Anexos

Anexo 1 Aval del asesor 77

Monitoreo del estado de salud de cuyes a través de un sistema automatizado de identificación

RESUMEN ANALÍTICO DE ESTUDIO RAE

Facultad: Ingeniería.

Programa: Ingeniería de Sistemas.

Fecha de elaboración: 20 de noviembre del 2024.

Autores de la investigación:

Paula Catalina Arellano Eraso.

Kenier Stiven Guerrero Paz.

Asesor: Mg. Héctor Andrés Mora Paz.

Título de la investigación:

Desarrollo de un sistema automatizado de monitoreo para el estado de salud de cuyes mediante un dashboard, modelo predictivo y base de datos.

PALABRAS CLAVE: Monitoreo automatizado, salud animal, modelo predictivo, dashboard interactivo, bases de datos relacionales, protocolo MQTT.

DESCRIPCIÓN

El presente trabajo aborda la problemática de la cría tradicional de cuyes en Nariño, Colombia, específicamente las limitaciones en el pesaje manual, que generan estrés, lesiones y enfermedades en los animales. Esto afecta negativamente su salud, crecimiento y productividad. Como solución, se desarrolló un sistema automatizado que incluye un dashboard web, una base de datos relacional y un modelo predictivo basado en datos generados por balanzas electrónicas. La aplicación permite el monitoreo en tiempo real y la predicción del estado de salud de los cuyes, optimizando procesos y reduciendo riesgos asociados a prácticas tradicionales.

CONTENIDO

Monitoreo del estado de salud de cuyes a través de un sistema automatizado de identificación

El informe final está estructurado de la siguiente forma:

Capítulo 1: Introducción al contexto del proyecto, donde se describe la importancia económica de los cuyes en Nariño y los desafíos asociados al manejo tradicional de esta especie.

Capítulo 2: Definición del problema, objetivos y justificación del proyecto, abordando las limitaciones actuales y la relevancia de las soluciones tecnológicas propuestas.

Capítulo 3: Marco teórico, que incluye antecedentes nacionales e internacionales, revisión de literatura sobre salud animal, y fundamentos tecnológicos como el uso de MQTT y bases de datos relacionales.

Capítulo 4: Metodología seguida durante el desarrollo, destacando el uso de CRISP-DM para el diseño del modelo predictivo, así como las tecnologías empleadas en el desarrollo del dashboard y la base de datos.

Capítulo 5: Resultados obtenidos, con énfasis en la funcionalidad del dashboard, la precisión del modelo predictivo (99.6%) y las pruebas realizadas en escenarios controlados con datos simulados.

CONCLUSIONES

El sistema desarrollado ha demostrado ser una solución viable para mejorar la gestión y monitoreo de cuyes en entornos locales. A pesar de estar limitado al uso local, se posiciona como un avance hacia la tecnificación de esta actividad, con potencial para futuras implementaciones empresariales.

RECOMENDACIONES

Se sugiere recolectar datos reales para validar el modelo predictivo y evaluar su desempeño en escenarios productivos. También se recomienda explorar la optimización del sistema para despliegues en redes rurales y condiciones adversas.

METODOLOGÍA

Se utilizó el enfoque Scrum para el desarrollo del dashboard web, diseñado en Laravel y

Monitoreo del estado de salud de cuyes a través de un sistema automatizado de identificación

Livewire, lo que permitió trabajar de forma iterativa y con entregables funcionales en cada sprint. Para el diseño del modelo predictivo, se empleó el estándar CRISP-DM, que proporcionó un marco metodológico estructurado desde la comprensión de los datos hasta la evaluación del modelo. La base de datos relacional fue implementada en MySQL, y los datos iniciales para el modelo predictivo fueron simulados y generados en función de patrones identificados en la literatura científica sobre salud animal. El sistema fue probado en un entorno controlado para validar su funcionalidad y precisión.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Lenguajes de programación.

SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN: UX (User eXperience).

INTRODUCCIÓN

La cría de cuyes (*Cavia Porcellus*) desempeña un papel esencial en la economía del departamento de Nariño, Colombia. Muchas de las familias Nariñenses dependen de esta actividad como fuente de ingresos. Además de poseer el 95% de la cantidad de cuyes en Colombia [1] No obstante, la producción de cuyes en esta región es realizada de manera artesanal y tradicional, lo que limita su competitividad en comparación con otros sistemas de producción animal más tecnificados [2]. Esta problemática resalta la necesidad urgente de mejorar las condiciones de producción y la salud de los cuyes en Nariño.

El problema crítico que enfrenta la cría de cuyes en la región es la disminución de la salud de estos animales debido a lesiones causadas durante el proceso de pesaje manual. La inmovilización y el traslado manual de los cuyes hacia las básculas tradicionales resultan en lesiones que no solo afectan la salud y la movilidad de los animales, sino que también pueden llevar al deterioro del peso y, en situaciones extremas, ocasionar la muerte.

Además, otro desafío relevante es la falta de herramientas de monitoreo específicas para establecer parámetros del estado de salud en cuyes, como el peso y temperatura. Estos animales son inherentemente frágiles, lo que hace que los procesos de seguimiento que requieren manipulación puedan agravar su estado de salud en lugar de mejorarla.

En respuesta a esta problemática, este proyecto propone desarrollar un Sistema Automatizado de Identificación y Pesaje vinculado con un sistema de balanzas (SAIPC) que permita determinar la identificación, el peso y temperatura de los cuyes sin recurrir a la manipulación humana. Por lo tanto, se implementará un software que estará interconectado con dicha balanza para realizar un seguimiento continuo de estas variables, con el fin de facilitar el monitoreo constante del estado de salud de los cuyes. Asimismo, se considerará la integración de un sistema basado en inteligencia artificial que detecta y alerta sobre posibles problemas de salud del cuy en tiempo real.

Esta investigación busca abordar una problemática significativa en la producción de cuyes en Nariño, con el potencial de mejorar tanto las condiciones de los animales como la competitividad de los productores locales.

I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

A. Objeto o Tema de Investigación

Desarrollo de un Sistema web de Monitoreo de las variables temperatura y peso los cuales serán extraídos por medio del sistema de balanzas (SAIPC), con el fin de mejorar la Producción y Salud de Cuyes en la Región de Nariño, Colombia.

B. Línea de Investigación.

Lenguajes de programación: El presente proyecto se ajusta con la línea de lenguajes de programación, debido a que se estudiará la implementación de los sistemas embebidos (balanza electrónica) en la caja blanca, es decir examinando el código el cual se encuentra desarrollado en C, se construirá un sistema de comunicaciones en el protocolo MQTT utilizando JavaScript donde se implementará un sistema de monitoreo en tiempo real y un Dashboard web. De igual manera se garantizará la persistencia de datos utilizando PHP, y comunicación con un API REST para el consumo de un modelo inteligente desarrollado en PYTHON.

Desde la experiencia de usuario se implementará un sistema de monitoreo gráfico que permita ver el comportamiento de los sensores y un sistema de semaforización que indique el estado de la variable de medición. De igual manera, se desarrollará una interfaz M2M basada en tópicos, para dar la posibilidad de suscribir diferentes dispositivos o aplicaciones, y un sistema de almacenamiento para visualizar el histórico de mediciones que permita analizar datos históricos.

C. Sub línea de investigación

UX (User eXperience): UX (User eXperience) Experiencia de Usuario, User Experience o UX por sus siglas en inglés, se refiere a la forma en la que una persona o un usuario se siente al usar un producto, sistema o servicio. La palabra clave en el párrafo anterior es siente ya que una persona experimenta una experiencia al usar un producto, servicio o sistema.

D. Planteamiento del problema.

En Nariño la producción de cuyes tiene una tendencia creciente debido a su constante demanda como plato tradicional de la región. Se evalúa que existen más de 20.000 criaderos pequeños de cuyes en Nariño, posicionándose como una cadena productiva relevante en Nariño [3]. Sin embargo, la producción de cuyes se realiza de forma artesanal debido a la falta de automatización y tecnificación en las granjas productoras, lo cual genera pérdida de competitividad

Monitoreo del estado de salud de cuyes a través de un sistema automatizado de identificación

en comparación con los procesos de producción de animales de temperatura medio a nivel nacional, que están optimizados y apoyados tecnológicamente para producir grandes volúmenes de producto a un bajo precio. Estas barreras técnicas generan dificultad para manejar la producción del cuy en grandes cantidades y obtener un beneficio de reducción de costos al aumentar la producción [4].

Particularmente existe una problemática que afecta a este tipo de animales que es la disminución de salud del animal debido a lesiones causadas en el proceso de pesaje de forma tradicional. En este proceso el animal es acorralado e inmovilizado con una bolsa de tela y llevado manualmente hacia la báscula, en algunas ocasiones produciéndole lesiones (menores o mayores) que conllevan a enfermedades que reducen la salud del animal [5]. Por ejemplo: pueden perder movilidad por lesiones en sus extremidades y/o columna dificultando el acceso a la comida, tienen mayor probabilidad de contagio de enfermedades dado que se usa una misma bolsa para atrapar a todos los animales, se genera mayor estrés físico en el proceso y en el peor de los casos cuando el proceso se sale de control, se puede ocasionar la muerte del animal. Actualmente, los productores no cuentan alternativas tecnológicas adecuadas para realizar el pesaje dado que los productos del comercio local o nacional no ofrecen dispositivos específicos para el pesaje de cuyes. Solo existen dispositivos de propósito general que se adaptan a estas actividades de producción.

Otra arista del problema es la falta de seguimiento a la condición física de estos animales porque no se cuenta con herramientas de monitoreo específicas para establecer parámetros del estado de salud en cuyes: peso, temperatura y tamaño. La falta de información sobre estas variables como el peso del animal, no permite identificar las diferentes fases de crecimiento en las que se encuentra el animal, y tomar decisiones sobre diferentes aspectos, tales como: cambio de alimentación, la venta del animal (fase de maduración completa), cambio de corral para evitar un contagio en masa, entre otros [6]. Cabe resaltar, que parte de la dificultad radica en que estos animales son muy frágiles y realizar procesos de seguimiento que requieran manipulación pueden deteriorar su estado de salud.

Igualmente, no existe un sistema centralizado para la recopilación y análisis de variables de pesaje de cuyes, que permitan realizar un seguimiento objetivo al crecimiento y desarrollo, por lo tanto, es complejo prever las posibles afectaciones en el estado de salud. Los pesajes tomados con

Monitoreo del estado de salud de cuyes a través de un sistema automatizado de identificación

las balanzas al encontrarse descentralizados conllevan a que se invierta un tiempo importante en la recolección de los datos ya que es necesario desplazarse al sitio de tomas de medidas, descargar

los datos desde la memoria y llevarlos a un gestor de base de datos. El análisis de datos de crecimiento y desarrollo es dispendioso debido a que no se cuenta con gráficos que faciliten la observación y visualización de las variables de estudio. Finalmente, no se cuenta con un sistema donde se pueda visualizar el estado de salud de los cuyes en función de su peso y temperatura, lo que impide reaccionar a tiempo y crear medidas de prevención más efectivas. Algunas soluciones en el medio proponen alternativas para el pesaje de animales de tamaño mediano y grande [7] [8] , que pueden ser referentes para buscar una solución a la problemática mencionada [9] [10] [11]. En general la tecnificación sobre el proceso de producción de cuyes se ha enfocado en mantener condiciones favorables para el crecimiento por medio del control de temperatura, ventilación e iluminación [12]. No obstante, muchos referentes mencionan la importancia de mantener al cuy en óptimas condiciones físicas, sin lesiones o marcas, para que no pierda su valor comercial [13]. Por otro lado, en [14] se expone la importancia de llevar un registro continuo de peso para identificar las diferentes fases en las que se encuentra el animal, y tomar decisiones sobre diferentes aspectos, tales como: la venta del animal (fase de maduración completa), o cambio de lote, cambio de alimentación, entre otros. [15]

Esta situación problemática supone un desaprovechamiento de la tecnología a favor de la producción de cuyes para fortalecer una cadena productiva de gran potencial en la región. Sin el uso de herramientas tecnológicas para apoyar la producción del cuy, esta se continuará realizando de manera artesanal en granjas pequeñas. Por otro lado, las productoras existentes en Nariño deberán tomar un papel activo que permita impulsar la investigación para favorecer las condiciones de producción de cuyes bajo estándares de calidad y salud animal.

E. Formulación del problema.

¿Cómo mejorar las mediciones del estado de salud de cuyes utilizando las variables de peso y temperatura tomadas desde balanzas electrónicas (SAIPC)?

F. Objetivos

Monitoreo del estado de salud de cuyes a través de un sistema automatizado de identificación

1) General

Implementar un sistema web que permita la visualización de los datos recolectados con el sistema de balanzas (SAIPC) en tiempo real y un histórico con el fin de monitorear el estado de salud de los cuyes.

2) Específicos

- Establecer un modelo de comunicación para la comunicación de las balanzas
- Almacenar la información estadística del sistema de pesaje (SAIPC)
- Diseñar un modelo de aprendizaje automatizado para la predicción de la salud de los cuyes mediante los datos obtenidos.
- Desarrollar aplicación web que permita la visualización de los datos obtenidos para el monitoreo del estado de salud del cuy

G. Justificación

Este proyecto busca la tecnificación en el proceso de producción y crianza del cuy por medio del monitoreo del peso que será tomada por el sistema de balanzas (SAIPC), temperatura la cual será tomada desde una pistola termográfica en la parte superior de la balanza y el tamaño (Alto, ancho y largo) que será tomado manualmente por las personas encargadas de tomar estas medidas, para establecer el estado de salud de los cuyes. Es importante destacar que se cuenta con el dispositivo patentado por CESMAG ante la Superintendencia de Industria y Comercio, SAIPC. Otro aspecto destacable es que la herramienta facilita realizar la identificación, el pesaje del animal sin intervención del productor minimizando riesgos para la salud del animal, de esta manera reduciendo la manipulación para la toma de algunos de los datos.

Como resultado se espera reducir el tiempo utilizado en el proceso de pesaje de animales, permitiendo un mayor volumen de trabajo. Adicionalmente, se propone realizar el pesaje de forma automatizada evitando la intervención del productor en el proceso del pesaje, por lo tanto, el animal ya no sufrirá manipulaciones para ser llevado a la báscula evitando la posibilidad de sufrir lesiones en dicho proceso. Así mismo, se reduce la probabilidad de contraer enfermedades contagiosas al evitar el uso común de una misma bolsa de recolección y pesaje.

Monitoreo del estado de salud de cuyes a través de un sistema automatizado de identificación

Por consiguiente, se desarrollará un software que permita el registro de la identificación del animal (ID), el peso, temperatura y tamaño de este. Por lo tanto, dicho software permitirá el registro de otras características importantes para los productores como son: número de galpones, entre otras. Lo que permitirá realizar consultas de históricos de peso, temperatura, tamaño, notificaciones por límites de peso superados, graficar curva de crecimiento, tipo de alimento suministrado, de tal manera que sirva como una herramienta informativa para la toma de decisiones sobre la venta del animal, el cambio de alimentación para ayudar a ganar peso, entre otras, que permitan realizar el proceso de crianza y producción de forma sistematizada. De este modo, el proyecto tiene el propósito de brindar posibilidades tecnológicas a los productores de cuyes locales para que realicen el proceso de monitoreo y pesaje de cuyes, de una forma tecnificada y organizada generando condiciones para mejorar la productividad en dicho proceso. Por otro lado, además de los beneficios tecnológicos y económicos que este proyecto puede brindar a la comunidad de productores de cuyes, también brinda la posibilidad de obtener productos valiosos desde el punto de vista de la investigación.

Específicamente, este proyecto permite dar un paso hacia una Agricultura 4.0 y Granjas Digitales [16] aplicadas al proceso de producción del cuy, generando diversos temas de investigación con amplias posibilidades, tales como: análisis computacional del patrón del peso del animal respecto al alimento suministrado, sistema automatizado de preparación de alimento para cuyes a partir del peso y edad del animal para acelerar su crecimiento, entre otras investigaciones que se pueden generar a futuro. Adicionalmente, se propone realizar la divulgación del diseño del sistema prototipo y pesaje automatizado en revistas del área agropecuaria de índole nacional o internacional que tengan interés en este tipo de invenciones.

Y por último hay que añadir que este proyecto está bajo la modalidad de estancia, proyecto liderado por el Ing. John Evert Barco Jiménez junto con estudiantes del programa de ingeniería electrónica.

Monitoreo del estado de salud de cuyes a través de un sistema automatizado de identificación

H. Delimitación

Ámbito Geográfico: Esta investigación se llevará a cabo en la Universidad CESMAG, ubicada en la ciudad de Pasto. El estudio se centrará exclusivamente en las granjas de cuyes ubicada en el departamento de Nariño.

Ámbito Temporal: El período de investigación abarca un año académico completo, desde septiembre de 2023 hasta agosto de 2024.

Población o Muestra: La población objetivo de esta investigación estará compuesta por las granjas de cuyes que se aportará la información que proviene como tal de los cuyes de dichas granjas. El proyecto parte de recopilación de datos de pesaje de cuyes.

Tecnologías y Metodologías: La investigación utilizará herramientas Hardware para la recopilación de datos, se aplicará un modelo de inteligencia artificial para la prevención de la salud del cuy.

También se utilizarán protocolos de comunicación uno de ellos HTTP para el dashboard web y el segundo de estos protocolos será el protocolo MQTT para la visualización de datos en tiempo real. Contexto Institucional: El proyecto se realizará en el contexto de la Universidad CESMAG, con ayuda de sus recursos y colaboración con el personal académico de la institución.

Alcance Temático: El alcance temático de este proyecto de investigación se enfocará en dos áreas principales: la automatización del pesaje de cuyes para evitar lesiones en dichos cuyes y mejorar la eficiencia en la producción, y el desarrollo de un sistema de monitoreo de salud no invasivo que incluirá la medición de variables como el peso y la temperatura. dichos aspectos específicos permitirán tratar de manera integral la problemática identificada en la cría de cuyes en Nariño, contribuyendo a la mejora de la calidad de vida de los animales y la competitividad de los productores locales y regionales.

II. MARCO TEÓRICO

A. Antecedentes

1) Internacionales

A continuación, se presentan algunas opciones tecnológicas de pesaje en el contexto nacional e internacional.

Balanza PCE PS 75XL: Balanza para animales de tamaño medio. Es de fácil manejo, económica y portátil. Tiene una estructura de soporte plana, de peso escaso y la posibilidad de alimentar la balanza mediante baterías o por conexión a la red eléctrica. Además, brinda la posibilidad de transportar la balanza y montarla en muchos lugares de forma móvil. Adicionalmente, posee componentes mejorados para visualización del peso, puerto RS-232 para la comunicación y transferencia de los datos hacía el equipo de cómputo, un tiempo de respuesta pequeño para garantizar que la medición de peso sea la correcta y su plataforma hecha por acero inoxidable que garantiza la vida útil de la balanza. Rango de peso: 0 – 75 kg. Exactitud: +/- 20g.

Balanza PCB 6000-0: La balanza para animales PCB 6000-0 ofrece muchas características, tales como pesar una receta de cocina o pesar animales. Además, el pesaje de la balanza para animales puede ser programado (en g / m², entre otras.). La balanza puede ser alimentada por baterías y por adaptador de red. Bridando una capacidad de pesaje máxima de 6000g la cual puede ser ajustada según necesidades requeridas límite (el valor superior y el valor inferior son de libre ajuste). Tiene función de auto desconexión a los 5 minutos para proteger la duración del acumulador. Además de tener un trípode opcional para elevar el indicador de la balanza. Rango de pesado: 0 – 6 kg. Exactitud: +/-1g

Balanza PCE-PS 150XL: Balanza para animales económica. La balanza para animales tiene unas dimensiones de 600 x 900 x 80 mm. Gracias a su construcción plana, esta balanza para animales se usa muchas veces como balanza de mesa con gran plato de pesaje. La resolución es de 50 g para el modelo de 150 kg. La pantalla de la plataforma está conectada por un cable de 1 m de longitud. Los valores de peso se muestran en una pantalla con dígitos de 25 mm de altura, y que dispone de iluminación de fondo. La interfaz RS-232 permite la comunicación entre la balanza para animales y un ordenador o impresora. El bajo peso de la propia balanza para animales y la

Monitoreo del estado de salud de cuyes a través de un sistema automatizado de identificación

posibilidad de alimentarla por red o acumulador permiten que se pueda usar de forma muy flexible. También se puede transportar la balanza y montarla en muchos lugares de forma móvil. Posibilidad de obtener el certificado ISO. Rango de peso: 0 – 150 kg.

Según investigaciones previas, se ha demostrado que el uso de redes neuronales convolucional (CNN) en la estimación del peso de animales como lo son cerdos, vacas y peces, donde se ha encontrado resultados prometedores. Cusco (Perú), la determinación del peso de los cuyes desempeña un papel crucial tanto en la industria comercial como en el ámbito académico. Este proyecto se centra en adaptar un modelo de CNN, específicamente el Mask R-CNN, para determinar el peso de los cuyes. Se recopilieron 1561 imágenes de cuyes junto con sus pesos correspondientes para entrenar el modelo. Los resultados son alentadores, con una precisión del 80% (R^2) en la estimación del peso y un MAPE del 12.41%. Este avance representa una contribución significativa a nivel internacional en la estimación del peso de cuyes a través de visión artificial. [17]

Basándonos en los avances obtenidos en la estimación del estado de salud de animales mediante tecnología de visión artificial, como se ha demostrado en investigaciones previas, donde este se orienta a ofrecer al sector ganadero una solución asequible para monitorear la salud y reproducción del ganado. Siguiendo la línea de estos hallazgos, identificamos la necesidad de superar barreras de inversión mediante un modelo de suscripción, abordando brechas en la detección temprana de celo y enfermedades. Nuestra estrategia de marketing agresiva tiene como objetivo establecer una base sólida de clientes y crear barreras de entrada ante posibles competidores. Los análisis financieros respaldan la viabilidad del modelo, proyectando un VAN de S/ 1,032,755 a cinco años y una TIR del 25.22%. Este enfoque promete un impacto significativo en la industria ganadera, en línea con los resultados obtenidos en la estimación del peso de animales a través de la visión artificial. [18]

En las últimas décadas, los avances tecnológicos han transformado la agricultura, aumentando su rendimiento mediante el uso eficiente de recursos. Sin embargo, la ganadería ha carecido de estas innovaciones, especialmente en el control estadístico del engorde animal, que aún se basa en métodos manuales, limitando la recopilación de datos y la eficiencia del monitoreo.

Monitoreo del estado de salud de cuyes a través de un sistema automatizado de identificación

Este proyecto propone un sistema de pesaje automatizado basado en un dispositivo de adquisición de datos en el campo y una unidad de almacenamiento y procesamiento en un puesto de control. Utiliza balanzas en los corrales que registran el peso diario de cada animal a través de chips RFID. Estos datos se almacenan y se envían a una central de monitoreo para análisis y entrega de información al usuario. El proyecto abarca varios campos de la ingeniería electrónica, incluyendo sistemas de sensado, procesamiento y comunicación de datos para mejorar la eficiencia en el seguimiento del ganado. [19]

Este estudio investigó la influencia de la temperatura (T), humedad relativa (HR) e Índice de Temperatura-Humedad (ITH) en la mortalidad y peso corporal de cuyes (*Cavia porcellus*) en Moquegua, Perú. Durante el periodo de octubre de 2019 a marzo de 2020, se evaluaron 157 cuyes, analizando la variabilidad y la asociación entre T, HR, ITH, mortalidad y peso. Los resultados mensuales de T, HR e ITH mostraron cambios altamente significativos ($p < 0,001$), al igual que el peso entre machos y hembras ($p < 0,05$). Se encontraron correlaciones significativas entre el peso de los cuyes machos y T en la semana 4 y 6, HR en la semana 4 y 6, así como ITH en la semana 4 y 6. No se evidenció correlación entre mortalidad e ITH ($p > 0,05$), pero se observó un aumento en la mortalidad con $ITH > 72$, indicando estrés. El aumento de peso en los cuyes mostró una tendencia lineal tanto en $ITH \leq 72$ como en $ITH > 72$ para machos y hembras. [20]

2) Nacionales

A nivel nacional en Colombia, se han utilizado diversas técnicas y herramientas para el pesaje y monitoreo de cuyes. Estas incluyen balanzas digitales de uso general, balanzas del tipo gancho colgante y sistemas de monitoreo de salud que pueden medir el peso y otros indicadores de salud.

Los sistemas de asistencia en la producción ganadera son cruciales para el crecimiento del sector, superando las limitaciones de los métodos tradicionales. La integración de nuevas tecnologías facilita un seguimiento más eficiente y organizado de las actividades diarias en las granjas.

Este proyecto, llamado PorciFit, se enfoca en ser una base integral para el manejo de controles y eventos en granjas porcinas. Ofrece un sistema web para el registro y seguimiento de

Monitoreo del estado de salud de cuyes a través de un sistema automatizado de identificación

información clave, brindando comodidad a los productores en la organización de tareas. Incorpora gráficos, informes y calendarios dinámicos para optimizar la toma de decisiones que mejoren la ganancia de peso por alimento consumido y reduzcan la mortalidad en los procesos de reproducción y gestación. [21]

Este proyecto detalla el diseño e implementación de un sistema de Internet de las Cosas Industrial para monitorear la temperatura en una planta pasteurizadora de leche. Incluye el reconocimiento de las características de las temperaturas óptimas para la elaboración del Suero costeño, un estudio exhaustivo de las arquitecturas de sistemas de monitoreo, ajustes y pruebas finales para evaluar su aplicabilidad real. El proyecto permitió el seguimiento en tiempo real de las variables de almacenamiento en la nube, proporcionando acceso al diagnóstico de la temperatura durante el proceso de pasteurización para el usuario final. [22]

Este artículo detalla el diseño de un prototipo de monitoreo y alarma para detectar heladas blancas y sienta las bases para un futuro prototipo que permita la detección y predicción de heladas negras. El dispositivo registra las variables atmosféricas de temperatura y humedad, transmitiéndolas a un servidor local mediante WiFi y el protocolo MQTT. Este servidor, a su vez, envía la información relevante a otros dispositivos finales como celulares y computadoras. El sistema tiene capacidad para alertar mediante una alarma y comunicar estos eventos a diversos dispositivos finales. Para lograr esto, se seleccionaron dispositivos, tecnologías y protocolos adecuados, seguido de un diseño y validación mediante la emulación de condiciones específicas de temperatura y humedad. [23]

3) *Regional*

Este estudio se realizó en la granja experimental Botana de la Universidad de Nariño, ubicada en la ciudad de San Juan de Pasto. El objetivo fue evaluar la eficiencia de cuyes criados en jaulas individuales desde los 15 hasta los 90 días de edad. Se compararon tres tratamientos: el sistema tradicional, una combinación de jaulas tradicionales y jaulas individuales, y el sistema de jaulas individuales durante todo el período. Los resultados mostraron que el sistema de jaulas individuales redujo el consumo de alimento y mejoró la conversión alimenticia, sin afectar negativamente el aumento de peso. Además, el tratamiento de jaulas individuales resultó en una mayor rentabilidad económica. [24]

En el contexto agrícola colombiano, se reconoce la importancia económica que tiene este sector, aportando significativamente al Producto Interno Bruto (PIB) a pesar de una disminución en su contribución en años recientes. Con el objetivo de mejorar la productividad y la toma de decisiones en la agricultura, se ha propuesto la implementación de la agricultura de precisión, destacando el uso del Internet de las Cosas como una herramienta clave para este fin. En un proyecto previo, se desarrolló un software funcional destinado a la visualización de parámetros ambientales relacionados con problemáticas específicas como la broca y la roya en los cultivos. Este software permite monitorear en tiempo real el estado del cultivo mediante sensores específicos, emitiendo alertas ante condiciones de riesgo. Su flexibilidad para ser adaptado a distintos cultivos lo convierte en una herramienta valiosa, ampliando su utilidad más allá del café y ofreciendo a los agricultores la capacidad de tomar decisiones informadas para optimizar la producción en diferentes ámbitos agrícolas. [25]

Basándose en la investigación de CatiNar, una iniciativa de la gobernación de Nariño para la apropiación social del conocimiento, se identificaron necesidades en corregimientos de Taminango y la Cruz. Se propusieron tres proyectos: un secador de café, un sistema de riego y un vivero. Se emplearon programas como Inventor para el diseño y Arduino para la programación, junto con tecnología para la monitorización de variables. Los proyectos resolvieron problemáticas identificadas y tuvieron un impacto positivo en las comunidades, logrando la participación de la comunidad y profesionales de distintas áreas para el desarrollo de los prototipos [26]

Monitoreo del estado de salud de cuyes a través de un sistema automatizado de identificación

En Nariño, Colombia, los pequeños criaderos de cuyes representan una parte vital de la economía local, generando transacciones mensuales significativas. Para abordar problemas de lesiones durante el pesaje tradicional, se propone un sistema automatizado de pesaje e identificación que busca preservar la salud de los animales. Este diseño, respaldado por resultados experimentales y una patente, ofrece una solución tecnológica para mejorar el proceso de cría de cuyes. [27]



Fig. 1 Una tradición regional

Fuente: <http://www.portalsnariv.gov.co/node/1441>



Fig. 2 Criadero de cuyes

Fuente: <https://www.radionacional.co/cultura/tradiciones/artesantias-colombinas-tejido-en-guanga->

en-narino



Fig. 3 Pesaje tradicional de cuyes

Fuente: <https://www.agricultura.gob.ec/mag-impulsa-comercializacion-de-cuy-faenado-en-azuay/>

B. Supuestos teóricos de investigación

En este marco teórico, se han considerado las variables claves de estudio, lo que ha permitido situar el tema de investigación en el contexto de un conjunto de conocimientos científicos. Esta argumentación teórica ha llevado a una comprensión más profunda de las variables involucradas en el proyecto y junto con la aplicación de instrumentos y el análisis de datos correspondiente, permitirá determinar las relaciones entre estas variables teniendo en cuenta la población objetivo de estudio.

Uso de Tecnología en la Cría de Cuyes:

Se parte del supuesto de que la implementación de tecnología, como lo es el desarrollo de un Dashboard para la gestión de datos, un modelo de aprendizaje automatizado y sistemas de almacenamiento de datos. Pueden ayudar de gran manera a la cría de cuyes en términos de eficiencia, seguimiento y bienestar animal. Este supuesto se basa en la idea de que la tecnología puede proporcionar herramientas avanzadas para el monitoreo y la toma de decisiones de los cuyes.

Impacto en la Salud de los Cuyes:

Monitoreo del estado de salud de cuyes a través de un sistema automatizado de identificación

Se parte del supuesto de que la recolección de variables como peso y temperatura pueden ofrecer una visión más clara del estado de salud de los cuyes. Esto permitirá tomar medidas preventivas y correctivas de manera oportuna, lo que, a su vez, puede influir positivamente en la salud y la calidad de vida de los cuyes.

Beneficios para la Comunidad Criadora:

Se parte del supuesto de que la implementación de tecnología y la mejora en la cría de cuyes pueden tener un impacto positivo en la economía y el bienestar de la comunidad de criadores en Nariño. Estos supuestos se basan en la idea de que la eficiencia y la calidad de la producción pueden elevar los estándares de la industria de la cría de cuyes en la región.

Estos supuestos teóricos proporcionan la base para la investigación y el desarrollo del proyecto y serán evaluados a medida que se avance en el estudio y se obtengan resultados.

C. Variables de estudio

• **Variables independientes**

- Peso del cuy (en gramos)
- Temperatura del cuy (medida en grados Celsius)
- Identificación del cuy (número de identificación)

• **Variables dependientes**

- Estado de salud del cuy (Medida tomada de forma binaria 0 y 1, saludable y enfermo respectivamente dependiendo de las variables de peso y temperatura)

D. Definición nominal de las variables

- **Peso del cuy:** El peso de un cuy, que es también conocido como cobaya o *Cavia porcellus*, se refiere a cuánto pesa el animal en gramos o kilogramos. Esta medida es esencial para evaluar su salud y crecimiento.
- **Temperatura del cuy:** La temperatura de un cuy, expresada en grados Celsius (°C), indica la temperatura corporal del cuy. Esta variable es clave para determinar

Monitoreo del estado de salud de cuyes a través de un sistema automatizado de identificación

su bienestar y salud, ya que cualquier cambio en la temperatura normal puede ser una señal de cambios en el estado de salud de los cuyes. Según estudios su temperatura corporal ideal es de 38°C a 40°C [28].

- **Identificación del cuy:** La identificación de cada cuy es fundamental para diferenciar a cada uno de los cuyes, expresada en un código único para cada cuy.
- **Estado de salud del cuy:** El estado de salud del cuy, expresada en un rango del 0 a 1, siendo 0 un mal estado de salud y 1 un perfecto estado de salud.

E. Definición operativa de las variables

- **Peso del cuy(gr):** Esta variable se medirá por medio de una balanza electrónica (SAIPC), que registra el peso de los cuyes con una precisión de gramos.
- **Temperatura del cuy(T):** Esta variable se medirá por medio de sensores que tiene la balanza electrónica (SAIPC), que registra la temperatura de los cuyes.
- **Identificación del cuy (idC):** Esta variable se tomará del número de identificación de cada cuy del galpón.
- **Estado de salud del cuy (HtCuy):** Esta variable estará dada por el modelo de aprendizaje sobre el estado de salud del cuy dependiendo de las variables anteriores.

F. Formulación de hipótesis

1) Hipótesis de investigación

H1: El sistema web ayuda a los criadores de cuyes a tomar decisiones sobre sus cuyes.

2) Hipótesis nula

H1: El sistema web no ayuda al bienestar de los cuyes y no mejora su producción.

3) Hipótesis alterna

H1: El estado de los cuyes depende de factores exógenos cuyo monitoreo debe ser interpretado mediante un experto.

III.METODOLOGÍA

A. Paradigma

El presente trabajo investigativo se orientó desde el paradigma positivista, teniendo en cuenta que Comte, la teoría de la ciencia se caracteriza por la afirmación de que el conocimiento verdadero es exclusivamente aquel que se deriva de la investigación científica, destacando su cualidad de ser real, útil, certero y preciso. En este sentido, el positivismo postula que solamente las ciencias empíricas pueden considerarse una fuente legítima de conocimiento.

Por lo anterior, en la investigación se obtuvieron los datos del cuy (peso y temperatura) por medio de las balanzas electrónicas (SAIPC) y tamaño, las cuales permitieron realizar el modelo de aprendizaje automático para el pronóstico del estado de salud de los cuyes y para la visualización de estos datos a través de un dashboard web.

B. Enfoque

El enfoque de este estudio es cuantitativo, debido a la recolección de datos para probar las hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico [29], esta investigación corresponde a este enfoque ya que se basa en la recolección y manejo de datos estadísticos.

C. Método

Muestreo: Estos datos se tomarán a partir de los datos obtenidos a través de la balanza electrónica (SAIPC) de la granja de cuyes en tiempo.

Análisis de datos: Se usará el análisis cuantitativo para identificar patrones en la investigación.

D. Tipo de investigación

Investigación descriptiva

E. Diseño de investigación

Monitoreo del estado de salud de cuyes a través de un sistema automatizado de identificación

Este estudio empleó un enfoque cuantitativo con un enfoque en la recopilación y análisis de datos numéricos. El diseño se acopla a la medición de variables, como el peso y la temperatura del cuy, lo que permite obtener análisis estadísticos y resultados objetivos. Un enfoque cuantitativo fue esencial para responder nuestras preguntas de investigación y evaluar el impacto de los sistemas automatizados de identificación y pesaje (SAIPC) en la cría de cuyes.

F. Población

Sistema de monitoreo donde se obtendrán todos los datos que se necesitan, al principio no se trabajara con los cuyes sino con pesos tomados de objetos con peso similar.

G. Muestra

Sistema de monitoreo

H. Técnicas de recolección de información

Para la recolección de información de este proyecto se obtendrán de la balanza electrónica (SAIPC) el cual tiene incorporado un sensor de pesaje y un sensor de temperatura y estos datos serán enviados por medio de protocolos de comunicación y guardados por medio de un gestor de base de datos relacional.

I. Validez de las técnicas de recolección

En nuestro campo de investigación, vamos a defender la validez de contenido, ya que nos asegura que los instrumentos utilizados para la recolección de información, como el Sistema Automatizado de Identificación y Pesaje (SAIPC) y el software de monitoreo, sean válidos en el contexto de la cría de cuyes en Nariño, Colombia. Los datos recopilados deben estar directamente relacionados con los aspectos fundamentales del estado de salud de los cuyes y su bienestar como lo son su peso en sus diferentes edades [30], y deben ser culturalmente sensibles para adaptarse a las necesidades y condiciones específicas de esta región.

Monitoreo del estado de salud de cuyes a través de un sistema automatizado de identificación

J. *Confiabilidad de las técnicas de recolección*

Sistema de Balanza Electrónica (SAIPC): Compuesto por expertos y técnicos responsables de la implementación y operación del Sistema de Balanza Electrónica de Cría de Cuyes (SAIPC) [31]. Su conocimiento y habilidades técnicas garantizarán la precisión y coherencia en la recopilación de datos de peso y temperatura de los cobayas. La calibración periódica y el correcto mantenimiento del sistema son fundamentales para mantener la fiabilidad de los resultados obtenidos. Además, se establecerán protocolos de registro y documentación para garantizar que los datos se mantengan consistentes a lo largo del tiempo.

K. *Instrumentos de recolección*

En el proceso de recolección de información para este proyecto relacionado con cuyes y el Sistema Automatizado de Identificación y Pesaje (SAIPC), se utilizarán los siguientes instrumentos:

Registro de Datos del SAIPC: Se recopilaron datos automatizados del Sistema Automatizado de Identificación y Pesaje (SAIPC), que incluirán mediciones de peso y temperatura de los cuyes en tiempo real. Estos datos se registran y almacenan de manera continua a través del sistema.

Registro de Actividades de Monitoreo Continuo: Se registran las actividades de monitoreo continuo realizadas a través del software de monitoreo, que incluirán datos de peso y temperatura de los cuyes a lo largo del tiempo.

IV. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

A. Establecer un modelo de comunicación para la comunicación de las balanzas

En el desarrollo del proyecto, se implementó un modelo de comunicación basado en el protocolo MQTT para conectar las básculas (SAIPC) con el sistema web en tiempo real. Este sistema fue diseñado con el propósito de optimizar el intercambio de datos entre las básculas, que utilizan un microcontrolador Arduino ESP-32 el cual se simuló con un emulador **wokwi** el cual nos permitió configurar este microcontrolador con Python para realizar la comunicación con el protocolo MQTT, y el servidor web, garantizando así una transmisión de datos confiable y eficiente, incluso en entornos con limitaciones de ancho de banda y recursos.

Uno de los primeros pasos en la implementación de este objetivo fue la necesidad de comprender en profundidad cómo funciona el protocolo MQTT. Dado que este protocolo no era familiar, inicialmente, se dedicó tiempo a investigar y aprender sobre su funcionamiento. Se analizó en detalle su arquitectura de mensajería ligera, basada en un modelo de publicación-suscripción, y cómo podía facilitar la comunicación entre dispositivos conectados a una red. También se enfocaron en comprender los aspectos críticos del protocolo, como los topics (temas) en los que se publican y suscriben los datos, el concepto de clientes y brokers, y la forma en que MQTT gestiona el control de calidad del servicio (QoS), permitiendo seleccionar el nivel adecuado de fiabilidad para la transmisión de mensajes.

Una vez dominado el protocolo, nos enfrentamos a la tarea de seleccionar la implementación más adecuada del broker MQTT. Después de evaluar diferentes opciones, se eligió Mosquitto MQTT. Mosquitto es una implementación de código abierto ampliamente utilizada y reconocida por su eficiencia, estabilidad y capacidad para gestionar múltiples conexiones simultáneas, lo que lo convirtió en la opción ideal para este proyecto. Además, su facilidad de instalación y configuración permitió que pudieran integrarlo sin mayores dificultades.

Monitoreo del estado de salud de cuyes a través de un sistema automatizado de identificación

La selección de Mosquitto no solo fue clave para establecer el canal de comunicación entre las básculas y el sistema web, sino que también permitió implementar mecanismos de seguridad, como la autenticación y autorización de los dispositivos, garantizando que solo las básculas autorizadas pudieran enviar datos al servidor.

Una vez seleccionada la herramienta de comunicación, se realizó la reconfiguración de las básculas simuladas con wokwi. El objetivo era que pudieran transmitir los datos de medición mediante MQTT de forma automática y eficiente. Para ello, fue necesario modificar el firmware de las básculas para incluir el soporte al protocolo MQTT, y de esta manera, permitir que las básculas fueran capaces de enviar datos de medición en cuanto estuvieran disponibles. Adicionalmente, se diseñó un sistema en el cual el protocolo MQTT se activaría automáticamente al detectar que las básculas estaban conectadas. Esto eliminó la necesidad de intervención manual para iniciar la transmisión de datos, lo que resultó en un flujo continuo y sin interrupciones en la recolección de información.

El protocolo MQTT fue seleccionado, entre otros factores, por la capacidad de mantener conexiones ligeras y de bajo consumo de ancho de banda, lo que lo hacía ideal para dispositivos como las básculas, que funcionan en redes con limitaciones de recursos. A diferencia de otros protocolos de comunicación, como HTTP, MQTT tiene la capacidad de mantener conexiones abiertas y enviar mensajes de manera eficiente sin saturar la red, lo que fue esencial para asegurar una comunicación ágil y fluida entre las básculas y el servidor web. Además, el protocolo permitió ajustar la frecuencia de envío de mensajes, lo cual fue crucial para optimizar el uso de recursos del sistema, reduciendo el consumo energético y de procesamiento de los dispositivos conectados.

En cuanto a la arquitectura del sistema, el broker Mosquitto funcionaba como el intermediario entre las básculas y el servidor web. Las básculas se configuraron para publicar los datos de medición en topics específicos, que luego fueron suscritos por el servidor y la interfaz web. Este enfoque de publicación-suscripción permitió que la información se distribuyera de manera eficiente y en tiempo real. En el lado del cliente, se utilizó Laravel PHP para desarrollar el sistema web, un framework robusto y

Monitoreo del estado de salud de cuyes a través de un sistema automatizado de identificación

escalable que permitió gestionar los datos entrantes de forma ordenada y eficaz. Para la interacción en tiempo real entre el servidor web y las básculas, se implementó una librería MQTT de JavaScript, la cual facilitó el establecimiento de conexiones y la suscripción a los topics publicados por las básculas. Esto permitió que la interfaz web recibiera los datos de medición en cuanto eran enviados por las básculas, logrando así una actualización instantánea de la información presentada en el sistema.

Finalmente, cabe destacar que la automatización del sistema fue un aspecto esencial para el éxito del proyecto. La integración del protocolo MQTT con las básculas y el servidor permitió que la comunicación se gestionara de forma autónoma, sin la necesidad de intervención manual. Gracias a la flexibilidad del protocolo, fue posible implementar reglas que activaban la transmisión de datos de manera inmediata cuando las básculas se conectaban al sistema, lo que redujo considerablemente el margen de error y aumentó la eficiencia operativa.

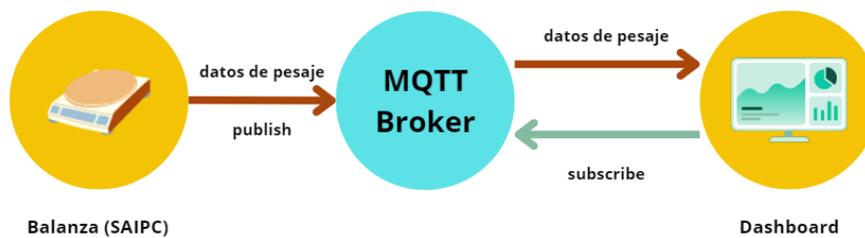


Fig. 4 Modelo de comunación MQTT con la balanza SAIPC

Monitoreo del estado de salud de cuyes a través de un sistema automatizado de identificación

B. Almacenar la información estadística del sistema de pesaje (SAIPC)

En el desarrollo del proyecto, se realizó una investigación preliminar en torno a las operaciones de empresas dedicadas a la crianza de cuyes, con el objetivo de comprender mejor las necesidades y desafíos específicos de su manejo. A través de esta investigación, se concluyó que dichas empresas, por lo general, cuentan con múltiples criaderos y galpones, cada uno de los cuales puede estar localizado en diferentes puntos geográficos. Estos galpones están destinados a la cría y crecimiento de cuyes, y su gestión implica no solo el cuidado de los animales, sino también un constante monitoreo de las condiciones dentro de cada galpón. Además, se identificó que estas instalaciones son operadas por distintos trabajadores que tienen asignadas responsabilidades específicas dentro del proceso de cría. A lo largo del tiempo, puede haber rotaciones de cuyes entre los galpones debido a necesidades operativas, como cambios de ambiente, control sanitario o ajustes en el manejo del espacio. Este dinamismo en las operaciones requiere una solución eficiente para el seguimiento y almacenamiento de la información relacionada con el peso de los cuyes, los trabajadores asignados a cada criadero y el registro de movimientos entre criaderos y galpones.

Para enfrentar este reto, se desarrolló una base de datos utilizando MySQL, capaz de almacenar y organizar de manera eficiente toda la información crítica sobre los cuyes, galpones, criaderos, empresas y trabajadores. La base de datos se estructuró utilizando tablas relacionadas que permiten almacenar no solo los datos obtenidos de las mediciones de peso de los cuyes, sino también los movimientos de estos entre galpones, las asignaciones de trabajadores a cada área, y otros detalles operativos importantes. Esta arquitectura facilita el acceso y análisis de la información a lo largo del tiempo, permitiendo a los administradores del sistema monitorear en tiempo real las condiciones del criadero y tomar decisiones informadas con base en datos actualizados.

El desarrollo de este sistema de pesaje se llevó a cabo con Laravel como framework de desarrollo. Laravel fue seleccionado por su reconocido potencial para gestionar conexiones a bases de datos de manera eficiente, así como por su capacidad para manejar grandes volúmenes de datos en tiempo real. Gracias a las herramientas que Laravel proporciona, fue posible implementar migraciones para crear y modificar la estructura de la base de datos MySQL de forma organizada y controlada. Las migraciones permitieron un proceso ágil para definir las

Monitoreo del estado de salud de cuyes a través de un sistema automatizado de identificación tablas, relaciones y restricciones necesarias para garantizar la integridad de los datos, así como para realizar cambios a lo largo del tiempo sin afectar el funcionamiento general del sistema.

Una de las características más sobresalientes del sistema es su integración con el protocolo MQTT, lo que permite la recolección automática de datos provenientes de las balanzas instaladas en los criaderos. Cada vez que se registra el peso de un cuy en una balanza, esa información es enviada instantáneamente a la base de datos, garantizando que no se pierda ningún dato. Esta integración en tiempo real es clave para mantener un registro preciso y actualizado de las mediciones de los cuyes, lo que facilita su posterior análisis por parte de los administradores del criadero.

La elección de Laravel simplificó el proceso de desarrollo del sistema de pesaje, sino que también proporcionó un entorno seguro para el manejo de la conexión con la base de datos MySQL. Laravel cuenta con un sistema de validación de datos robusto, lo que garantiza que los datos que llegan desde las balanzas se procesen y almacenen correctamente, asegurando la integridad de los registros almacenados. Asimismo, Laravel optimiza el rendimiento de las consultas a la base de datos, lo que resulta esencial para un sistema que depende de la recepción continua de datos en tiempo real.

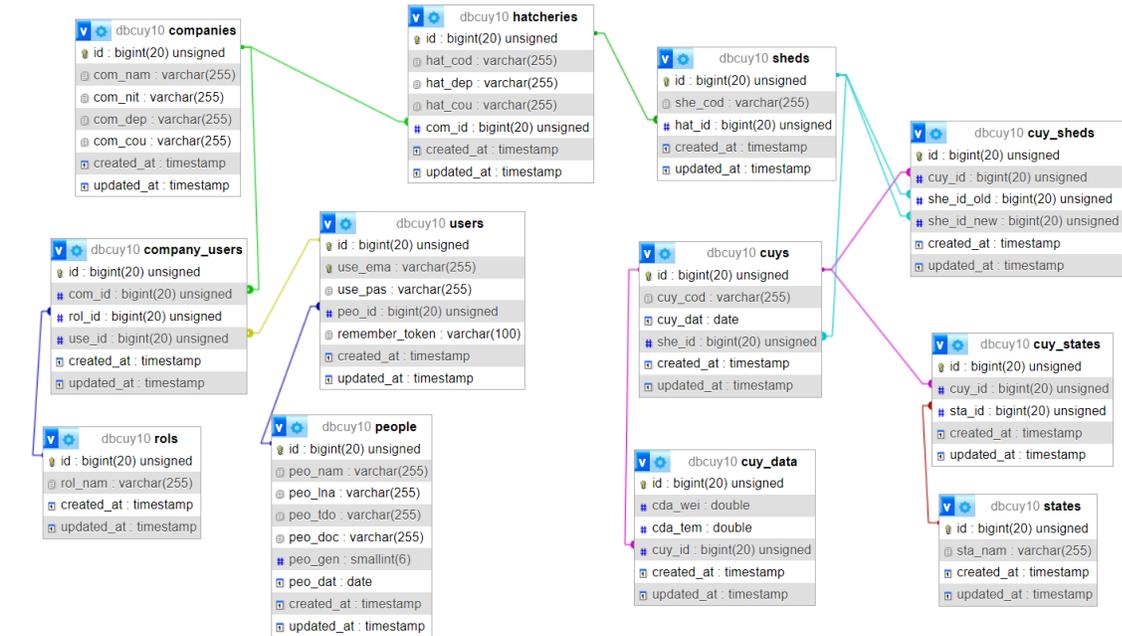


Fig. 5 Entidad relación BBDD

Monitoreo del estado de salud de cuyes a través de un sistema automatizado de identificación

C. Diseñar un modelo de aprendizaje automatizado para la predicción de la salud de los cuyes mediante los datos obtenidos.

Para diseñar el modelo de predicción de la salud de los cuyes, se siguió el enfoque CRISP-DM, que es un estándar reconocido en la minería de datos. Dado que los datos reales no estuvieron disponibles de inmediato debido a la demora en la recolección a través del sistema de pesaje, se decidió trabajar inicialmente con datos simulados basados en literatura científica y documentos sobre la cría y salud de los cuyes. A continuación, se describen en detalle las seis fases del proceso aplicadas a este proyecto.

Comprensión del negocio: El primer paso fue comprender en profundidad el problema a resolver. El objetivo principal era predecir posibles estados de salud en cuyes mediante el análisis de variables clave, como el peso, la temperatura corporal y la edad. A través de una revisión exhaustiva de diversas fuentes, incluidos artículos científicos, estudios veterinarios y publicaciones especializadas sobre cuyes, se definieron las principales métricas a utilizar. Estas variables se eligieron por su relevancia en la identificación de problemas de salud, como la pérdida de peso súbita o las fluctuaciones inusuales en la temperatura, que podrían indicar enfermedades.

Comprensión de los datos: Dado que el sistema SAIPC de balanzas tardaba en generar un volumen suficiente de datos reales, se optó por crear un conjunto de datos sintéticos para poder avanzar con la fase de modelado. Este conjunto de datos simulados fue generado cuidadosamente basándonos en la literatura existente sobre cuyes. Los valores fueron diseñados para representar escenarios realistas sobre la evolución de las variables de salud a lo largo del tiempo. Se incluyeron patrones esperados de fluctuaciones de peso, temperatura y edad, imitando situaciones reales en las que los cuyes podrían experimentar problemas de salud.

Durante el análisis preliminar de estos datos sintéticos, se observaron relaciones

Monitoreo del estado de salud de cuyes a través de un sistema automatizado de identificación

interesantes, como la correlación entre las variaciones en el peso y la manifestación de ciertos problemas de salud. También se detectó que la temperatura corporal era un indicador clave en situaciones de estrés o enfermedad, lo que confirmó su importancia en el conjunto de variables que se utilizarían para entrenar el modelo predictivo.

Preparación de los datos: En esta fase, se procedió a preparar los datos simulados para asegurar que estuvieran en el formato adecuado para el modelado. Este paso incluyó varios procesos clave:

Normalización: Todas las variables fueron normalizadas para asegurar que los diferentes algoritmos de aprendizaje automático pudieran trabajar con ellas sin sesgos numéricos. Esto fue particularmente importante dado que las variables (peso, temperatura, edad) se medían en escalas diferentes.

Generación de escenarios: Se simularon variaciones en el peso y la temperatura a lo largo del tiempo, reflejando posibles escenarios de deterioro de la salud de los cuyes. Estas simulaciones imitaron situaciones comunes en la vida de los cuyes, como pérdida de peso en animales enfermos o aumentos repentinos de temperatura en situaciones de fiebre o estrés.

Limpieza de datos: Aunque los datos eran sintéticos, también fue importante incluir algunos valores atípicos y errores típicos en la toma de mediciones, para hacer el conjunto más realista. Estos errores fueron corregidos o tratados para asegurar la calidad del conjunto final.

Al finalizar esta fase, los datos quedaron listos para alimentar los algoritmos de aprendizaje automático. Si bien se trataba de datos sintéticos, se diseñaron cuidadosamente para que reflejaran lo más fielmente posible las condiciones reales.

Modelado: Con los datos listos, se procedió a la fase de modelado, en la cual se probaron diferentes algoritmos de aprendizaje automático para identificar cuál sería el más adecuado para predecir problemas de salud en los cuyes. Entre los modelos evaluados, se incluyeron:

- SVC (Máquina de Soporte Vectorial)
- Árboles de decisión
- Redes neuronales
- Random Forest Classifier

Cada algoritmo fue entrenado utilizando el conjunto de datos sintéticos y se evaluaron sus resultados en términos de precisión y capacidad de generalización. Tras varias iteraciones y pruebas, el algoritmo Random Forest Classifier resultó ser el más efectivo para este proyecto. Este modelo obtuvo una precisión destacada del 99.6% al predecir problemas de salud en los casos simulados, lo que lo convirtió en la mejor opción para nuestro objetivo. Random Forest destacó por su capacidad para manejar relaciones complejas entre las variables y su robustez ante la presencia de datos ruidosos o imprecisos, lo que fue crucial al trabajar con los datos simulados.

Evaluación del modelo: Para evaluar el rendimiento de los diferentes modelos probados, se utilizaron métricas clave como la precisión, la sensibilidad y la especificidad, además de herramientas visuales como las curvas ROC (Receiver Operating Characteristic) y el AUC (Área Bajo la Curva). Las curvas ROC resultaron ser útiles para medir la capacidad del modelo para distinguir entre cuyes sanos y cuyes con problemas de salud a través de diferentes umbrales de decisión. Los resultados demostraron que el modelo Random Forest Classifier no solo era preciso, sino que también era eficaz para mantener un equilibrio entre falsos positivos y falsos negativos en las predicciones.

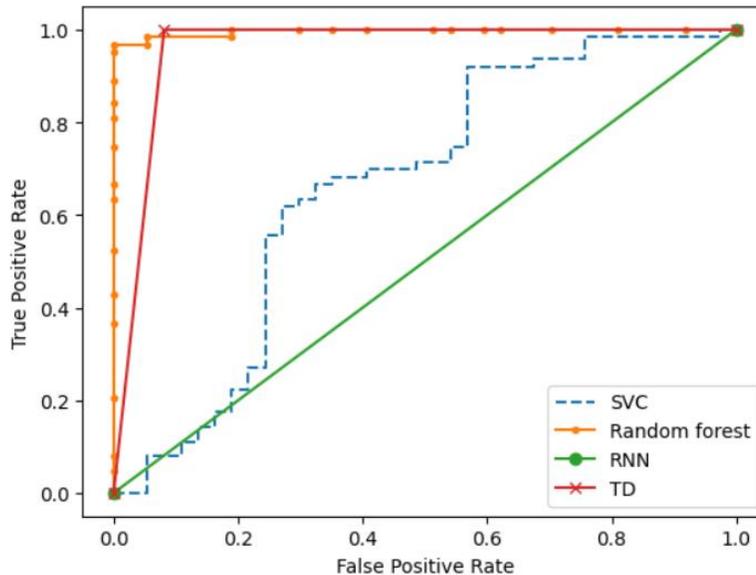


Fig. 6 Curva ROC y AUC

D. Desarrollar aplicación web que permita la visualización de los datos obtenidos para el monitoreo del estado de salud del cuy

Para el desarrollo de la aplicación web de monitoreo del estado de salud de los cuyes, se decidió utilizar **Laravel** como el framework principal en conjunto con **Livewire** para facilitar la creación de componentes dinámicos y reactivos en el front-end. La elección de estas tecnologías se basó en varios factores clave, tanto técnicos como de productividad, que respondían a las necesidades del proyecto.

Elección de Laravel

Laravel es un framework de desarrollo web basado en PHP que se ha destacado por su facilidad de uso, estructura bien organizada y ecosistema robusto. A continuación, se detallan las razones por las cuales Laravel fue seleccionado como el framework base del proyecto:

1. **Simplicidad y estructura clara:** Laravel sigue una arquitectura MVC (Modelo-Vista-Controlador) que permite mantener el código bien organizado. Esto es crucial para

Monitoreo del estado de salud de cuyes a través de un sistema automatizado de identificación

proyectos a largo plazo como el monitoreo de salud, donde se gestiona una cantidad considerable de datos (como los registros de cuyes, criaderos, y empleados) y se requiere un código limpio y fácilmente mantenible.

2. **Sistema de migraciones y manejo de bases de datos:** Laravel ofrece un sistema de migraciones integrado, lo que facilita la creación y gestión de la base de datos de forma estructurada y con control de versiones. En este proyecto, las migraciones fueron clave para definir las tablas necesarias para almacenar la información de los cuyes, criaderos, galpones, usuarios y los datos de monitoreo.
3. **Seguridad integrada:** Laravel ofrece un conjunto de características de seguridad robustas de manera nativa, como la protección contra ataques de inyección SQL, CSRF (Cross-Site Request Forgery), y XSS (Cross-Site Scripting). Dado que el proyecto maneja datos sensibles sobre usuarios y empleados, la seguridad fue un aspecto crítico en la decisión.
4. **Escalabilidad:** Laravel es ideal para aplicaciones que requieren crecimiento y flexibilidad en el futuro. El sistema puede escalar fácilmente, lo que es importante en el contexto de este proyecto, donde la cantidad de cuyes monitoreados puede crecer, así como la cantidad de datos generados en tiempo real.

Elección de Livewire

Livewire es una biblioteca para Laravel que permite construir interfaces de usuario dinámicas y reactivas sin necesidad de escribir una cantidad significativa de código JavaScript. Esta decisión fue clave por las siguientes razones:

1. **Reactividad sin JavaScript extenso:** Livewire permite desarrollar componentes interactivos (como formularios dinámicos, actualizaciones de datos en tiempo real, etc.) sin la necesidad de escribir JavaScript del lado del cliente. Esto facilita la integración y reduce la complejidad del código, ya que todo el procesamiento se puede hacer desde el back-end en PHP, aprovechando las capacidades de Laravel.
2. **Actualización de datos en tiempo real:** Dado que el proyecto requiere que los datos de monitoreo de los cuyes se actualicen de forma continua y en tiempo real en el dashboard,

Monitoreo del estado de salud de cuyes a través de un sistema automatizado de identificación

Livewire se convierte en una solución ideal. Al combinar Livewire con las capacidades de Laravel y la integración de **MQTT**, se logró un flujo continuo de datos hacia el dashboard sin la necesidad de recargar la página.

3. **Integración perfecta con Laravel:** Livewire está diseñado específicamente para trabajar con Laravel, lo que asegura una integración perfecta. Esto fue crucial para mantener la consistencia en la aplicación, ya que todos los componentes interactúan de manera fluida con los controladores, modelos y vistas de Laravel.
4. **Ahorro de tiempo en el desarrollo:** Usar Livewire redujo la necesidad de escribir controladores JavaScript separados o manejar la comunicación entre el front-end y el back-end manualmente. Esta eficiencia permitió un desarrollo más rápido del dashboard interactivo, donde los datos de los cuyes se visualizan en tiempo real.

¿Por qué no se eligieron otras tecnologías?

1. **Vue.js o React:** Aunque Vue.js es el front-end por defecto de Laravel y React es otra opción muy popular para desarrollar interfaces interactivas, se optó por Livewire debido a que simplifica el flujo de trabajo al no requerir que el equipo de desarrollo se especialice en un stack de JavaScript separado. Livewire permite lograr interactividad sin salir del ecosistema PHP, reduciendo la curva de aprendizaje y evitando la necesidad de manejar una API front-end/back-end compleja.
2. **Node.js:** Node.js es una tecnología muy utilizada para el desarrollo de aplicaciones en tiempo real y puede haber sido una alternativa para el back-end. Sin embargo, se eligió Laravel debido a su estructura más organizada para el desarrollo de aplicaciones orientadas a bases de datos, su facilidad para gestionar migraciones y su sistema de autenticación incorporado, que es más robusto y sencillo de configurar que en Node.js.

Para el desarrollo de la aplicación web destinada al monitoreo del estado de salud de los cuyes, se llevó a cabo una serie de tareas esenciales que permitieron integrar de manera efectiva los diferentes componentes del sistema. A continuación, se detallan las tareas

Monitoreo del estado de salud de cuyes a través de un sistema automatizado de identificación

realizadas, explicando cada paso del proceso y cómo estas contribuyeron a cumplir con los objetivos del proyecto.

Primero se recolectaron los requisitos para el desarrollo del Dashboard web.

Tabla I IMPLEMENTAR LA ARQUITECTURA MVS EN LA APLICACION WEB

ID	001
Título	Implementar la arquitectura MVC en la aplicación web
Prioridad	Alta
Descripción	Como administrador, quiero que la aplicación web siga el patrón MVC para que el código sea modular y fácil de mantener.
Criterios de Aceptación	- El sistema está desarrollado siguiendo el patrón MVC.
	- Los componentes del código están organizados en modelos, vistas y controladores independientes.
	- El sistema es fácilmente escalable.

TABLA II SISTEMA DE REGISTRO DE EMPRESAS

ID	002
Título	Sistema de registro de empresas
Prioridad	Alta
Descripción	Como administrador de un criadero, quiero registrar mi empresa en la plataforma, para gestionar mi criadero de manera efectiva.
Criterios de Aceptación	- El formulario de registro de empresas está implementado.
	- El encargado de la empresa es registrado automáticamente como administrador.
	- Los datos de la empresa son almacenados correctamente en la base de datos.

TABLA III IMPLEMENTAR VISTAS DE CRIADEROS Y GALPONES CON FILTROS

Monitoreo del estado de salud de cuyes a través de un sistema automatizado de identificación

ID	003
Título	Implementar vistas de criaderos y galpones con filtros
Prioridad	Media
Descripción	Como administrador, quiero tener una vista con todos los criaderos y galpones con filtros aplicables para ver y gestionar su estado.
Criterios de Aceptación	- Las vistas de criaderos y galpones están implementadas.
	- Los filtros permiten buscar por ubicación, estado o cantidad de cuyes.
	- La información es accesible y actualizada en tiempo real.

TABLA IV SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE EMPLEADOS Y ROLES

ID	004
Título	Sistema de administración de empleados y roles
Prioridad	Media
Descripción	Como administrador, quiero gestionar empleados y roles dentro de la empresa para asignar tareas y permisos de acceso.
Criterios de Aceptación	- El administrador puede agregar, eliminar y modificar empleados.
	- El sistema permite cambiar el rol de empleado a administrador y viceversa.
	- Los datos de los empleados y roles se almacenan correctamente en la base de datos.

TABLA V DESARROLLAR EL DASHBOARD PRINCIPAL DE MONITOREO

ID	005
Título	Desarrollar el dashboard principal de monitoreo
Prioridad	Alta
Descripción	Como usuario, quiero ver el estado de salud de los cuyes en tiempo real en el dashboard, con gráficas de peso y temperatura.
Criterios de Aceptación	- El dashboard muestra en tiempo real los datos de peso, temperatura y estado de salud de los cuyes.
	- Los gráficos (Highcharts) permiten la visualización de los cambios en el tiempo.

Monitoreo del estado de salud de cuyes a través de un sistema automatizado de identificación

	- Los datos del estado de salud están conectados al modelo de predicción y se actualizan en tiempo real.
--	--

TABLA VI INTEGRAR LOS DATOS DE PESAJE DE LOS CUYES

ID	006
Título	Integrar los datos de pesaje de los cuyes
Prioridad	Alta
Descripción	Como administrador, quiero que los datos de pesaje se integren automáticamente en la plataforma para visualizarlos en el dashboard.
Criterios de Aceptación	- Los datos de pesaje se integran automáticamente en el sistema desde las balanzas.
	- La información de pesaje está disponible en tiempo real en el dashboard.

TABLA VII IMPLEMENTAR MQTT PARA LA RECEPCIÓN DE DATOS EN TIEMPO REAL

ID	007
Título	Implementar MQTT para la recepción de datos en tiempo real
Prioridad	Alta
Descripción	Como administrador, quiero que la conexión MQTT permita recibir los datos de las balanzas en tiempo real y que se actualicen instantáneamente en el dashboard.
Criterios de Aceptación	- El sistema MQTT está configurado correctamente para recibir mensajes en tiempo real.
	- Los datos (código del cuy, peso y temperatura) se reciben en formato JSON y se muestran en el dashboard.
	- Los datos se almacenan en la base de datos y se envían al modelo de predicción automáticamente.

Monitoreo del estado de salud de cuyes a través de un sistema automatizado de identificación

TABLA VIII CONECTAR EL MODELO DE PREDICCIÓN DE SALUD

ID	008
Título	Conectar el modelo de predicción de salud
Prioridad	Media
Descripción	Como administrador, quiero que los datos en tiempo real se envíen al modelo de predicción de salud para determinar el estado de salud de los cuyes.
Criterios de Aceptación	- Los datos de peso y temperatura se envían al modelo de predicción de salud.
	- El estado de salud predicho se actualiza en el dashboard en tiempo real.
	- El modelo de aprendizaje automático está funcionando con precisión.

TABLA IX DESPLEGAR LA APLICACIÓN WEB

ID	009
Título	Desplegar la aplicación web
Prioridad	Alta
Descripción	Como administrador, quiero que la aplicación web esté disponible para su uso y acceso en la red para monitorear la salud de los cuyes.
Criterios de Aceptación	- La aplicación está desplegada correctamente en un servidor web accesible.
	- Los usuarios pueden acceder y utilizar todas las funcionalidades de la aplicación sin problemas.

Luego estas fueron organizadas en una lista de tareas (Product backlog)

TABLA X PRODUCT BACKLOG

ID	Tarea	Prioridad	Historia de Usuario Relacionada	Estado
1	Implementar la arquitectura MVC	Alta	Historia de Usuario 1	Completado
1.1	Crear estructura de carpetas MVC	Alta	Historia de Usuario 1	Completado
1.2	Definir modelos para cuyes, criaderos y empleados	Alta	Historia de Usuario 1	Completado
1.3	Implementar controladores para la lógica de negocio	Alta	Historia de Usuario 1	Completado
1.4	Crear vistas para la visualización de datos	Alta	Historia de Usuario 1	Completado
2	Crear sistema de registro de empresas	Alta	Historia de Usuario 2	Completado
2.1	Diseñar formulario de registro de empresas	Alta	Historia de Usuario 2	Completado
2.2	Implementar validación de datos en el formulario	Alta	Historia de Usuario 2	Completado
2.3	Guardar los datos de empresas en la base de datos	Alta	Historia de Usuario 2	Completado
2.4	Asociar automáticamente el rol de administrador	Alta	Historia de Usuario 2	Completado
3	Desarrollar la vista de criaderos con filtros	Media	Historia de Usuario 3	Completado
3.1	Crear vista de criaderos	Media	Historia de Usuario 3	Completado
3.2	Implementar filtros por ubicación y estado	Media	Historia de Usuario 3	Completado
3.3	Mostrar cuyes asociados a cada criadero	Media	Historia de Usuario 3	Completado
4	Desarrollar la vista de galpones con filtros	Media	Historia de Usuario 3	Completado

4.1	Crear vista de galpones	Media	Historia de Usuario 3	Completado
4.2	Implementar filtros por ubicación y estado	Media	Historia de Usuario 3	Completado
4.3	Mostrar cuyes asociados a cada galpón	Media	Historia de Usuario 3	Completado
5	Implementar sistema de administración de empleados y roles	Alta	Historia de Usuario 4	Completado
5.1	Crear vista para gestionar empleados	Alta	Historia de Usuario 4	Completado
5.2	Implementar funcionalidad para agregar empleados	Alta	Historia de Usuario 4	Completado
5.3	Crear funcionalidad para modificar roles de empleados	Alta	Historia de Usuario 4	Completado
5.4	Implementar eliminación de empleados	Alta	Historia de Usuario 4	Completado
6	Diseñar la interfaz de usuario para monitoreo	Alta	Historia de Usuario 5	Completado
6.1	Definir componentes visuales para el dashboard	Alta	Historia de Usuario 5	Completado
6.2	Crear diseño para mostrar datos de cuyes (peso, temperatura, etc.)	Alta	Historia de Usuario 5	Completado
7	Desarrollar el dashboard principal con gráficos de Highcharts	Alta	Historia de Usuario 6	Completado
7.1	Configurar Highcharts para mostrar gráficos de peso y temperatura	Alta	Historia de Usuario 6	Completado
7.2	Crear funcionalidad para mostrar lista de cuyes	Alta	Historia de Usuario 6	Completado

Monitoreo del estado de salud de cuyes a través de un sistema automatizado de identificación

7.3	Integrar datos del estado de salud de cuyes al dashboard	Alta	Historia de Usuario 6	Completado
8	Integrar datos de las balanzas en tiempo real usando MQTT	Alta	Historia de Usuario 7 y 8	Completado
8.1	Configurar servidor MQTT	Alta	Historia de Usuario 7	Completado
8.2	Implementar recepción de datos en formato JSON (código, peso, temperatura)	Alta	Historia de Usuario 7	Completado
8.3	Actualizar el dashboard en tiempo real con los datos recibidos	Alta	Historia de Usuario 7	Completado
8.4	Guardar datos de pesaje en la base de datos	Alta	Historia de Usuario 7	Completado
9	Conectar el modelo de aprendizaje automático con el sistema	Alta	Historia de Usuario 9	Completado
9.1	Implementar el envío de datos al modelo de predicción	Alta	Historia de Usuario 9	Completado
9.2	Mostrar estado de salud predicho en el dashboard	Alta	Historia de Usuario 9	Completado
9.3	Evaluar y ajustar el rendimiento del modelo	Alta	Historia de Usuario 9	Completado
10	Desplegar la aplicación en un servidor	Alta	Historia de Usuario 10	Completado
10.1	Verificar acceso a la aplicación desde la red	Alta	Historia de Usuario 10	Completado
10.2	Realizar pruebas de funcionamiento y estabilidad	Alta	Historia de Usuario 10	Completado

El desarrollo de la aplicación web para el monitoreo del estado de salud de los cuyes fue un proceso complejo que involucró diversas etapas y tareas técnicas. A continuación, se detalla cada

Monitoreo del estado de salud de cuyes a través de un sistema automatizado de identificación una de las tareas y subactividades realizadas, proporcionando una explicación extensa sobre cómo se ejecutó cada parte del proyecto. Este proceso fue crucial para garantizar que la aplicación funcionara correctamente, brindando información en tiempo real y facilitando la administración eficiente de los criaderos de cuyes.

1. Conexión MVC

El primer paso fue establecer la arquitectura basada en el patrón de diseño Modelo-Vista-Controlador (MVC), un enfoque estructurado que nos permitió dividir el proyecto en tres capas claras: Modelos, Vistas, y Controladores. Esta división proporcionó la base para una aplicación modular y de fácil mantenimiento.

Modelos: En esta capa, definimos las entidades clave del sistema, como los cuyes, criaderos, galpones y empleados. Cada modelo fue diseñado para reflejar la realidad de un criadero, y se implementaron relaciones adecuadas entre ellos, como la asociación entre cuyes y galpones. También agregamos validaciones rigurosas para asegurar que los datos ingresados fueran consistentes y que no se produjeran errores durante la creación o modificación de registros.

Controladores: Los controladores actuaron como el puente entre las vistas y los modelos. Aquí, implementamos la lógica del negocio, como el procesamiento de las solicitudes HTTP y la gestión de los datos en tiempo real. Cada vez que un usuario interactuaba con la aplicación, como al registrar un nuevo criadero o actualizar la información de un cuy, el controlador gestionaba la solicitud, se comunicaba con los modelos, y devolvía una respuesta adecuada a la vista correspondiente.

Vistas: Se utilizó Blade, el motor de plantillas de Laravel, para diseñar las vistas de la aplicación. El objetivo era ofrecer una interfaz intuitiva y organizada que facilitara a los usuarios visualizar la información de los cuyes y administrar sus criaderos. Las vistas mostraban los datos de manera clara y se diseñaron para ser responsivas, asegurando que la aplicación funcionara bien en dispositivos móviles y de escritorio.

2. Sistema de Registro de Empresas

Monitoreo del estado de salud de cuyes a través de un sistema automatizado de identificación

El sistema de registro de empresas fue desarrollado para permitir que los criaderos de cuyes se registraran en la plataforma. Durante esta etapa:

Captura de Datos: Se diseñó un formulario interactivo que permitía a los criaderos ingresar su información, incluyendo los datos del encargado de la empresa. Para mejorar la experiencia del usuario, utilizamos la funcionalidad de validación en tiempo real proporcionada por Livewire, lo que permitió detectar errores en la entrada de datos sin necesidad de recargar la página.

Asignación de Roles: Una vez registrado el criadero, el sistema asignaba automáticamente al encargado como administrador de la empresa, lo que le permitía acceder a funcionalidades avanzadas, como la gestión de empleados y la visualización del estado de salud de los cuyes.

3. Vistas de Criaderos y Galpones con Filtros

En este punto, se desarrollaron vistas para mostrar la lista de criaderos y galpones, con la capacidad de aplicar filtros. Esta funcionalidad fue esencial para que los usuarios pudieran buscar y encontrar rápidamente la información que necesitaban.

Filtros Personalizados: Los filtros se implementaron para que los usuarios pudieran ordenar los criaderos por criterios como ubicación, nombre, o cantidad de cuyes. Esto se logró utilizando consultas Eloquent, que son altamente optimizadas para manejar grandes volúmenes de datos sin comprometer el rendimiento de la aplicación.

Optimización de Carga de Datos: Para evitar recargas innecesarias de la página, aplicamos la técnica de paginación y actualizaciones asíncronas utilizando Livewire, lo que permitió a los usuarios aplicar filtros sin tener que esperar largos tiempos de carga.

Criaderos + Agregar criadero

Mostrando 5 criaderos

#	Código	Galpones	Cuyes	Ubicación	Último pesaje	Opciones
1	CRI-000	5	25	Catambuco - Nariño	N/A	Ver más
2	CRI-001	7	28	Catambuco - Nariño	N/A	Ver más
3	CRI-002	6	35	Catambuco - Nariño	N/A	Ver más
4	CRI-003	3	13	Catambuco - Nariño	N/A	Ver más
5	cri-1212	1	0	pasto - nariño	N/A	Ver más

Fig. 7 Vista de criaderos

Monitoreo del estado de salud de cuyes a través de un sistema automatizado de identificación

4. Administración de Empleados y Roles

Esta funcionalidad fue crucial para que los administradores de los criaderos pudieran gestionar sus empleados de manera eficiente. Durante esta fase:

Agregar Empleados: Los administradores tenían la capacidad de registrar nuevos empleados en la plataforma, asignándoles un rol específico, como pesador o administrador. Esta función permitió una gestión eficiente de los equipos de trabajo dentro de cada criadero.

Modificación de Roles: Además de agregar empleados, también se incluyó la opción de cambiar roles, otorgando más o menos privilegios a los empleados según las necesidades del criadero. Se implementaron políticas de acceso para garantizar que solo los usuarios autorizados pudieran realizar estos cambios.

5. Diseño de la Interfaz de Usuario

El diseño de la interfaz de usuario se centró en la usabilidad y la accesibilidad. Durante esta etapa:

Diseño Responsivo: Se aseguró de que la interfaz fuera completamente responsiva, utilizando Bootstrap para lograr un diseño moderno que se adaptara a diferentes tamaños de pantalla. El objetivo era permitir que los usuarios pudieran acceder al sistema desde cualquier dispositivo, ya fuera una computadora, tablet o teléfono móvil.

Experiencia de Usuario (UX): Cada vista fue diseñada con la experiencia del usuario en mente, asegurando que las tareas comunes, como la visualización de datos o la gestión de empleados, fueran intuitivas y fáciles de realizar.

6. Desarrollo del Dashboard Principal

El dashboard principal fue el núcleo de la aplicación, y su desarrollo implicó varios retos técnicos.

Monitoreo del estado de salud de cuyes a través de un sistema automatizado de identificación

Visualización de Datos: Utilizamos Highcharts para crear gráficos que representaran de manera visual el peso, la temperatura y el estado de salud de los cuyes. Los gráficos eran interactivos, permitiendo a los usuarios ver detalles específicos de cada cuy al pasar el cursor sobre los puntos de datos.

Actualización en Tiempo Real: Un desafío importante fue lograr que los datos del dashboard se actualizarán en tiempo real sin necesidad de recargar la página. Para solucionar este problema, se integró Livewire, lo que permitió que los gráficos se actualizarán automáticamente cuando llegaban nuevos datos de las balanzas.

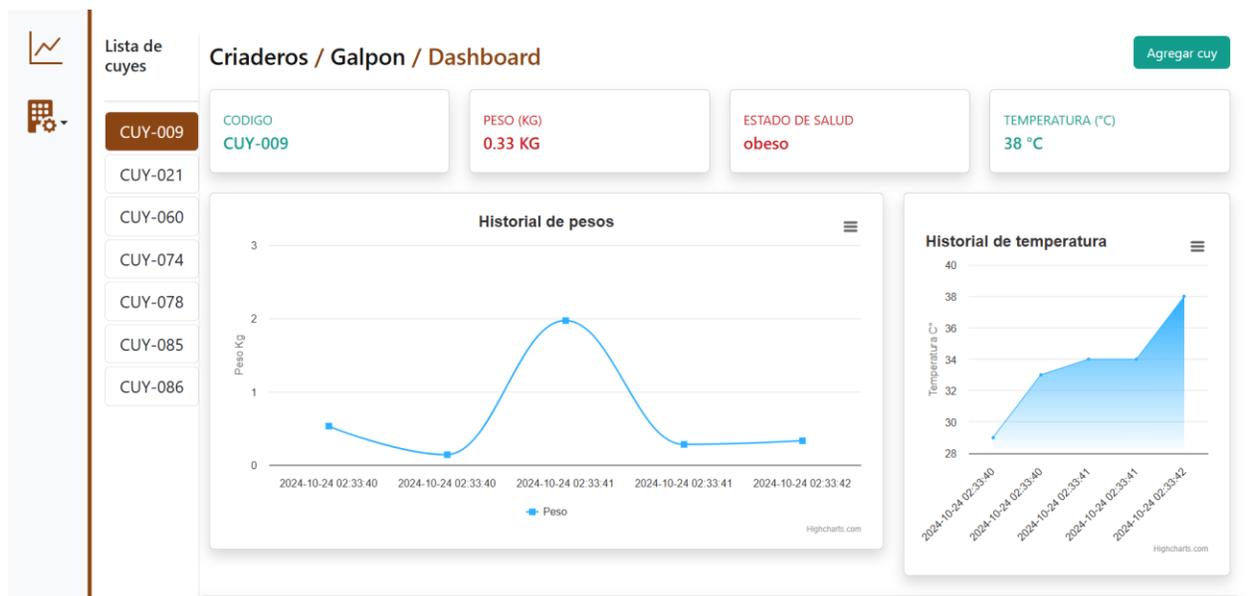


Fig. 8 Vista de dashboard

7. Integración de Datos de Pesaje

La integración de los datos de pesaje fue un componente clave para el monitoreo en tiempo real.

Conexión con las Balanzas: Cada vez que una balanza registraba el peso de un cuy, los datos se enviaban automáticamente al sistema a través del protocolo MQTT. El sistema procesaba estos datos y los almacenaba en la base de datos, permitiendo su visualización instantánea en el dashboard.

Monitoreo del estado de salud de cuyes a través de un sistema automatizado de identificación

8. Integración de MQTT para Datos en Tiempo Real

El protocolo MQTT fue la solución ideal para manejar la comunicación en tiempo real entre las balanzas y la aplicación.

Topic por Galpón y Empresa: Configuramos un sistema de topics específicos para cada galpón y empresa, lo que permitió que los datos se organizaran y transmitieran de manera eficiente. Los datos se enviaban en formato JSON, conteniendo la información esencial de cada cuy: código, peso y temperatura.

Actualización Instantánea: Cada vez que llegaban nuevos datos desde las balanzas, el dashboard se actualizaba en tiempo real, y los datos también se almacenaban en la base de datos para su análisis posterior.

9. Integración del Modelo de Aprendizaje Automático

Una vez implementados los datos de pesaje en tiempo real, integramos el modelo de aprendizaje automático desarrollado previamente.

Evaluación del Estado de Salud: El modelo se encargaba de analizar los datos de peso y temperatura en tiempo real, generando alertas cuando detectaba patrones que indicaban un posible problema de salud en los cuyes. Esta funcionalidad fue esencial para el monitoreo proactivo de la salud de los animales.

V. Análisis de resultados

A. Establecer un modelo de comunicación para la comunicación de las balanzas

Durante la implementación del modelo de comunicación basado en el protocolo MQTT, realizamos una serie de pruebas para medir el rendimiento del sistema bajo distintas condiciones de red y configuraciones de dispositivos. Estas pruebas fueron cruciales para evaluar la eficacia del sistema en la transmisión de datos en tiempo real, identificar posibles cuellos de botella y determinar áreas de optimización.

Para simular diferentes condiciones de red, utilizamos NetLimiter, una herramienta que nos permitió controlar las velocidades de conexión de manera precisa. Así, pudimos probar el rendimiento del sistema en escenarios de ancho de banda limitado y observar su respuesta en condiciones de carga.

Las pruebas se realizaron en dos enfoques principales:

- **Pruebas de Velocidad de Conexión:** Con NetLimiter con la versión 5.3.18.0, simulamos diversas velocidades de conexión para evaluar el comportamiento del sistema en distintas condiciones de red. Esto fue fundamental para garantizar que el modelo de comunicación fuera robusto y fiable incluso con conexiones de ancho de banda reducido.

TABLA XI RENDIMIENTO PROTOCOLO MQTT EN DIFERENTES VELOCIDADES DE CONEXIÓN

Rendimiento protocolo MQTT en diferentes velocidades de conexión	
Velocidad	Tiempo
256 kbps	0.237783203125 ms
512 kbps	0.238037109375 ms
2 Mbps	0.212158203125 ms
10 Mbps	0.20703125 ms
50 Mbps	0.202919921875 ms

- Pruebas de Carga de Estrés con Múltiples Balanzas:** Se conectaron hasta 10 balanzas simultáneamente para probar la estabilidad del sistema bajo carga intensa. Esto permitió analizar cómo la infraestructura soporta el tráfico en situaciones de alta demanda y evaluar su capacidad de escalabilidad a medida que se incrementa el número de dispositivos conectados.

TABLA XII RENDIMIENTO PROTOCOLO MQTT PARA MÚLTIPLES ESCALAS

Rendimiento protocolo MQTT para Múltiples Escalas	
Cantidad	Tiempo
1	0.201919921875 ms
5	0.578857421875 ms
10	0.59119140625 ms

B. Almacenar la información estadística del sistema de pesaje (SAIPC)

Al implementar el sistema de monitoreo de cuyes, recopilamos estadísticas y métricas clave que nos permitieron evaluar la eficiencia, la escalabilidad, y la velocidad de almacenamiento de datos, así como el rendimiento del sistema en distintas condiciones. A continuación, presentamos un análisis detallado de los principales indicadores técnicos y de rendimiento obtenidos.

Monitoreo del estado de salud de cuyes a través de un sistema automatizado de identificación

Velocidad de Guardado de Datos y Procesamiento en Tiempo Real

Dado que el sistema depende de la entrada continua de datos de pesaje de los cuyes, la velocidad de guardado fue una de nuestras métricas críticas.

- **Tiempo promedio de guardado de datos:** Observamos que cada dato de pesaje enviado desde las balanzas a través de MQTT se guardaba en la base de datos en un promedio de **0.302 ms a 0.802 ms**.
- **Latencia mínima y máxima:** En condiciones ideales (sin carga excesiva), el sistema logró almacenar datos en **menos de 0.306 ms**. Sin embargo, en picos de actividad alta, la latencia máxima registrada fue de **0.753 ms**, debido a la sobrecarga de procesamiento en el backend.

TABLA XIII RENDIMIENTO ESCRITURA EN LA BASE DE DATOS MYSQL EN DIFERENTES VELOCIDADES DE CONEXIÓN

Rendimiento escritura en la base de datos MySQL en diferentes velocidades de conexión	
Velocidad	Tiempo(ms)
256 kbps	0.753857421875 ms
512 kbps	0.406005859375 ms
2 Mbps	0.381064453125 ms
10 Mbps	0.319091796875 ms
50 Mbps	0.306923828125 ms

- **Pruebas de estrés:** Durante las pruebas de estrés, el sistema mantuvo la integridad de los datos y un rendimiento aceptable en la recuperación de información, incluso con un total de 10 galpones recibiendo datos en tiempo real. Estas pruebas indican que la base de datos tiene la capacidad de expansión requerida para una operación prolongada y a gran escala.

Monitoreo del estado de salud de cuyes a través de un sistema automatizado de identificación

TABLA XIV RENDIMIENTO ESCRITURA EN LA BASE DE DATOS MYSQL PARA MÚLTIPLES ESCALAS

Rendimiento escritura en la base de datos MySQL para Múltiples Escalas	
Cantidad	Tiempo (ms)
1	0.302923828125 ms
5	0.593017578125 ms
10	0.695166015625 ms

C. Diseñar un modelo de aprendizaje automatizado para la predicción de la salud de los cuyes mediante los datos obtenidos.

El uso de datos simulados permitió avanzar en el desarrollo y diseño del modelo, obteniendo una precisión del **99.6%** con el algoritmo **Random Forest Classifier** en los escenarios de prueba. Esta alta precisión indica que el modelo tiene una notable capacidad para detectar patrones de salud en los datos sintéticos, siendo capaz de generalizar correctamente sobre las variaciones en peso, temperatura y edad. A continuación, se detallan los resultados en términos de precisión, sensibilidad y especificidad:

- **Precisión (99.6%):** La alta precisión sugiere que el modelo tiene un bajo índice de errores, identificando correctamente la mayoría de los casos de salud y enfermedad simulados.
- **Sensibilidad y especificidad:** Estas métricas demostraron que el modelo mantiene un equilibrio adecuado entre la detección de casos enfermos (sensibilidad) y la exclusión de cuyes sanos de los diagnósticos erróneos (especificidad). Esto es fundamental en un entorno de monitoreo de salud animal, donde el costo de falsos positivos o negativos puede ser alto.

2. Robustez del Modelo en Condiciones de Datos Sintéticos

El conjunto de datos simulados incluyó variaciones realistas de peso y temperatura, con patrones diseñados para reflejar escenarios como pérdida de peso repentina o fiebre. Además, se incluyeron datos ruidosos y algunos valores atípicos, lo cual puso a prueba la robustez del

Monitoreo del estado de salud de cuyes a través de un sistema automatizado de identificación modelo frente a situaciones de datos imperfectos:

- **Robustez ante datos ruidosos:** El modelo Random Forest Classifier mostró un desempeño superior al manejar datos ruidosos, en comparación con otros algoritmos como SVC y **Árboles de Decisión**, que fueron más sensibles a variaciones en los datos.
- **Adaptabilidad a diferentes patrones de salud:** La capacidad de Random Forest para manejar relaciones complejas y no lineales entre las variables clave permitió detectar escenarios de salud con diferentes patrones de deterioro, como pérdida gradual de peso o aumentos repentinos de temperatura, lo cual refleja la utilidad del modelo en situaciones de salud variadas.

3. Evaluación de Desempeño del Modelo

Durante el proceso de evaluación, se emplearon métricas avanzadas y visualizaciones para medir la efectividad del modelo en la detección de problemas de salud.

- **Curva ROC y AUC:** Las curvas ROC del modelo alcanzaron un **AUC cercano a 1**, lo que indica una excelente capacidad para diferenciar entre cuyes sanos y enfermos a través de distintos umbrales de decisión. Esta métrica es particularmente útil para ajustar el modelo a las necesidades operativas del sistema, optimizando el umbral de decisión para minimizar falsos positivos y negativos.
- **Comparación con otros modelos:** Al comparar Random Forest con otros modelos, este mostró una mayor precisión y capacidad de generalización, logrando resultados consistentemente altos en todas las métricas clave, lo cual reafirma su idoneidad para el objetivo del proyecto.

Monitoreo del estado de salud de cuyes a través de un sistema automatizado de identificación

D. Desarrollar aplicación web que permita la visualización de los datos obtenidos para el monitoreo del estado de salud del cuy

1. Mejora en la Accesibilidad y Centralización de Información

El dashboard implementado ofrece una interfaz centralizada que permite acceder fácilmente a múltiples áreas de gestión (como el login, página de inicio, criaderos, galpones y el dashboard de cuyes), en contraste con los métodos tradicionales, que suelen requerir múltiples herramientas o procesos manuales fragmentados. La accesibilidad mejorada a toda la información en un solo lugar evita la necesidad de desplazarse entre diferentes sistemas o documentos físicos, ahorrando tiempo y reduciendo el riesgo de errores en la recolección y actualización de datos. Al centralizar todos los datos en una sola interfaz, los usuarios pueden acceder a la información de manera ágil, promoviendo una gestión más eficiente y completa de los criaderos.

2. Optimización en la Gestión de Empleados y Roles

La interfaz de administración de empleados y roles ha facilitado el proceso de gestión de personal, permitiendo la creación de empleados, la asignación de roles específicos y la edición de perfiles de usuario de forma sencilla y rápida. En el proceso tradicional, la administración de roles y la asignación de permisos suele ser tediosa y propensa a errores, especialmente en casos donde se utilizan métodos manuales o registros físicos. Con el dashboard, los administradores pueden asignar roles, definir privilegios y gestionar perfiles sin necesidad de manejar documentos físicos ni listas separadas. Esto garantiza una administración más precisa y ágil, que reduce errores en la asignación de funciones y aumenta la transparencia en la gestión de equipos.

2. Experiencia de Usuario (UX) Intuitiva y Ahorro de Tiempo

El diseño del dashboard, desarrollado con interfaces claras y un flujo de navegación intuitivo, ha permitido a los usuarios realizar tareas como la visualización de información de criaderos y galpones, y el monitoreo de la salud de los cuyes sin dificultades. En un proceso tradicional, este tipo de acceso a la información podría requerir múltiples pasos manuales y la búsqueda en distintos registros. La interfaz actual asegura que el usuario complete sus tareas en un menor tiempo: las pruebas internas demostraron que los usuarios pueden visualizar la información y realizar tareas comunes en un menor tiempo en

Monitoreo del estado de salud de cuyes a través de un sistema automatizado de identificación

comparación con métodos manuales. Además, el diseño responsivo del dashboard facilita el acceso desde dispositivos móviles, permitiendo la gestión de datos desde el campo o cualquier otra ubicación, una ventaja que el método tradicional no ofrece.

4. Actualización en Tiempo Real y Reducción de Errores en Datos de Salud

El dashboard, al mostrar actualizaciones en tiempo real de datos de salud de los cuyes (como peso y temperatura), facilita la supervisión inmediata del estado de salud de los animales. Este aspecto es crítico para tomar decisiones rápidas, algo que en el proceso tradicional se realiza con registros retrasados y limitados. La actualización automática reduce la probabilidad de errores en el ingreso manual de datos y asegura que los administradores tengan siempre la información más reciente, permitiendo actuar rápidamente ante cualquier irregularidad detectada. El proceso de monitoreo en tiempo real también evita la pérdida de datos y asegura que las decisiones se basen en información confiable y actualizada, algo que mejora significativamente la toma de decisiones comparado con el uso de registros en papel.

5. Reducción de Dependencia de Procesos Manuales y Mejora en la Productividad

La implementación del dashboard ha permitido automatizar varias tareas que en el proceso tradicional requerirían esfuerzo manual, como la recolección, análisis y visualización de datos de salud. Esto no solo reduce la dependencia de procesos manuales que pueden ser lentos y propensos a errores, sino que también aumenta la productividad del personal, al liberarlo de tareas repetitivas y permitiéndole enfocarse en la toma de decisiones y en el monitoreo estratégico de los criaderos. La interfaz clara y la organización de datos optimizada en el dashboard han facilitado el trabajo de los administradores, mejorando la eficiencia operativa en la administración de los recursos.

CONCLUSIONES

La implementación de un modelo de comunicación basado en el protocolo MQTT ha demostrado ser una solución eficiente y escalable para la transmisión de datos en tiempo real en el monitoreo de salud animal. Este modelo fue evaluado exhaustivamente mediante pruebas de rendimiento que simularon diferentes condiciones de red y carga, utilizando hasta 10 balanzas simultáneamente y variando las velocidades de conexión a través de NetLimiter. Las pruebas confirmaron la robustez y capacidad del sistema para adaptarse a condiciones de red variables sin comprometer la precisión ni la consistencia de la transmisión de datos.

La estructura de almacenamiento implementada para el sistema de pesaje (SAIPC) permite gestionar y organizar de manera eficiente la información estadística de los cuyes, facilitando un monitoreo continuo y detallado de su estado de salud. Este diseño garantiza que los datos de pesaje y temperatura se registren y mantengan de forma confiable, soportando consultas de alto volumen y proporcionando una base robusta para el análisis estadístico y el seguimiento de tendencias en el tiempo. La implementación del almacenamiento estadístico optimiza la administración de los criaderos y establece una infraestructura sólida para futuras expansiones en análisis predictivo y toma de decisiones informadas.

El modelo de predicción de salud diseñado mediante Random Forest Classifier ha mostrado una precisión y robustez destacadas, adecuadas para el monitoreo de la salud de los cuyes en tiempo real. La eficacia del modelo al identificar variaciones clave de salud en condiciones simuladas sugiere que es una herramienta confiable para anticipar problemas de bienestar animal. Esto proporciona una base sólida para futuras aplicaciones en entornos reales, donde un monitoreo preciso es esencial para una gestión proactiva y efectiva en los criaderos.

El dashboard ha superado significativamente al proceso tradicional en términos de accesibilidad, seguridad, facilidad de uso y eficiencia. La centralización de funciones clave en una sola plataforma, la reducción de errores, el acceso en tiempo real a la información y la mejora en la productividad general representan un avance considerable en la gestión y monitoreo de la salud de los cuyes. Esto se traduce en un sistema de administración más moderno, eficaz y alineado a las necesidades actuales de monitoreo automatizado en criaderos.

Monitoreo del estado de salud de cuyes a través de un sistema automatizado de identificación

La implementación del sistema web ha demostrado ser una herramienta fundamental para mejorar la toma de decisiones en la gestión de la salud de los cuyes. Al ofrecer un acceso centralizado y en tiempo real a datos críticos como peso, temperatura y predicciones de salud, el sistema permite a los criadores identificar rápidamente patrones y posibles riesgos para la salud de los animales, facilitando intervenciones tempranas y acciones proactivas. La robustez del modelo de comunicación mediante MQTT, el almacenamiento confiable de la información estadística y la precisión del modelo de predicción reafirman que esta plataforma es una solución moderna y eficaz que respalda la toma de decisiones informadas en los criaderos. Así, se confirma la hipótesis H1: el sistema web ayuda significativamente a los criadores de cuyes en la toma de decisiones sobre el bienestar de sus animales.

RECOMENDACIONES

- Durante el desarrollo del sistema, se trabajó con datos simulados para entrenar y evaluar el modelo predictivo. Se recomienda recolectar datos reales de campo, provenientes de criaderos locales, para validar y mejorar el modelo. Estudios previos sobre salud animal demuestran que la integración de datos reales incrementa la capacidad del modelo para identificar patrones específicos y mejorar su aplicabilidad. Este enfoque permitirá obtener resultados más precisos y generalizables.
- La literatura científica en salud animal señala que variables como el tipo de alimentación, la edad y las condiciones ambientales tienen un impacto significativo en el estado de salud. Se recomienda realizar experimentos controlados para evaluar cómo la incorporación de estas variables afecta la precisión del modelo predictivo. Por ejemplo, investigaciones recientes muestran que el análisis de múltiples variables relacionadas puede aumentar hasta en un 20% la sensibilidad de los modelos de clasificación en sistemas similares.
- Los resultados obtenidos en las pruebas con MQTT y Mosquitto han demostrado su eficiencia en la transmisión de datos en tiempo real. Sin embargo, se sugiere realizar análisis adicionales sobre su desempeño en redes con restricciones de ancho de banda, para garantizar su estabilidad en entornos rurales. Esta recomendación se basa en estudios que validan el uso de MQTT como un protocolo ligero y adecuado para dispositivos IoT en condiciones adversas.
- Aunque el dashboard desarrollado ha sido probado en entornos controlados, se recomienda realizar pruebas en escenarios reales con usuarios finales. Esto permitirá ajustar elementos de la interfaz y evaluar su capacidad para procesar grandes volúmenes de datos en tiempo real. Según estudios sobre UX en aplicaciones similares, las iteraciones basadas en pruebas con usuarios finales incrementan la satisfacción y la eficiencia en el uso del sistema.

Referencias

- [1] T. A. M., «la republica,» 26 agosto 2020. [En línea]. Available: <https://www.larepublica.co/responsabilidad-social/el-cuy-se-reinventa-en-narino-y-logra-que-en-su-tierra-se-vea-como-una-importante-fuente-de-ingresos-3050980#:~:text=Hoy%2C%20entre%20San%20Juan%20de,por%20Cauca%2C%20Huila%20y%20Putumayo.>
- [2] «gallagher,» [En línea]. Available: <https://am.gallagher.com/es-CL/Soluciones/Weighing-and-EID-Solutions>.
- [3] E. TIEMPO, «Holandeses asesoran a Pasto en la cría de cuyes».
- [4] S. C. C. M. B. W., «Efecto del tamaño de camada y número de parto en el crecimiento de cuyes (*Cavia porcellus* Rodentia: caviidae),» *Revista Lasallista de Investigación*, p. 47– 55, 2010.
- [5] M. D. A. Y. D. RURAL, «MANUAL DE CONDICIONES DE BIENESTAR ANIMAL EN LA PRODUCCIÓN DE CONEJOS Y/O CUYES,» 2022.
- [6] B. Jiménez, «Sistema de pesaje automatizado que facilita el manejo de cuyes (*Cavia porcellus*)».
- [7] «PCE Ibérica S.L. Instrumentación. Balanza PCB 6000-0,» 2018.
- [8] «PCE Ibérica S.L. Instrumentación. Balanza para animales PCE PS 75XL,» 2010.
- [9] «R. S. A. A. K. N. M. Farooq MS, A Survey on the Role of IoT in Agriculture for the Implementation of Smart Farming,» 2019.
- [10] «H. B. Machinery, Digital farming: What does it really mean? CEMA - European Agricultural,» pp. 1-9, 2017.
- [11] T. G. F. W. L. T., «Research and development of pig weight estimation system based on,» 2011.
- [12] L. molina, «I. L. C. d. Zaldívar, Producción de cuyes (*Cavia porcellus*)».
- [13] «I. R. H. OSHIRO, TECNIFICACIÓN DE LA CRIANZA,» 2008.
- [14] S. A. Quispe, «MANEJO TÉCNICO DE LA CRIANZA DE CUYES EN LA SIERRA DEL PERU,» p. 23, 2015.
- [15] O. HR, «Digital Farming: What Does It Really Mean?, Boulevard Auguste: European,» *Tecnificación de la crianza de cuyes para el mercado Nacional. Lima;*, Lima, 2008..., 2015.
- [16] B. D. Harper, «Digital Farming: What Does It Really Mean?, Boulevard Auguste: European,» pp. 1-9, 2017.
- [17] A. G. Z. TTITO, «Aplicación de la visión artificial en la estimación del peso corporal del cuy,» 2020.
- [18] E. J. C. A. A. M. J. V. M. R. M. P. C. M. B. Meza, «Plan de negocio para,» Lima, Perú, 2018.
- [19] D. A. Ismael, «S. d. p. a. p. ganadería,» Mar del Plata, Argentina, 2018.
- [20] J. A. T. F. R. D. G. L. J. C. F. M. H. J. Arias1, «Análisis del índice de temperatura-humedad sobre la mortalidad y el peso corporal de cuyes (*Cavia porcellus*) de la línea sintética en Moquegua, Perú,» Moquegua, Perú, 2014.
- [21] H. J. A. N. O. D. J. M. ÁVILA, «SOFTWARE PARA LA ADMINISTRACIÓN Y CONTROL DE UNA GRANJA QUE MEJORE LA PRODUCCIÓN DE GANADO PORCINO EN EL DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA,» MONTERIA, 2015.
- [22] R. A. S. Ortiz, «Desarrollo de un sistema de Internet de las Cosas Industrial para el monitoreo de temperatura de un pasteurizador de leche,» Cartagena, Colombia, 2023.
- [23] W. A. S.-R. y. C. C. C.-G. F. A. Salamanca-Figueroa, «Prototipo de monitoreo y alarma para la detección de heladas blancas en sectores rurales de Sogamoso,» *Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia*, p. 57– 64, 2018.
- [24] H. F. R. P. M. M. GONZALEZ, «COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE CUYES (*Cavia porcellus*),» PASTO - COLOMBIA, 2005.
- [25] J. M. C. BEDOYA, «SISTEMA DE APOYO PARA LA DETECCIÓN DE BROCA Y ROYA EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN TRADICIONAL DE CULTIVOS DE CAFÉ A PARTIR DEL ANÁLISIS A VARIABLES CLIMÁTICAS A TRAVÉS DE PROTOCOLOS DE COMUNICACIONES PARA IOT,» San Juan de Pasto, 2020.
- [26] Y. D. A. Rodríguez, «Desarrollo de la iniciativa CatiNar en zonas rurales de Nariño con de Nariño con sistema

Monitoreo del estado de salud de cuyes a través de un sistema automatizado de identificación

de riego, secador de café y vivero,» San Juan de Pasto, 2021.

- [27] J. Barco-Jiménez, «Sistema de Pesaje Automatizado para el Cuidado del Estado de Salud en Cuyes (*Cavia Porcellus*),» San Juan de Pasto.
- [28] T. y. Clemons, «The laboratory guinea pig,» p. 19, 1998.
- [29] e. H. R. y C. y. B. Fernández, «Reseña de "Metodología de la investigación",» pp. 169-170, 2004.
- [30] F. E. Ramírez, «Efecto de la edad sobre el peso y rendimiento de la canal y masa muscular en cuyes (*Cavia porcellus*) en crecimiento y engorde,» 2022.
- [31] J. B.-J. y. M. y. S. A. Martínez, «Sistema de pesaje automatizado que facilita el manejo de cuyes (*Cavia porcellus*),» 2021.
- [32] «gallagher,» [En línea]. Available: <https://am.gallagher.com/es-CL/Soluciones/Weighing-and-EID-Solutions>.
- [33] «PCE Ibérica S.L. Instrumentación. Balanza PCE-PS 150XL,» 2018.
- [34] «T. G. F. W. Liu T, Research and development of pig weight estimation system based on image,» 2011.

ANEXOS

Anexo 1 Aval del asesor



San Juan de Pasto, 31 de octubre de 2024

Señores:
Comité de Investigaciones
Programa de Ingeniería de Sistemas
Universidad CESMAG

Asunto: Aval Trabajo de Grado

Saludo de paz y bien,

Yo, Mg. Héctor Andrés Mora Paz identificado con cédula de ciudadanía Nro. 1085251119, doy fé que el trabajo de grado, Monitoreo del estado de salud de cuyes a través de un sistema automatizado de identificación y pesaje, realizado por los estudiantes: Paula Catalina Arellano Erado y Kenier Stiven Guerrero Paz se puede presentar a revisión de Jurados, de igual manera, notifico que los estudiantes asistieron a las respectivas asesorías conforme a cronograma de actividades.

Los estudiantes manifiestan su compromiso para continuar depurando detalles del documento y producto TI, buscando alcanzar los objetivos y resultados del proyecto.

Atentamente,

Mg. Héctor Andrés Mora Paz
C.C 1085251119
Asesor del proyecto

 <p>UNIVERSIDAD CESMAG NIT: 800.109.387-7 VIGILADA MINEDUCACIÓN</p>	CARTA DE ENTREGA TRABAJO DE GRADO O TRABAJO DE APLICACIÓN – ASESOR(A)	CÓDIGO: AAC-BL-FR-032
		VERSIÓN: 1
		FECHA: 09/JUN/2022

San Juan de Pasto, 10/03/2025

Biblioteca
REMIGIO FIORE FORTEZZA OFM. CAP.
Universidad CESMAG
Pasto

Saludo de paz y bien.

Por medio de la presente se hace entrega del Trabajo de Grado / Trabajo de Aplicación denominado Monitoreo del estado de salud de cuyes a través de un sistema automatizado de identificación y pesaje, presentado por el (los) autor(es) Paula Catalina Arellano Eraso, y Kenier Stiven Guerrero Paz del Programa Académico ingeniería de sistemas al correo electrónico biblioteca.trabajosdegrado@unicesmag.edu.co. Manifiesto como asesor(a), que su contenido, resumen, anexos y formato PDF cumple con las especificaciones de calidad, guía de presentación de Trabajos de Grado o de Aplicación, establecidos por la Universidad CESMAG, por lo tanto, se solicita el paz y salvo respectivo.

Atentamente,



(Firma del Asesor)

Héctor Andrés Mora Paz
1085251119
Ingeniería de sistemas
3172537641
hamora@unicesmag.edu.co

 UNIVERSIDAD CESMAG <small>NIT: 800.109.387-7 VIGILADA MINEDUCACIÓN</small>	AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE GRADO O TRABAJOS DE APLICACIÓN EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL	CÓDIGO: AAC-BL-FR-031
		VERSIÓN: 1
		FECHA: 09/JUN/2022

INFORMACIÓN DEL (LOS) AUTOR(ES)	
Nombres y apellidos del autor: Paula Catalina Arellano Eraso	Documento de identidad: 1004235888
Correo electrónico: Paulacatalina.200202@gmail.com	Número de contacto: 3174740721
Nombres y apellidos del autor: Kenier Stiven Guerrero Paz	Documento de identidad: 1007947508
Correo electrónico: kenierguerrerost@gmail.com	Número de contacto: 3173611604
Nombres y apellidos del asesor: Héctor Andrés Mora Paz	Documento de identidad: 1085251119
Correo electrónico: hamora@unicesmag.edu.co	Número de contacto: 3172537641
Título del trabajo de grado: Monitoreo del estado de salud de cuyes a través de un sistema automatizado de identificación y pesaje	
Facultad y Programa Académico: Facultad de ingeniería, Ingeniería de sistemas	

En mi (nuestra) calidad de autor(es) y/o titular (es) del derecho de autor del Trabajo de Grado o de Aplicación señalado en el encabezado, confiero (conferimos) a la Universidad CESMAG una licencia no exclusiva, limitada y gratuita, para la inclusión del trabajo de grado en el repositorio institucional. Por consiguiente, el alcance de la licencia que se otorga a través del presente documento abarca las siguientes características:

- a) La autorización se otorga desde la fecha de suscripción del presente documento y durante todo el término en el que el (los) firmante(s) del presente documento conserve (mos) la titularidad de los derechos patrimoniales de autor. En el evento en el que deje (mos) de tener la titularidad de los derechos patrimoniales sobre el Trabajo de Grado o de Aplicación, me (nos) comprometo (comprometemos) a informar de manera inmediata sobre dicha situación a la Universidad CESMAG. Por consiguiente, hasta que no exista comunicación escrita de mi(nuestra) parte informando sobre dicha situación, la Universidad CESMAG se encontrará debidamente habilitada para continuar con la publicación del Trabajo de Grado o de Aplicación dentro del repositorio institucional. Conozco(conocemos) que esta autorización podrá revocarse en cualquier momento, siempre y cuando se eleve la solicitud por escrito para dicho fin ante la Universidad CESMAG. En estos eventos, la Universidad CESMAG cuenta con el plazo de un mes después de recibida la petición, para desmarcar la visualización del Trabajo de Grado o de Aplicación del repositorio institucional.
- b) Se autoriza a la Universidad CESMAG para publicar el Trabajo de Grado o de Aplicación en formato digital y teniendo en cuenta que uno de los medios de publicación del repositorio institucional es el internet, acepto(amos) que el Trabajo de Grado o de Aplicación circulará con un alcance mundial.
- c) Acepto (aceptamos) que la autorización que se otorga a través del presente documento se realiza a título gratuito, por lo tanto, renuncio(amos) a recibir emolumento alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y/o cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente autorización y de la licencia o programa a través del cual sea publicado el Trabajo de grado o de Aplicación.
- d) Manifiesto (manifestamos) que el Trabajo de Grado o de Aplicación es original realizado sin violar o usurpar derechos de autor de terceros y que ostento(amos) los derechos patrimoniales de autor

 <p>UNIVERSIDAD CESMAG NIT: 800.109.387-7 VIGILADA MINEDUCACIÓN</p>	<p>AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE GRADO O TRABAJOS DE APLICACIÓN EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL</p>	<p>CÓDIGO: AAC-BL-FR-031</p>
		<p>VERSIÓN: 1</p>
		<p>FECHA: 09/JUN/2022</p>

sobre la misma. Por consiguiente, asumo(asumimos) toda la responsabilidad sobre su contenido ante la Universidad CESMAG y frente a terceros, manteniéndose indemne de cualquier reclamación que surja en virtud de la misma. En todo caso, la Universidad CESMAG se compromete a indicar siempre la autoría del escrito incluyendo nombre de(los) autor(es) y la fecha de publicación.

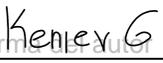
- e) Autorizo(autorizamos) a la Universidad CESMAG para incluir el Trabajo de Grado o de Aplicación en los índices y buscadores que se estimen necesarios para promover su difusión. Así mismo autorizo (autorizamos) a la Universidad CESMAG para que pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

NOTA: En los eventos en los que el trabajo de grado o de aplicación haya sido trabajado con el apoyo o patrocinio de una agencia, organización o cualquier otra entidad diferente a la Universidad CESMAG. Como autor(es) garantizo(amos) que he(hemos) cumplido con los derechos y obligaciones asumidos con dicha entidad y como consecuencia de ello dejo(dejamos) constancia que la autorización que se concede a través del presente escrito no interfiere ni transgrede derechos de terceros.

Como consecuencia de lo anterior, autorizo(autorizamos) la publicación, difusión, consulta y uso del Trabajo de Grado o de Aplicación por parte de la Universidad CESMAG y sus usuarios así:

- Permiso(permitimos) que mi(nuestro) Trabajo de Grado o de Aplicación haga parte del catálogo de colección del repositorio digital de la Universidad CESMAG, por lo tanto, su contenido será de acceso abierto donde podrá ser consultado, descargado y compartido con otras personas, siempre que se reconozca su autoría o reconocimiento con fines no comerciales.

En señal de conformidad, se suscribe este documento en San Juan de Pasto a los 10 días del mes de marzo del año 2025

 Firma del autor	 Firma del autor
Nombre del autor: Paula Catalina Arellano Eraso	Nombre del autor: Kenier Stiven Guerrero Paz
 Firma del asesor Nombre del asesor: Héctor Andrés Mora Paz	