

# ROBÓT MOVIL PARA LA MEJORA DE LA CONSERVACIÓN Y CALIDAD DE LA YACIJA, EN AVICOLAS DE ENGORDE DE POLLOS

## MOBILE ROBOT FOR THE IMPROVEMENT OF THE CONSERVATION AND QUALITY OF THE YACIJA, IN POULTRY FOR BREEDING CHICKENS

VARGAS RIVADINEIRA, J. A., TORO GARCIA, J. M.

### RESUMEN

La producción avícola en el departamento Santa Cruz llega más de once millones de pollos mensualmente, representando más del 60 % de la producción nacional, el sistema robótico representa un aporte en ayuda para todos los eslabones de la producción desde los galponeros hasta los gerentes y no así para desechar capital humano. Mediante el sistema robótico se pretende reducir uno de los inconvenientes presentados por los factores ambientales como ser la humedad que influye en la producción de pollos parrilleros. Los niveles de humedad producen patógenos aviares como también gas amoníaco el cual una vez llegado a los 20 ppm se convierte en un problema de salud invisible que desencadena en otras enfermedades, también la humedad produce el desgaste de la cama volviéndola un problema incomodo de desplazamiento para las aves ya que por el endurecimiento de la misma produce callos en las patas de los pollos provocando el futuro descarte, llamamos a esto pododermatitis. Uno de los tratamientos para reducir este problema y combatirlo es la remoción de la yacija, ya que esta se encuentra almacenada solo en los primeros tres a cuatro centímetros de los diez que tiene el grosor de la cama, para facilitar esta tarea en galpones de grandes dimensiones se realizó la elaboración de este proyecto de grado. El sistema robótico fue pensado para lograr desplazarse conjuntamente a los pollos parrilleros durante la etapa de engorde incorporándolo a partir de los 10 días de producción en adelante, emplea inteligencia artificial para poder tener un desplazamiento óptimo dentro del galpón evitando choques con comederos y bebederos. Se estima generar una reducción del amoníaco y la humedad en un 20 a 30 % en comparación de los niveles actuales.

### ABSTRACT

The poultry production in Santa Cruz reaches more than eleven million chickens monthly, representing more than 60% of the national production. The robotic system represents a contribution in aid for all the links of the production from workers to managers. The robotic system aims to reduce one of the drawbacks presented by environmental factors such as humidity that influences the production of broiler chickens. The humidity levels produce avian pathogens as well as ammonia gas which once reached 20 ppm becomes an invisible health problem that triggers other diseases, also the humidity causes the wear of the bed making it an uncomfortable problem of displacement for the birds since by the hardening of the same one produces calluses in the legs of the chickens causing the future discard, we call this pododermatitis. One of the treatments to reduce this problem and combat it is the removal of litter, since it is stored only in the first three to four centimeters of the ten that has the thickness of the litter, to facilitate this task in large sheds dimensions the elaboration of this degree project was carried out. The robotic system was designed to achieve joint movement of the broiler chickens during the fattening stage, incorporating it from 10 days of production onwards, it uses artificial intelligence to be able to have an optimal movement within the shed avoiding collisions with feeders and drinkers. It is estimated to generate a reduction of ammonia and humidity by 20 to 30% compared to current levels.

### PALABRAS CLAVE

Calidad de la yacija, Pollos de engorde, Robot móvil.

### KEYWORDS

Litter quality, Broilers, Mobile robot.

## INTRODUCCIÓN

**U**no de los desafíos que enfrenta la producción avícola moderna, es el manejo integral de las camas, no sólo por el manejo en sí, sino también por las problemáticas sanitarias que esto conlleva. Si bien, gran proporción de los sistemas de producción, siguen siendo los mismos de siempre, en galpones convencionales y ambientes no controlados, no podemos negar el advenimiento e instalación de nuevas tecnologías de producción, con ambientes controlados y variables de producción mucho más sensibles en cuanto a manejo y adecuado desempeño de las aves. Es allí en donde la calidad y el manejo de las camas juegan un papel fundamental para lograr dicho objetivo. La meta de un manejo efectivo de la yacija es asegurar que la misma permanece seca y friable. Una cama húmeda o encostrada provocará una reducción de la salud y el desempeño de las aves como también un incremento de la pododermatitis y mayor contaminación de patógenos.

En los últimos 20 años la avicultura en Bolivia ha alcanzado un crecimiento muy significativo, desde el año 2000 al 2020. La avicultura en pollos parrilleros en el departamento de Santa Cruz, durante estos 20 años ha alcanzado un crecimiento de 600%, es decir que, de producir 30 millones de pollos parrilleros en el año 2000, en el año 2019 se produjo más de 228 millones de pollos parrilleros. El sector avícola a nivel nacional representa el 3.66 % del PIB Nacional. (ADA-SCZ, 2020)

La yacija es el material con el que se cubre el piso del galpón, que por lo común es higroscópico y además contiene diversos microorganismos como bacterias y virus. El estado de la yacija está caracterizado por sus propiedades físicas y químicas muy específicas que determinan la cantidad y tipo de microorganismos presentes en ella (Castillo & Espinoza, 2001). Las principales funciones atribuidas a la yacija son las de modificar en parte las propiedades como evaporación de la humedad y de los gases presentes en la excreta, promover la sequedad de la superficie del área del piso, diluir el material fecal reduciendo en contacto de las aves con sus desechos, aislar a las aves de la humedad del frío del suelo, actuando de manera de colchón, y proveer calor a través de la fermentación de microorganismos, además de evitar la adherencia de las deyecciones y facilitar el barrido y manejo de la yacija. La calidad de la yacija es de gran importancia en la producción de pollos de carne, ya que tiene efecto sobre los rendimientos, la salud, la calidad de la canal y el bienestar de los pollos.

El manejo de la yacija está dirigido a controlar sus propiedades físicas y químicas con el fin de reducir la carga microbiana (Castillo & Espinoza, 2001). La cama debe ser manejada para controlar el nivel de humedad, la producción de polvo, amoníaco y para prevenir la proliferación de insectos (Lacy, 2002). La cama juega un papel importante en la diseminación de diferentes enfermedades bacterianas y parasitarias; mientras que las enfermedades virales causantes de inmunosupresión se asocian a mayor susceptibilidad a otras enfermedades y aumento en las tasas de morbilidad, mortalidad, decomisos en el matadero. La pododermatitis plantar se manifiesta por lesiones erosivas o ulcerosas en la superficie plantar del pie y las lesiones pueden causar cojera, incoordinación y pérdida de peso (Dinev, 2014). Su aspecto es el resultado del contacto plantar con una cama en mal estado, por lo que las lesiones suelen estar cubiertas de costras de color marrón- negro, después de la eliminación de las costras se observan defectos superficiales y profundas, erosiones y úlceras.

Un robot está formado por los siguientes elementos: estructura mecánica, transmisiones, sistema de accionamiento, sistema de alimentación, sistema sensorial, sistema de control y elementos terminales

Es una rama de la ingeniería mecatrónica, la cual permite diseñar, implementar y automatizar sistemas conformados por estructuras mecánicas articuladas, dotadas con un sistema de control reprogramable y destinados al área industrial o a tareas complejas salvaguardando la integridad de las personas. Es capaz de percibir y comprender su entorno, de ejecutar tareas programadas y de controlar o supervisar las variables de su operación. Estos dispositivos son electrónicos y mecánicos, que realizan tareas automáticamente, ya sea mediante la supervisión humana directa o a través de un programa predefinido, se involucran distintos elementos electrónicos y se integra un sistema de control para procesar y ejecutar los algoritmos de control en tiempo real, permitiendo realizar el movimiento requerido. (Machuca, 2014).

Los robots móviles tienen grandes capacidades de desplazamiento, basados en la arquitectura de carros y dotadas de un sistema locomotor de tipo rodante provistos de ruedas, orugas o patas que permiten desplazarse de acuerdo a su programación. El objetivo es la navegación no tripulada capaz de resolver las situaciones previsibles y gran parte de imprevistos, es en este último aspecto donde radica el grado de autonomía. En este caso, el operario podría vigilar, desde una estación de control, la navegación y el laboreo de uno o varios robots. (Pangels, Pilarski, & Stentz, 2002). Los requisitos para el funcionamiento seguro y eficaz son mucho más exigentes cuando se trata de navegación sin conductor. Un vehículo autónomo debe ser capaz de reaccionar ante posibles colisiones, detectando los obstáculos imprevistos y emprendiendo las acciones necesarias para evitarlos mientras sigue un objetivo. También debe ser robusto frente a errores o fallos en la señal de guiado, el sistema de control o el suministro de energía, deteniéndose. (Jhans, 1994). Además de dar una respuesta a los requisitos comunes de seguridad, la autonomía de un robot móvil implica que el sistema debe navegar en ambientes parcialmente conocidos y con incertidumbre sin necesidad de realizar modificaciones en el entorno. Conviene remarcar que para que pueda ser manejado por un operario que no es experto en robótica, el sistema debe ofrecer toda la información que el usuario requiera para una supervisión eficiente y segura. (Jhans, 1994).

## DESARROLLO

Un robot móvil agrícola debe navegar en entornos internos dinámicos, por lo tanto, tiene que decidir en cada ciclo de control la mejor acción como respuesta a su interacción con el entorno. Este punto es conocido en robótica como el problema de la selección de acciones, que viene condicionada por el tipo de entorno y la configuración de estructuras en el mismo. Por ello una acción, que puede ser adecuada ante una determinada situación no lo es en otras que pueden parecer muy semejantes.

La descripción del entorno donde se desplazará el robot sería la siguiente: Un ambiente húmedo de 150 x 15 m con una humedad direccionada en el ambiente y en el suelo, el suelo formado a base de cascarilla de arroz desgastada y humedad a causa de las cargas de amoníaco y las secreciones producidas por los pollos parrilleros. El robot estará rodeado de 33000 pollos parrilleros que en algunos casos se desplazan al sufrir estrés o reposan sobre la cama, así mismo los bebederos y comederos son obstáculos para evitar durante el desplazamiento.

El galpón a estudiar cuenta con cuatro filas de comederos y cinco filas de bebederos distribuidas en todo lo largo del galpón. La distancia entre comedero y bebedero es de 1,50 m a una altura variable dependiendo de la etapa de desarrollo del pollo. El galpón es de techo plano y no se encuentra ningún pilar o viga interrumpiendo el crecimiento del pollo en todos los 2250 m<sup>2</sup>.

El sistema robótico se realizará con dos materiales: acero inoxidable AISI 304 para la base, debido a que soportará mayor peso y temperatura de parte de los motores y la estructura en general. El PET-G se usará para la parte externa del sistema robótico debido a factores económicos y de diseño, cabe destacar que el robot presenta algunas curvaturas y cortes por lo cual el manejo de láminas de acero inoxidable para su respectivo corte y doblado incrementa significativamente el costo, el grosor del chasis será de 5 mm. Tanto el acero AISI 304 y el PET-G son altamente impermeables y de baja conductividad eléctrica cumplen con su función, el chasis estará expuesto a temperaturas aproximadas de 80 °C como máximo provenientes del motor.

El robot debe ir a una velocidad máxima en línea recta de al menos 0.5 m/s. A partir del radio de las ruedas, la velocidad el torque se determinó la necesidad de un motor con una velocidad de 250 rpm y un torque arriba de 55 Kg/cm para controlar dicho motor de alto torque necesitaremos usar el controlador DM860H el cual será alimentado por baterías de 48 VDC y cada motor contará con drivers individuales para una evitar corrientes de pico y un desplazamiento más eficiente.

La transmisión que se encarga de llevar el movimiento circular del eje de motor hacia las ruedas del sistema robótico, el eje del motor tiene un radio de 16 mm por lo cual se precisa la fabricación de un acople hacia los 360 mm de radio del eje de la rueda.

El diseñar y construir un rotovator eléctrico que sea capaz de realizar la remoción de la yacija de pollo evitando la acumulación de humedad y reduciendo todas las desventajas ya mencionadas anteriormente ocasionadas por el mal estado de la yacija, La remoción deberá tener un ancho aproximado de 0,7 m y una profundidad de 0,08 m a 0,1 m, la distancia entre camas debe ser 0,7 m aproximadamente. Se calcularon diversos parámetros que se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Parámetros para el diseño y construcción del rotovator eléctrico

Velocidad Periférica m/s	2,62
Distancia entre dos cortes consecutivos, m	0,316
Desplazamiento de la tierra, m	0,34
Profundidad de labranza, m	0,024
Número de cuchillas dentro de la zona de corte, cuchillas	13
Fuerza F que actúa sobre el rotor kgf	64,5
Potencia requerida para el rotor, HP	2,25
Potencia requerida para el rotor, kgm	57,22

En base al cálculo obtenido se seleccionó un motor con una potencia neta de 2,25 hp, el mismo motor usado para las ruedas del robot móvil con una transmisión lateral por poleas, ofreciendo una fiabilidad excelente, sin demasiado mantenimiento, adecuado para las condiciones de trabajo previstas.

El robot está compuesto por los siguientes componentes: 5 motores paso a paso, 5 drivers para motores paso a paso, 1 rotovator, 2 batería de 48V 8,8 Ah, 1 batería de 12V 7 Ah, 4 ruedas sin neumático. Partes impresas en 3D, chasis inferior y extras. El peso total es de 60 kg lo cual se encuentra dentro de los márgenes de pesos aproximados usado para los cálculos el cual era 70 kg, incluyendo el sobredimensionamiento para evitar la mayor cantidad de fallos.

Las dimensiones del robot se dividen en dos piezas: el robot y el rotovator ambas ancladas la una con la otra.

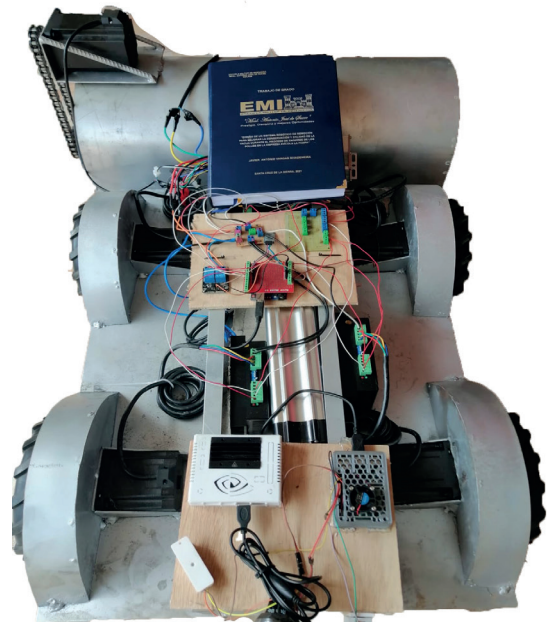


Figura 1. Componentes internos del robot.



Figura 2. Rotovator.

El sistema eléctrico del robot móvil esta compuesto por: Las baterías deben de ser de 48 V DC, usando reguladores de voltaje para los microcontroladores y sensores.

El amperaje de las mismas el consumo de corriente aproximado del robot es 28,9 A-h. La trayectoria a realizar del robot es de

metros empleando en el recorrido 36 minutos a una velocidad 2,5 Km/h. En función al mercado local se seleccionaron 3 baterías, una de tipo plomo – ácido de 12 VDC con 7 Ah y un arreglo de dos baterías de litio de 48 VDC que juntas otorgan 17,6 Ah.

El regulador de voltaje utilizado fue el XL4015 debido a que soporta corrientes de hasta 5 A y otorga una potencia máxima de 75 W con una tensión de entrada desde 4 a 38 V DC y la tensión de salida a de 1,25 hasta 36 V DC. Cuenta con un analizador de la tensión presente en los bornes de cada batería, este circuito se encargará de determinar de manera constante el proceso de carga de la batería y alertará mediante indicadores luminosos el voltaje de ésta a lo largo del tiempo, se usó conectores tipo Tblock para la salida de los leds, para de esta manera poder ubicarlos en cualquier superficie del robot así mismo las entradas de voltaje.

En la figura se muestra el layout donde se observa la línea de voltaje positivo de 48 V DC sobre el eje Y del lado izquierdo, y una línea de voltaje negativo o GND sobre el eje X en la parte inferior del PCB.

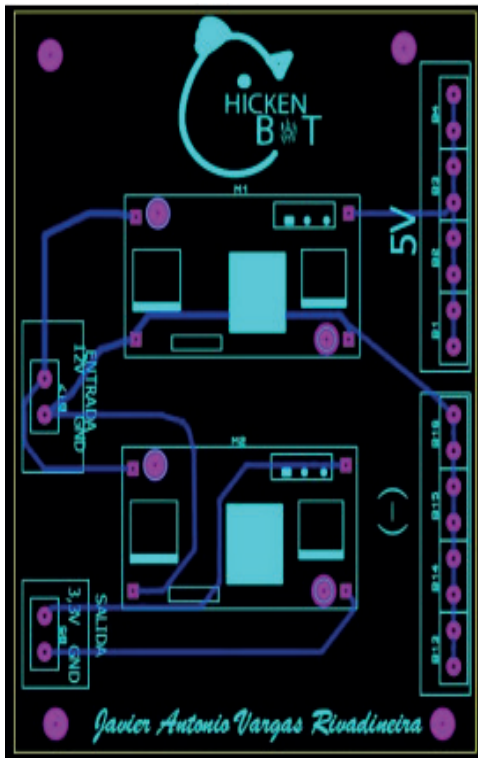


Figura 3. Layout del sistema eléctrico

Los componentes electrónicos para el sistema de control constan de sensores y microcontroladores.  
 Sensor de brújula digital optó el MAG3110 como sensor de campo magnético.  
 Sensor de temperatura se usó el sensor de Temperatura y Humedad Si7021 de la marca Sonoff.  
 Sensor de amoníaco se eligió el sensor MQ135  
 Para un mejor rendimiento el sensor de brújula digital MAG-3110 será el único conectado al microcontrolador STM32-L432KC y los demás sistemas de adquisición de datos estarán conectados a nuestra Raspberry.  
 Para la realización del layout se usó el paquete en base al arduino nano, el cual tiene el mismo pinout que el STM32-L432KC; todos los circuitos fueron realizados en el software Proteus.

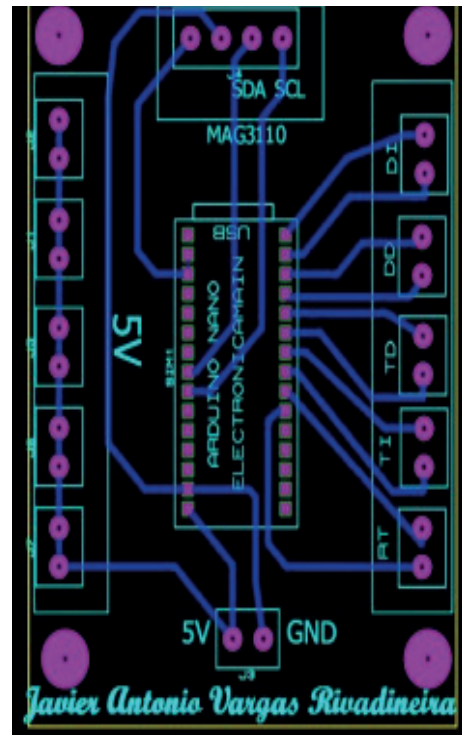


Fig. 4. Diseño de PCB sistema electrónico

Dado que el entorno es un galpón avícola con líneas de comederos y bebederos que van de extremo a extremo, se necesitó que el microprocesador Jetson Nano observe estas líneas para basar su camino. Se decidió usar una cámara gran angular para eso, así mismo se tomó la decisión de pintar la línea de bebederos y comederos de un color verde con escala RGB de (0, 255, 0)

En la aplicación, usó CNN para aprender el mapeo entre los marcos de la cámara y los valores correctos de dirección y aceleración. Para ello, se alimentó la red con fotogramas de cámara anotados con valores correctos. Después de un tiempo de entrenamiento, el modelo podrá predecir los valores de dirección y aceleración dados los nuevos marcos de la cámara.

Al poder predecir los valores correctos de la dirección y el acelerador dado el marco de la cámara que Jetson ve actualmente, se pudo hacer que actúe en consecuencia con el código de Python.

Poniendo los motores en movimiento, la Jetson se movió en medio de la línea de comederos y bebederos mientras las aves se encontraban desplazadas.

El robot debe estimar la posición de algunos puntos de referencia en el medio ambiente y utilizó para estimar su estado, y viceversa, utilizó su estado para estimar las posiciones históricas. Por tanto, las soluciones SLAM son recursivas.

El desarrollo del sistema de visión artificial, cuyo fin es detectar las líneas que demarcan los comederos y bebederos tomadas desde una cámara monocular ubicada en el frente del vehículo y generar una trayectoria de corto plazo para que el robot se mantenga en el centro del carril.

De diferentes combinaciones se desarrolló un modelo del carril mediante puntos tomados desde una transformación de perspectiva, junto con filtros de Kalman para añadir robustez frente a las sombras. Una vez que se obtuvo una representación



del carril, se generó un vector de dirección que describe la trayectoria a corto plazo, para mantener el vehículo en el centro del carril y posteriormente es enviada al sistema de control.

En el momento de tomar los datos en los escenarios establecidos, se hace uso de dos tipos de archivos con extensiones bag y webm, de los cuales, el primero facilita la reproducción de datos dentro del ambiente de ROS, y el segundo con el fin de realizar pruebas utilizando Python.

Se tomaron un total de 66 muestras con extensión bag de 30 segundos de duración, capturando toda la información publicada por el nodo usb-cam en cada uno de sus tópicos. También se tomaron 17 videos con extensión webm con duraciones entre 10 y 61 segundos.

Una vez tomadas las muestras, se eliminaron los vídeos que no presentaban buena fluidez de cuadros por segundo o que fueron afectados por factores externos. Resultando con 22 muestras en la primera clase teniendo una reducción cercana de un 40 % de los datos tomados.

Se propuso la implementación de una primera aproximación del sistema, en la cual se tomó como punto de partida, la solución propuesta por Galen Ballew, donde mediante un área de interés (ROI) y filtrado de color, se enfoca una zona de la carretera y se exaltan diferentes características de la misma, para así realizar detección de líneas rectas mediante la transformada de Hough. El algoritmo comienza tomando una imagen del tópico de video, luego se utilizan filtros de color para un rango de azul, en el espacio HSV y blanco en espacio de escala de grises, obteniendo dos imágenes binarias como resultado. Posteriormente, ambas imágenes se fusionan utilizando una compuerta OR, para hallar bordes usando el algoritmo de Canny y luego hallar líneas en la imagen usando la transformada probabilística de Hough para líneas. Una vez halladas todas las líneas, se itera por cada una de ellas mediante lógica condicional y parámetros heurísticamente establecidos, con el objetivo de evitar falsos positivos, luego clasificamos las líneas entre lado derecho o izquierdo del carril.

Con las líneas clasificadas, se procede a hallar una pendiente y un intercepto promedio para cada clase, y así tener una descripción de las dos demarcaciones del carril. Con esta información se puede proceder a hallar la línea de horizonte.

La consigna de control es definida basada en control difuso, en el cual se elige entre cinco condiciones y dependiendo de la condición que se cumpla, se envía una consigna de control específica que luego es transmitida.

El frame original es aquella imagen en video que la cámara puede capturar, sin ninguna modificación previa y de donde comienza el procesamiento de imagen.

La región de interés (ROI) se refiere al sector de la imagen original que es la de interés, descartando el resto de la imagen para poder enfocarse en dicho sector o región.

Una vez tenemos establecida nuestra región de interés, procedemos a realizar una máscara mediante filtros HSV, los cuales evaluarán dos clases de parámetros, en este caso *Up-Green* y *Low-Green* que describen las tonalidades en BGR de las líneas de comederos y bebederos previamente marcadas con verde fosforescente, transformando la imagen en dos parámetros, negro y blanco.

Mediante el comando edges, se creó un área entorno a las líneas blancas previamente trazadas. Con los bordes encontrados, se procede a la dilatación de las líneas para mejorar la definición y tamaño de los bordes facilitando su futuro análisis en el GPU,

puede notar que la imagen tiende a incrementar su pixelado en las líneas. El último proceso es erosionar la imagen posterior a su dilatación, lo cual dio una mejor definición en las líneas detectadas y reducirá el pixelado de la imagen anterior.

La planeación de trayectorias, tuvo como objetivo describir la trayectoria óptima que el vehículo debe de seguir, considerando las maniobras de movimiento necesarias para mantener el vehículo en el centro del carril. A partir de esta información se generan los comandos de control requeridos para que el vehículo realice la trayectoria mediante las maniobras necesarias.

Se planteó utilizar el método de planeación de trayectorias a corto plazo, también llamado control reactivo, generando un vector de dirección que corresponda a la orientación ideal que el vehículo debe de describir.

El desplazamiento lo ejercerán los 4 motores paso a paso, los cuales cuentan con drivers independientes para un mejor control que a su vez están conectados al microcontrolador que a su vez está conectado al microprocesador mediante comunicación serial por cable BUS que será determinado a continuación.

Se usó el STM32-L432KC debido a factores como ser su precio, disponibilidad y por el uso constante y de tipo industrial que tendrá el robot que requiere alta precisión y velocidad de recepción y transmisión.

Los datos adquiridos por el sistema son enviados a un servidor privado los cuales serán de fácil acceso e interactivo para todo el personal de granja desde galponeros hasta obreros mediante la creación de cuentas de usuarios donde podrán obtener mediciones en tiempo real desde una página web en el área de desplazamiento del robot.

Se midió en primera instancia tres parámetros los cuales fueron: Temperatura, humedad en la yacija y amoniaco los cuales realizando la evaluación técnica previa se llegó a la conclusión que son los más relevantes.

Mediante la interfaz gráfica se puede evaluar los niveles estándares u óptimos de los factores ambientales previamente mencionados que obtiene el sistema robótico en tiempo real.

## DISCUSIÓN

El sistema robótico se nombró **ChickenBot v1**, utilizó la inteligencia artificial mediante el procesamiento de imágenes mediante una cámara USB precisamente para adaptarse a cualquier galpón dejando de lado las medidas físicas que se tiene y realizando la menor cantidad de cambios estructurales al mismo. Es controlado mediante una interfaz de fácil acceso y control, para que pueda ser operado por los galponeros y controlando las variables ambientales por el veterinario en jefe de manera remota. Su desplazamiento se realiza mediante 4 motores paso a paso Nema 34 de manera individual elegidos por su precisión de pasos y su alto torque nos genera un ahorro con el sistema de reducción ya que el torque individual de cada motor es de 6,5 Nm. Cuenta con trece filas de cuchillas y cada fila cuenta con tres cuchillas distribuidas de manera equitativa sobre el radio del rotovator. Las cuchillas son tipo L con la base triangular accionadas por el mismo motor usado para el desplazamiento, pero con el acople de una correa. Presenta baterías de litio como sistema de alimentación debido a su alta capacidad de carga y voltaje aceptable para el funcionamiento de los drivers DM860H dimensionados de acuerdo a las características técnicas de nuestro motor. El 75 % de los componentes necesarios se encontraron de manera comercial en nuestro medio y el otro 25 % restante se realizó la importación de manera.

Los materiales presentados para la elaboración del chasis han sido evaluados mediante normas ISO y ASDM para obtener los datos técnicos, ya que nuestro entorno presenta muchas adversidades como ser: temperatura, humedad, sistema de refrigeración por aspersores, inflamabilidad del suelo, corrosión. La etapa de potencia y de control se encuentran aisladas en diferentes áreas puestas una encima de la otra con materiales de baja conductividad eléctrica, El material usado para el chasis es de igual manera de baja conductividad eléctrica y alta permeabilidad por lo cual se evitan posibles contactos entre el entorno y la parte eléctrica que produciría corto circuitos.

El desplazamiento del sistema robótico durante el proceso de crianza dicho sistema cuenta con una protección externa a las llantas y el rotovalor para evitar el contacto físico entre el robot y los pollos de engorde evitando posibles lesiones en piernas y hasta muertes causadas por el robot. La velocidad de desplazamiento es la mínima evitando alteraciones y estrés de los pollos el cual influye en el rendimiento, así mismo se utilizan materiales aprobados por la FDA para el chasis externo que no exponen un riesgo de sustancias químicas del polímero al contacto con alimentos.

Tabla 2. Datos técnicos del robot.

Chasis	PET-G / ABS
Velocidad máxima, m/s	1,38
Alimentación V DC	48 y 12
Peso máximo, kg	70
Torque total, Nm	26
Ancho, cm	70
Largo, cm	91
Otras características	Inteligencia artificial Interfaz gráfica web IoT

Después de las simulaciones realizadas en el software SolidWorks se determinó que tiene las características necesarias para poder desplazarse y remover la yacija del galpón, generar el par de trabajo y la velocidad requeridas para un buen funcionamiento además decir que en las dimensiones del galpón (150 x 15 m) es un tamaño estándar que se usa regularmente en las diferentes empresas.

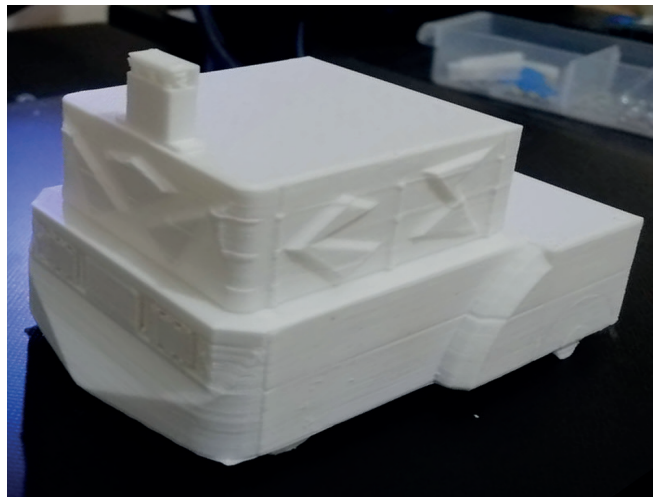


Fig. 4. Diseño final del robot.

## REFERENCIAS

- ADA-SCZ. (2020).  
Arellano, P. (2014). Conservación y calidad de la yacija en naves de pollos. Perú.  
AUTONICS. (2016). Catálogo. México.  
Bambino, I. (2008). Introducción a los robots móviles. Mexico.  
Barrientos, A., Peñín, L., & Balaguer, C. (2007). Fundamentos de robótica. Madrid.  
Callister, W. D. (2007). Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales. México: Reverte S.A. Castillo, L., & Espinoza, M. (2001). Economía neoinstitucional. coordinación vertical y formación de precios: estudio de un caso relacionado con la carne de pollo. México.  
Castillo, L., & Espinoza, M. (2001). Economía neoinstitucional. coordinación vertical y formación de precios: estudio de un caso relacionado con la carne de pollo. México.  
Czarick, M., Fairchild, B., & Darnell, D. (2009). Hot-air alternative heating system study - hot air distribution poultry housing. USA.  
Flautero, O., Gomez, S., & Ruda, E. (2012). Identificación paramétrica en lazo cerrado de sistema de accionamiento neumático para cilindro de doble efecto. Revista Facultad de Ingeniería.  
Jhans, T. (1994). Motion control with permanent-magnet ac machines. USA: IEEE  
Mandow, A., Morales, J., Blanco, J. L., & Martínez, J. L. (2007). Experimental kinetic for wheeled skid-steer mobile robots. IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, (pp. 1222-1227).  
Pangels, H., Pilarski, T., & Stentz, A. (2002). Agricultural harvester with robotic control. USA.  
Info PLC. (2009). Info PLC. Retrieved from Info PLC: [http://www.infoplc.net/files/documentacion/motion\\_control/infoPLC\\_net\\_PR\\_DN\\_01\\_dimensionamiento\\_motor.pdf](http://www.infoplc.net/files/documentacion/motion_control/infoPLC_net_PR_DN_01_dimensionamiento_motor.pdf)

CITA

