

DISPOSITIVO ELECTRONICO PARA EL MONITOREO DE GESTACIÓN VIA RECTAL EN EL GANADO VACUNO

Realizado por:
Ing. Keyver Nava / Correo: navakeyver@gmail.com
Ing. Samuel Sardi / Correo: samuelsardi30@gmail.com
Ing. Carlos Villasmil / Correo: carlovilcas01@gmail.com

Tutor Académico:
Ing. Anelaina Urdaneta / Correo: anelaina.annina@gmail.com

Tutor Metodológico:
Dra. Maribel Ordoñez / Correo: mordonez@urbe.edu.ve

Gracias a los avances tecnológicos, el ser humano ha logrado optimizar el control de diversas actividades, facilitando la realización de tareas de manera más eficiente. La implementación de dispositivos electrónicos comenzó hace más de un siglo, inicialmente para el control de señales eléctricas, y ha evolucionado para abarcar múltiples aplicaciones, incluyendo el ámbito de la ganadería. Veterinarios, ingenieros en producción animal y expertos en electrónica han colaborado para maximizar el uso de la tecnología en la producción animal, implementando procesos automatizados que permiten aprovechar al máximo los recursos que los animales pueden ofrecer.

El ganado bovino, uno de los primeros animales domesticados, ha sido fundamental para la alimentación humana desde hace aproximadamente 10,000 años en regiones del Medio Oriente, como el Cáucaso y la Península Arábiga. Con el tiempo, la producción de bovinos se ha expandido globalmente, convirtiéndose en un pilar esencial para la alimentación y la economía. Para mejorar la producción ganadera, se han desarrollado numerosos métodos que integran tecnología, abarcando aspectos como la reproducción, selección de razas, cruces, control de peso, producción de leche y prevención de enfermedades, así como la adaptación a diferentes climas.

Dado que los bovinos son una fuente clave de alimento y otros productos, los productores han implementado técnicas avanzadas en su reproducción para maximizar la producción de carne, leche y cuero, además de los numerosos subproductos que generan. En muchos países, la tecnología se ha integrado en la producción ganadera, especialmente en la de bovinos, haciendo el proceso más eficiente, seguro y menos riesgoso para los trabajadores. La automatización y el control de datos han revolucionado este sector.

Entre las granjas más avanzadas en tecnología aplicada a la producción animal se encuentran las de China, seguidas por las de Australia y Europa. Un ejemplo destacado es el sistema de ordeño robotizado, que automatiza el proceso de ordeño y permite recopilar datos sobre cada vaca, facilitando la toma de decisiones informadas sobre su manejo y producción. En América del Sur, países como Brasil, Argentina y Colombia cuentan con importantes fincas ganaderas. Sin embargo, a pesar de los avances, persisten deficiencias en el uso de tecnologías de higiene y seguridad.

En Venezuela, estos problemas son aún más pronunciados, ya que los controles de salubridad no operan de manera óptima, lo que representa un riesgo para la salud de los trabajadores, muchos de los cuales provienen de zonas rurales con escasa formación académica y técnica. Al analizar el funcionamiento actual de la ganadería, se observa un manejo riguroso de la producción para maximizar los beneficios del ganado bovino. Un aspecto crucial es el ciclo reproductivo de las vacas, que tienen una vida útil de aproximadamente 4 a 5 años, durante los cuales pueden parir entre 3 y 4 veces. La primera gestación puede ocurrir entre los 12 y 17 meses de edad, con un periodo de gestación de 9 meses. Tras el parto, la vaca tiene un periodo de 45 días para quedar nuevamente embarazada, y es fundamental que el veterinario supervise su salud durante este tiempo, ya que cualquier retraso puede resultar en una disminución de la producción de becerros.

Para determinar si una vaca está en gestación, se requiere la intervención de un veterinario y el uso de técnicas como el palpado rectal, un procedimiento que puede ser antihigiénico y riesgoso. Este método implica la inserción del brazo del veterinario en el recto de la vaca para evaluar los cuernos uterinos y detectar posibles anomalías. La implementación de tecnología en la veterinaria bovina aún está en desarrollo, lo que abre la puerta a la creación de procedimientos innovadores y eficientes. En este contexto, surge la necesidad de desarrollar un dispositivo de monitoreo de gestación en ganado vacuno, que aporte tanto teóricamente como en la práctica. Desde el punto de vista teórico, este trabajo busca enriquecer el conocimiento sobre tecnologías para el monitoreo de gestación, utilizando dispositivos electrónicos que faciliten la asistencia a los productores.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

A través de la implementación de los métodos, técnicas e instrumentos establecidos y el análisis de la información recopilada para la investigación en los diversos procesos, este apartado tiene como objetivo dar respuesta a los objetivos planteados. Igualmente, se desarrollan una discusión de los resultados usando el criterio del investigador al enfrentar los resultados prácticos obtenidos con la teoría usada con la finalidad de obtener conclusiones decisivas y contundentes

Para obtener los datos necesarios para su desarrollo, se llevará a cabo una entrevista estructurada a un experto. Se utilizará un guion de entrevista que se adapte al campo del experto para llevar a cabo la entrevista mencionada anteriormente. Además, se utilizará material bibliográfico para obtener los recursos necesarios para desarrollar dicha fase.

Uno de los entrevistados fue un veterinario, así como también se entrevistaron al Ingeniero Electrónico Luis Montiel y al Ingeniero Electrónico Francisco Parra, quienes brindaron la información referente a como preservar los datos obtenidos a través de los sensores y el correcto funcionamiento del sistema. De la aplicación del guion de entrevista se obtuvieron los siguientes resultados. El veterinario sugiere que el dispositivo planteado puede ser viable, siempre y cuando la programación y los movimientos a realizar no sean bruscos, aunque el recto de la vaca es elástico y permite hacer el palpado, hay que tener una serie de cuidados para no lastimar el recto y no sufrir lesiones la persona que realice el proceso, desinfectar el dispositivo a usar y tener una lubricación necesaria para no lastimar al animal.

Aunado a esto, los ingenieros electrónicos sugieren que dicho dispositivo debe estar recubierto o encapsulado con una especie de plástico o silicón para preservar la integridad de los sensores, ya que estarán en condiciones complicadas, debido a la húmeda, temperatura y

desechos que pueda haber en el recto del animal. De igual manera, evitando así que tenga bordes puntiagudos que puedan hacer una perforación interna al animal.

Dentro de este orden de idea, el veterinario aconseja que cuando se realice esta práctica al animal lo tengan en una manga para evitar movimientos externos que puedan afectar a la hora de realizar el proceso. Partiendo de eso, cuando el dispositivo llegue a la zona de medición, es decir, a los cuernos uterinos se debe de evitar movimientos fuertes ya que se puede ver afectada la integridad del animal.

Siguiendo lo antes dicho, la programación debe ser apropiada a los movimientos a realizar para obtener los datos necesarios de forma correcta, por esto, el veterinario sugiere hacerlos por etapas de crecimiento del becerro, para tener una coordinación y los movimientos no sean más de lo debido.

Debido a esto, el ingeniero francisco parra nos recomienda una programación de bajo nivel ya que es fundamental para maximizar el rendimiento del microcontrolador en aplicaciones complejas usando lenguajes de programación compilados como lo puede ser C Y C++, que son esenciales para crear un software de bajo nivel que requiere de un gran rendimiento. Estos lenguajes proporcionan un control preciso sobre el hardware y son fundamentales en situaciones donde se necesita un rendimiento excepcionalmente rápido y eficiente.

El objetivo se alcanzará creando bloques funcionales que estén conectados de manera lógica y utilizando el lenguaje de programación apropiado para su desarrollo. Dado que representa la base del funcionamiento del dispositivo en cuestión, esta fase es fundamental para su desarrollo como se puede observar en la **Figura 1**.

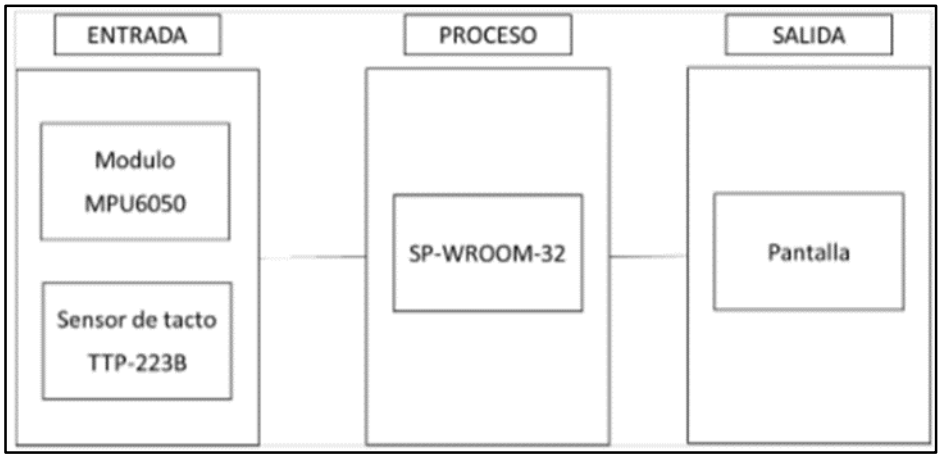

Figura 1. Diagrama de Bloques
Fuente: Nava, Sardi, Villasmil (2024)

Se busca obtener datos a partir de la lectura de los cuernos uterinos del vacuno. Esto se logrará mediante la creación de un diagrama de flujo que ilustrará el funcionamiento general del sistema. Además, se seleccionará el lenguaje para el desarrollo del software, que será creado utilizando un software especializado en la elaboración de diagramas de flujo.

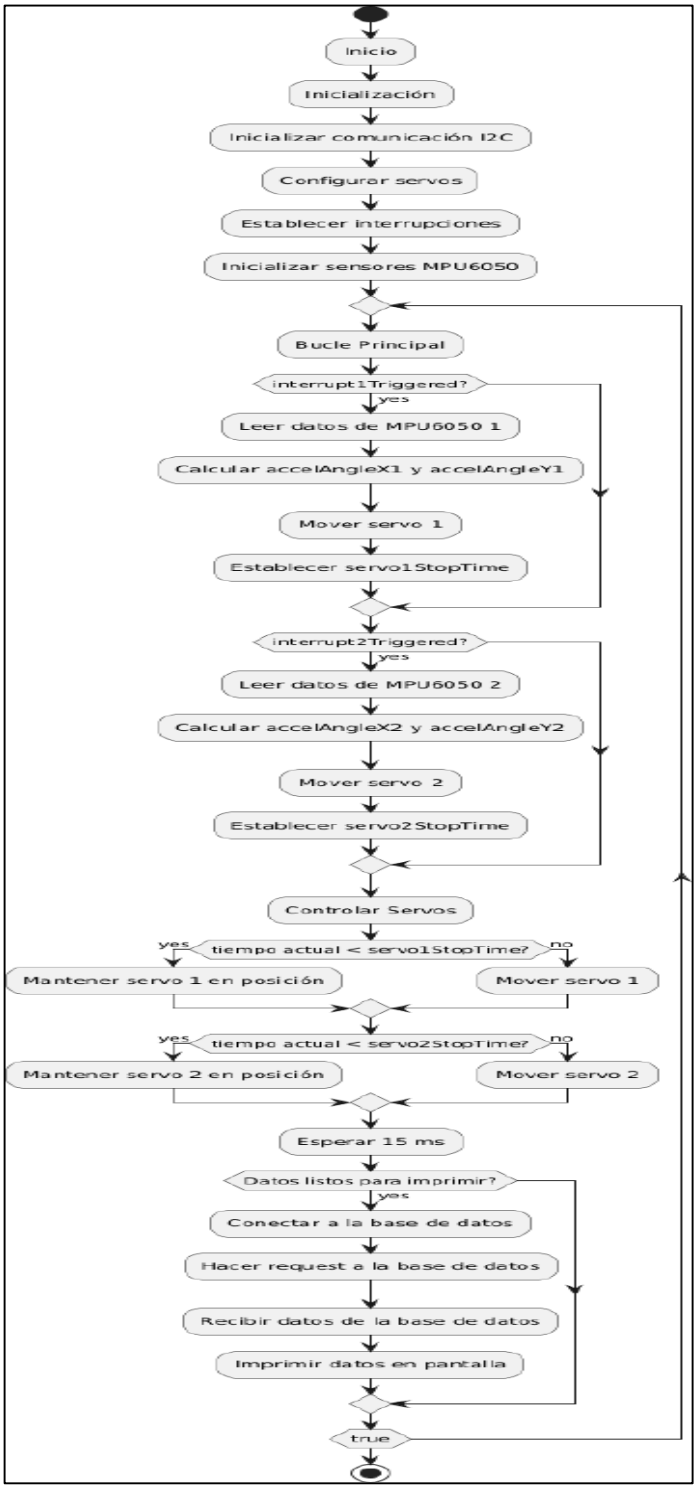

Figura 2. Diagrama de Flujo
Fuente: Nava, Sardi, Villasmil (2024)

El diagrama de flujo presentado ilustra el proceso de operación de un sistema que integra sensores MPU6050 y controladores de servos, con la adición de una funcionalidad para interactuar con una base de datos. El proceso se inicia con la fase de inicialización, donde se establece la comunicación I2C, se configuran los servos y se definen las interrupciones necesarias para la lectura de los sensores.

Una vez completada la configuración, el sistema entra en un bucle principal donde se monitorean las interrupciones. Si se activa la interrupción correspondiente al primer sensor MPU6050, se procede a leer sus datos, calcular los ángulos de inclinación y mover el servo asociado, estableciendo un tiempo de parada para su movimiento. Un proceso similar se lleva a cabo para el segundo sensor.

Después de gestionar los movimientos de ambos servos, el sistema evalúa si los datos están listos para ser procesados. En caso afirmativo, se establece una conexión a la base de datos y se realiza un request para obtener información adicional, que luego se imprime en pantalla.

Esta estructura permite una interacción efectiva entre los componentes del sistema y una integración fluida con la base de datos, asegurando que los datos recolectados por los sensores sean aprovechados adecuadamente para fines de monitoreo o control. La lógica detrás del diagrama refleja un enfoque modular y eficiente, destacando la importancia de cada etapa en el funcionamiento global del sistema.

Para comunicar hardware y software se ha implementado el uso de un microcontrolador de tipo ESP-Wroom-32 Ch340c 30pines Usb Tipo C con los sensores de tipo Módulo 6y-521 Mpu6050 Giroscopio, Ttp223b Modulo Sensor Tacto Tactil Capacitivo y los motores de tipo Servomotor Sg90 9g Tower Pro, Motor Paso A Paso 28byj-48 5v Controladora Uln2003

Sin embargo, para la integración del sistema se requirió de un programa de Arduino desarrollado en la aplicación “Arduino IDE”, el cual permite que las entradas digitales que llegan hasta el microcontrolador puedan ser enviadas a través de un servidor programado en el mismo microcontrolador, el cual envía los datos obtenidos mediante del protocolo HTTP hacia la interfaz de usuario que consulta la base datos con la información obtenida, por lo cual al configurar en el software de simulación se puede obtener una comunicación entre el hardware y el software, a continuación, se muestra el diagrama del hardware y el código desarrollado.

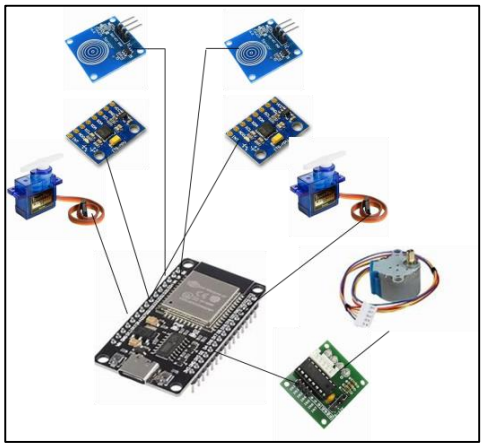

Figura 3. Diagrama del Hardware
Fuente: Nava, Sardi, Villasmil (2024)

Añadiendo el código, se utilizó el ESP-Wroom-32 para recibir los datos y poder procesarlos para tener una lectura que hará un diferencial en nuestra base de datos hecha en un servidor en línea que podrá enlazarse con la interfaz de usuario.

```
31
32  // Variables de estado para servos
33  int currentAngle1 = 0;
34  int targetAngle1 = 180;
35  int angleStep1 = 1;
36  bool movingForward1 = true;
37  unsigned long servo1StopTime = 0;
38
39  int currentAngle2 = 0;
40  int targetAngle2 = 180;
41  int angleStep2 = 1;
42  bool movingForward2 = true;
43  unsigned long servo2StopTime = 0;
44
45  bool interrupt1Triggered = false;
46  bool interrupt2Triggered = false;
47
48  // Declaración anticipada de las funciones de interrupción
```

Figura 4. Código de interacción
Fuente: Nava, Sardi, Villasmil (2024)

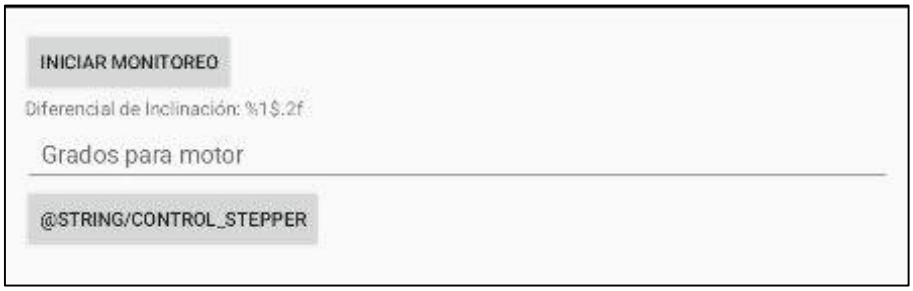

Figura 5. Interfaz de usuario
Fuente: Nava, Sardi, Villasmil (2024)

Luego de esto, para poder enlazar la interfaz gráfica junto con la base al ESP-Wroom-32 se usa el protocolo de comunicación inalámbrica de corto alcance bluetooth que se conecta a través de la

dirección física de los equipos (dirección mac), la dirección física del ESP-Wroom-32 se coloca en la interfaz y envía los datos recolectado a la interfaz para permitir la interacción con el usuario.

Para finalizar el desarrollo del dispositivo, se busca realizar pruebas para asegurarse de que el prototipo diseñado funcione correctamente. La simulación del sistema y la evaluación de su calidad de funcionamiento y aplicación son parte de esta verificación. Además, se utilizarán equipos de medición, software y simulaciones para completar la última fase de la investigación actual.

CONCLUSIONES

En lo que respecta al objetivo general de la investigación sobre desarrollar un dispositivo para el monitoreo vía rectal del ganado vacuno, se demostró que es posible el desarrollo del prototipo al igual que su construcción final aprovechado al máximo la cantidad moderada de materiales con los cuales se contó para su elaboración. Se logró la implementación de un sistema completo para el monitoreo de la gestación vía rectal en el ganado vacuno.

Se realizó una lista de verificación en la cual se comprobará que se pueda ejecutar correctamente la iniciación de medición a partir del motor paso a paso, junto a los demás elementos del hardware, a su vez la interacción del mismo hardware con el software mediante la interfaz y permitir al usuario controlar perfectamente la medición con el dispositivo electrónico planteado, aunado a esto, que pueda orientarse en la base de datos y saber si la información obtenida está en el rango de lo correcto o no según la etapa de gestación del becerro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Areny, R. (2003). **Sensores y Acondicionadores de Señal.** 4 ª. Edición. Barcelona, España: Marcombo S.A.

Boylestad, R. y Nashelsky, L. (2017). **Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos.** México: Pearson Educación.

David A. Patterson y John L. Hennessy. (2013). **Computer Organization and Design.** FITH EDITION. Estados Unidos.

Malvino A. (2015). **Principios de electrónica.** Madrid, España: McGraw-Hill.

Ogata, Canto y Bencomo (2003). **Ingeniería de Control Moderna**. Madrid: Pearson Educación.

Pack, D. y Barrett, S. (2013). **Microcontroller Theory and Applications**. Estados Unidos: Cengage.

Reynada L. (2012). **Dispositivos electrónicos.** Tlalnepantla, **Mexico: RED TERCER MILENIO.**