

Prototipo de sistema automatizado de bajo costo para la monitorización y control de variables climáticas en fincas avícolas.

Low-cost automated system prototype for the monitoring and control of climatic variables in poultry farms.

Ronald Juárez¹, Eugenio Pérez¹, Cristian Pinzón²

¹Licenciatura en Ingeniería de Sistemas y Computación, Centro Regional de Veraguas – Universidad Tecnológica de Panamá

²Docente de Pre-Grado, Centro Regional de Veraguas – Universidad Tecnológica de Panamá

Resumen

En este artículo se presenta el prototipo de un sistema de bajo costo para realizar la monitorización de variables climáticas que afectan la producción en fincas avícolas como lo son: la iluminación del recinto, la temperatura, humedad relativa, gases inflamables como el butano y gases tóxicos como el amoníaco, planteando el control de estas variables mediante actuadores como abanicos y bombillas. Esta gestión la realiza un registrador que, en nuestro caso, será la placa Arduino UNO la cual estará transmitiendo toda la información mediante comandos por el puerto serial hacia la unidad de telemetría correspondiente al módulo ESP8266 donde finalmente se envía hacia la plataforma Ubidots alojada en la nube. Para la construcción del prototipo se manejó dos módulos programados, uno para programar la unidad de telemetría y realizar la conexión con nuestra red Wifi y el segundo para programar la unidad registradora que recibirá los valores provenientes de los sensores y determinará cuándo activar los actuadores. Se logró la transmisión, almacenamiento y gestión de los valores de las variables en la plataforma web, así como la activación de los módulos relé destinados al control de los componentes actuadores. El precio estimado del sistema es de 69,30 USD correspondiente al hardware implantado. Los resultados preliminares del proyecto son presentados en este artículo.

Palabras clave: Arduino UNO, ESP8266, avicultura, Ubidots, monitorización, control, open source, temperatura, humedad.

Abstract

This article presents the prototype of a low cost system to monitor climate variables that affect production in poultry farms such as: lighting of the enclosure, temperature, relative humidity, flammable gases such as butane and toxic gases such as ammonia, proposing the control of these variables through actuators such as fans and bulbs. This management is performed by a recorder, which in our case will be the Arduino UNO board, which will be transmitting all the information by means of commands through the serial port to the telemetry unit corresponding to the ESP8266 module, where it is finally sent to the Ubidots platform hosted in the cloud. For the construction of the prototype, two programmed modules were used, one to program the telemetry unit and make the connection with our Wifi network and the second to program the recording unit that will receive the values from the sensors and determine when to activate the actuators. The transmission, storage and management of the values of the variables in the web platform was achieved, as well as the activation of the relay modules destined to the control of the actuator components. The estimated price of the system is 69.30 USD corresponding to the hardware implemented. The preliminary results of the project are presented in this article.

Keywords: Arduino UNO, ESP8266, poultry, Ubidots, monitoring, control, open source, temperature, humidity.

* Corresponding author: ronald.juarez@utp.ac.pa - eugenio.perez@utp.ac.pa

* Corresponding assessor: cristian.pinzon@utp.ac.pa

1. Introducción

El sector avícola tiene sus inicios en Panamá en el año 1929 cuando aparece una primitiva y rural granja avícola, sin embargo, fue hasta el año 1939 donde surge una de las primeras empresas que logró el éxito en esta actividad llamada Hacienda Avícola Fidanque [1]. Para el año 1950 el Gobierno Nacional, con la finalidad de hacer crecer esta actividad a nivel industrial, comienza a introducir leyes que dictan las disposiciones sanitarias y la reglamentación sobre la producción, sacrificio, procesamiento e infección de aves y sus productos en el territorio nacional, pudiendo así surgir nuevas empresas a lo

largo del país, lo que propició que para 1980 Panamá se consolidará con una industria avícola como la de muchos países desarrollados [1].

Actualmente esta actividad es una de las más importantes de nuestro sector agropecuario ya que permite suplir las necesidades básicas nutricionales de proteínas, minerales y aminoácidos que requiere la población panameña, ya que generalmente los precios de esta carne se mantienen por debajo del encarecimiento que genera la economía, pero más allá de este objetivo, también representa para muchas familias en áreas rurales, una fuente de sustento e ingreso mediante granjas y fincas avícolas informales.

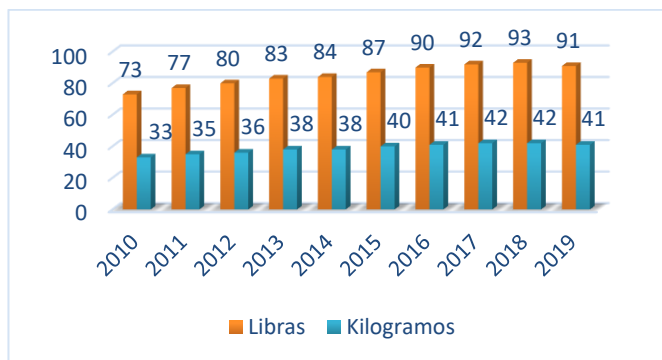


Gráfico 1. Consumo Per Cápita de pollo en Panamá según la Asociación Nacional de Avicultores de Panamá [2].

Cómo podemos observar en el gráfico 1, el consumo de esta carne a aumentado en los últimos años, lo que representa un mercado activo que tanto grandes empresas como pequeños y micro productores pueden acceder para obtener ganancias que mejoren su calidad de vida.

TABLA 1. POBLACIÓN AVÍCOLA NACIONAL INDUSTRIALIZADA POR REGIÓN PARA EL AÑO 2019 [3].

Provincia	Población		
	Engorde	Ponedoras	Reproductoras
Chiriquí	530 000	238 500	50 050
Veraguas	3 965 945	202 900	252 500
Herrera	15 000	0	0
Coclé	2 280 400	61 517	729 746
Pma. Oeste	7 657 917	934 000	410 690
Colón	874 000	102 000	0
Pma. Este	4 763 238	1 859 691	454 040
Los Santos	764 000	74 000	0
Total	20 850 500	3 472 608	1 897 026

La provincia de Veraguas produce industrialmente una considerable cantidad de población avícola, pero es realmente en granjas rurales donde muchos productores con su ingenio logran establecer de esta actividad un negocio rentable frente a las grandes empresas establecidas como industrias.

La agropecuaria en general ha sido uno de los últimos campos que adopta las nuevas tecnologías en la rama de la robótica y la automatización más allá de los centros industriales de producción. Panamá se ha quedado rezagada en la implementación tecnologías en dicho sector, auspiciado tal vez por la falta de apoyo por parte de las instituciones del país.

Sin embargo, hoy en día existen tecnologías de bajo costo y altas capacidades, con las que se pueden implantar soluciones para el aumento de producción, reducción de pérdidas y por ello la disminución de costos, logrando así una mejor gestión en las operaciones.

Las tecnologías en mención son las denominadas *Open Source*, específicamente la plataforma Arduino [4]. Esta tecnología posee una variedad de tarjetas programables, así como módulos, sensores y un potente *IDE* (Entorno de desarrollo integrado) basado en *Wiring*, junto a un lenguaje de programación muy similar a C [4].

Este conjunto de tecnologías posee múltiples ventajas, entre ellas su bajo costo, fácil accesibilidad de los componentes de hardware, la sencillez para la creación de los códigos de programación y la versatilidad de los elementos electrónicos que se pueden combinar.

Como objetivo de este proyecto se tiene el desarrollo de un prototipo de sistema de bajo costo y de software libre, que sea capaz de mantener una monitorización y control de variables climáticas en una planta avícola para incrementar el rendimiento de la producción, principalmente enfocado para proyectos rurales de pequeños productores.

En este prototipo se plantea monitorizar y controlar las variables de temperatura, humedad y la cantidad de gases producto de los desechos animales.

El artículo está estructurado de la siguiente forma: primera sección corresponde a la introducción, la segunda sección trata la descripción de la problemática que se plantea resolver, la tercera sección da a conocer la metodología de investigación empleada, la cuarta sección describe las tecnologías y materiales utilizados, como quinta sección se aborda la construcción del prototipo penúltima sección muestra los resultados obtenidos, y la última sección presenta las conclusiones del trabajo

2. Descripción de la problemática

Para la crianza de aves tanto en avicultura comercial como en granjas rurales se destaca siempre el manejo de su alimentación y estado sanitario ya que estos factores permiten el desarrollo y la buena salud de las aves, por lo que el ambiente donde estas son alojadas, toma un valor significativo para evitar pérdidas económicas [5].

Panamá es un país de clima tropical que consta de 2 estaciones, veranos muy fuertes y temporadas lluviosas con altas precipitaciones. Para el año 2015, la Contraloría General de la República registró un promedio de 5041,2 mm de precipitación pluvial, un 78,2 % de humedad relativa junto a un máximo de 44.45° C y un mínimo de 22.65° C de temperaturas para la provincia de Veraguas [6].

En las fincas rurales generalmente se construyen casetas inapropiadas para alojar a las aves, al contar con un presupuesto mínimo, los criadores las construyen con deficiencias, incluso para suplir las prestaciones básicas requeridas, teniendo poco control de las variables ambientales que ayudan o afectan las aves. Si estos factores no son controlados en dicho lugar, puede provocar alteraciones al sistema digestivo y respiratorio, originando enfermedades que merman la producción avícola que causan pérdidas de animales [5].

TABLA 2. PRINCIPALES ENFERMEDADES QUE AFECTAN LA CRÍA DE POLLOS [7].

Enfermedad	Causante	Síntomas	Transmisión
Coriza Infecciosa	Bacteria <i>Haemophilus gallinarum</i> . Se agrava con cambios de corrientes de aire, temperatura, humedad.	Estornudos Supuración maloliente. Hinchazón Inflamación de los ojos	Partículas de polvo que mueve el aire entre galerones o de un animal a otro.
Bronquitis Infecciosa	Coronavirus que se reproduce en ambientes húmedos.	Jadeos. Tos. Secreción nasal. Ojos llorosos.	Por medio del aire y cualquier otro medio mecánico.
Gumboro o Bursitis	Birnavirus, muy resistente a las condiciones ambientales desfavorables.	Decaimiento. Plumas erizadas. Temblores. Diarreas acuosas.	Por contacto directo de las aves y de sus excrementos

La problemática planteada en este proyecto es la poca capacidad que tienen los productores de fincas avícolas rurales de conocer las condiciones climáticas dentro de las galeras y poder controlar dichas variables, lo que provoca pérdidas debido a enfermedades o el exceso de calor y humedad, como se muestra en la tabla 2, afectando directamente a la producción.

3. Metodología

TABLA 3. METODOLOGÍA EMPLEADA EN LA ELABORACIÓN DE ESTE PROYECTO.

Identificación del problema	Se estableció una problemática en el campo del agropecuario donde se pudiese dar una solución mediante un sistema de automatización.
Revisión bibliográfica	Se realizó una revisión bibliográfica sobre proyectos similares que se hayan realizado dentro del país o fuera de él.
Identificación de tecnologías de software y hardware	Se identifican las tecnologías de software y hardware que fuese bajo licencia libre que serán implementadas en el prototipo.
Construcción y prueba del prototipo	Se planteará un diseño conceptual del sistema propuesto, y luego se lleva a una construcción física del prototipo. El prototipo construido debe ser sometido a una batería de pruebas.
Resultados y conclusiones	Se presentarán los resultados y conclusiones del proyecto a través de la publicación de un artículo de investigación.

4. Tecnologías implementadas

En este proyecto el enfoque está en tecnologías de uso libre que tuviesen un precio relativamente accesible. Hecha la revisión bibliográfica se identificaron las siguientes tecnologías:

4.1 Arduino Uno

Es una placa que contiene el microcontrolador Atmega328P, con 14 pines digitales para entradas y salidas junto a 6 pines analógicos [8].

4.2 Sensores DTH-11 y DTH-22

Son sensores del tipo digital destinados a medir la temperatura y humedad relativa del aire. Donde el sensor DHT 11 brinda un rango de temperatura de 0 a 50 °C y un rango de humedad relativa de 20% a 90 % [9], frente al sensor DHT 22 que mide de -40°C a 80 °C con 0 a 100% como rango de humedad relativa [10].

4.3 Sensor de Gas MQ-135

Se especializa en la detección de gases como: el amoníaco, alcohol, humo, dióxido de carbono, benceno [11].

4.4 Sensor de Gas MQ-2

Está destinado a medir la presencia de gases como LPG, metano, propano, hidrogeno [12].

4.5 Modulo Relé

Permiten controlar voltajes o corrientes elevadas permitiendo controlar dispositivos como bombillas, bombas de agua, abanicos, etc [13].

4.6 Display 16x2 mediante I2C

Permite visualizar información, se conecta mediante el adaptador I2C facilitando la conexión a Arduino [12].

4.7 Sensor fotorresistor KY-018

Funciona con la variación de luz, a mayor detectada, el valor de resistencia disminuye [14].

4.8 Módulo WIFI ESP8266

Brinda conexión inalámbrica a internet mediante una red doméstica. Este módulo es muy versátil y con un muy bajo costo [15].

4.9 Plataforma Ubidots

Proporciona un entorno donde se puede enviar la información que reciben los sensores, directo a la nube, permitiendo llevar un registro de estos datos, y la posibilidad de crear tableros donde poder organizarlos a través de complementos [16].

5. Construcción del prototipo

5.1 Conexión a la plataforma Ubidots

Para realizar la conexión y poder utilizar la plataforma Ubidots como una base de datos en la nube, nos basamos en el esquema de conexión brindado en la documentación. Se utilizó el módulo Wifi ESP8266 como una unidad de telemetría, qué

brindará acceso a internet de manera inalámbrica a nuestro microcontrolador, en este caso el Atmega328P de Arduino Uno, el cual estará funcionando como un registrador [17].

De este modo tendremos un esquema en donde la placa Arduino Uno, funcionará como el receptor de los valores que los sensores detecten y activará los actuadores dependiendo de estas entradas. Mediante el puerto serial, se estarán enviando los comandos hacia nuestra unidad de telemetría donde a partir de allí se hará el registro en la plataforma alojada en la nube. Para la implementación de este esquema, se manejó dos códigos:

El primero está dedicado a la configuración del módulo ESP8266, este quedará alojado dentro de su memoria *flash* y será el encargado de realizar la conexión a nuestra red inalámbrica doméstica, especificando el nombre, la contraseña y el *token* que nos brinda la plataforma Ubidots, único para nuestro usuario.

El segundo código irá implementado a la placa Arduino Uno, este es el encargado de manejar la información proveniente de los sensores, así como de realizar la activación de los módulos relé correspondientes a los actuadores que pueden ser un abanico o una bombilla y finalmente transmitir información mediante comandos por el puerto serial.



Figura 1. Diseño propuesto para el prototipo.

5.2 Montaje de los componentes

Para realizar el maquetado de las conexiones, se empleó la herramienta Fritzing donde se pudo diseñar el circuito final.

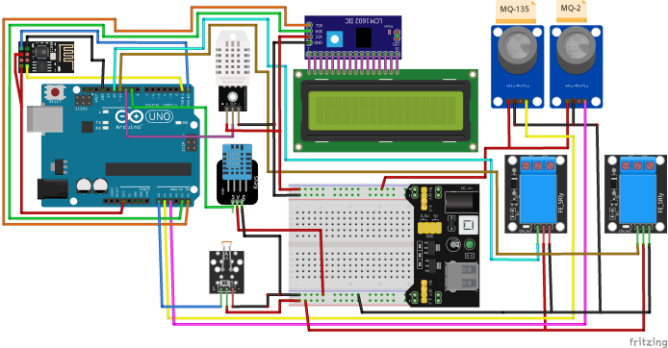


Figura 2. Circuito del prototipo realizado en la herramienta Fritzing.

A continuación, se detallan los pines utilizados para cada componente.

TABLA 4. PINES DE ARDUINO UNO UTILIZADOS PARA CADA SENSOR.

Arduino		Módulos	
Pines digitales	9	Sensor DHT 11	
		Pin	S
	10	Sensor DHT 22	
		Pin	Out
Pines analógicos	A0	Sensor KY-018	
		Pin	S
	A1	Sensor MQ-135	
		Pin	A0
	A2	Sensor MQ-2	
		Pin	A0
Pines digitales	12	Módulo Relé 1	
		Pin	S
	13	Módulo Relé 2	
		Pin	S
	Módulo ESP8266		
	RX (0)	TX	Pines
	TX (1)	RX	

Una vez identificado los pines y conexiones se realizó el ensamblado y construcción de la maqueta. Debido al estado actual de pandemia, la implementación del prototipo en una galera con condiciones reales en la cría de aves se vio limitada, por lo tanto, se realizó el maquetado con todos los componentes donde se pudiesen poner a prueba y verificar el funcionamiento.

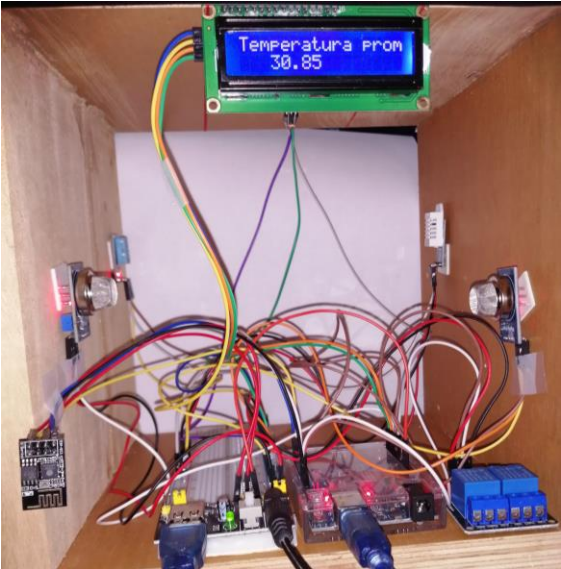


Figura 3. Maqueta final sobre el prototipo diseñado.

5.3 Código implementado para Arduino

Para la creación del código se utilizaron librerías externas que permitieron ahorrar líneas de código, brindando flexibilidad para el manejo de los sensores. Estas librerías fueron agregadas utilizando el gestor de bibliotecas del IDE Arduino, entre ellas tenemos:

- Librería <Ticker.h>: permite crear rutinas con tiempo de esperas para cada función independiente. Reemplaza la función delay(), ya que evita los bloqueos que esta provoca [18]. Se utilizó para lanzar, en diferentes intervalos de tiempo, la lectura proveniente de los sensores hacia la unidad de telemetría, permitiéndonos tener activo todos los módulos sin tener que bloquear el funcionamiento de alguno.
- Librería <DHT_U.h>: utilizada para obtener las lecturas de temperatura y humedad provenientes de los módulos DHT11 y DHT22. Simplemente los llamando a los métodos readTemperature() y readHumidity() [10].
- Librería <LiquidCrystal_I2C.h>: permite el funcionamiento de la pantalla LCD 16x2 mediante conexión I2C [19].

6. Resultados

Mediante la implementación del esquema: registrador – unidad de telemetría, se alcanzó la conexión, transmisión y almacenamiento de los valores registrados por los sensores hacia la plataforma Ubidots, logrando la activación de los módulos relé dedicados a encender los actuadores para el control de las variables.

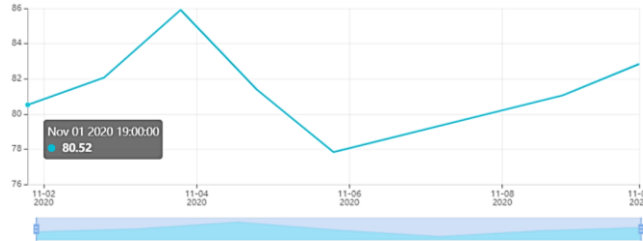


Gráfico 2. Gráfica generada por la plataforma Ubidots donde representa el promedio de lecturas para la humedad relativa medido en porcentaje, desde la puesta en marcha del prototipo.

TABLA 5. REGISTROS DE LECTURAS REFERENTE A LA HUMEDAD RELATIVA ALMACENADOS EN LA NUBE BAJO SU FECHA Y HORA.

DATE	VALUE	CONTEXT	ACTIONS
2020-11-09 21:51:19 -05:00	81.55	0	
2020-11-09 21:51:06 -05:00	82.05	0	
2020-11-09 21:50:53 -05:00	83.55	0	
2020-11-09 21:50:41 -05:00	83.50	0	
2020-11-09 21:50:27 -05:00	82.00	0	
2020-11-09 21:50:15 -05:00	83.55	0	
2020-11-09 21:50:01 -05:00	83.70	0	
2020-11-09 14:41:05 -05:00	79.80	0	
2020-11-09 14:40:51 -05:00	79.85	0	
2020-11-09 14:40:38 -05:00	79.95	0	

Cómo se puede observar en el gráfico 3 y la tabla 4, los datos fueron transmitidos de manera correcta, logrando almacenarse y poder ser visualizados mediante gráficas y tabla de registros.

Una vez los datos llegaron a la plataforma y fueron almacenados, se pudo crear alertas vía correo electrónico o mensajes SMS que serán enviadas al usuario, dueño del galpón. También se logró diseñar una tabla de complementos para facilitar la visualización de las variables monitoreadas, siendo estas actualizadas en tiempo real a medida que los datos llegan a la plataforma.

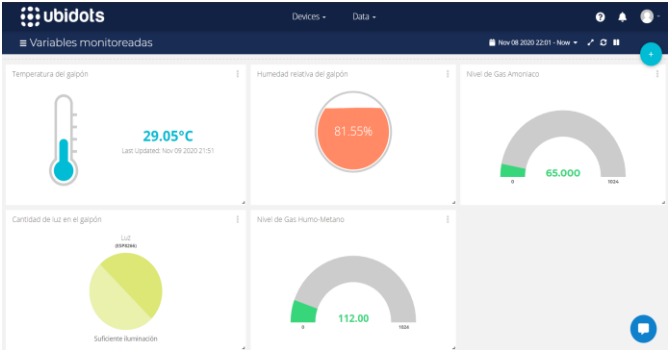


Figura 4. Tabla de complementos para la visualización de las principales variables a monitorizar dentro del galpón.

Se realizó la comparación con otro trabajo similar, “Diseño de un sistema de control gerencial de plantas avícolas utilizando redes de sensores inalámbricos con tecnología Open Hardware” [20].

TABLA 6. COMPARACIÓN DE PROYECTO SIMILAR.

	Variables estudiadas	Ventajas	Desventajas
Proyecto propuesto	Temperatura Humedad Relativa Iluminación Presencia de gases (Butano, Amoniaco)	Bajo costo (aproximadamente 69,30 USD) Utilización de plataforma bajo licencia gratuita, alojada en la nube.	Falta de implementación en un entorno real como lo es un corral de aves.
Diseño de un sistema de control gerencial de plantas avícolas utilizando redes de sensores inalámbricos con tecnología Open Hardware.	Temperatura Humedad relativa Iluminación Presencia de gases (Butano, Monóxido de Carbono y amoniaco).	Implementación de aplicación web y aplicación de escritorio utilizando una base de datos dedicada. Se probó en un escenario real.	Costo adicional en el desarrollo de software hecho a la medida por los autores.

7. Conclusiones

El mantenimiento de un corral avícola puede resultar en la clave del éxito para el emprendimiento de pequeños productores rurales que buscan su sustento en esta actividad, utilizando tecnologías *open source* que existen en el mercado. Concretamente estas tecnologías brindaron conectividad inalámbrica a internet, logrando el almacenamiento de los valores referente a la humedad relativa, temperatura promedio, detección de los gases metano y amoníaco, así como la cantidad de luz dentro del lugar donde se realizó la construcción del prototipo. Con estos valores obtenidos y analizados se logró la activación de los módulos relés correspondientes a los actuadores, para realizar el control de las variables.

Se logró el funcionamiento del circuito planteado para las conexiones de los diversos componentes que conformaban el prototipo.

Siguiendo la documentación brindada por la plataforma Ubidots, se estableció una conexión vía *wifi* para el envío de información y su posterior tratamiento. Ubidots es una opción mucho más sencilla y rápida que el desarrollo de una base de datos y su aplicación dedicada.

La implementación del prototipo en un escenario real se vio limitada debido al actual estado de pandemia junto al mal clima que impide el trabajo de campo.

Cómo trabajo futuro se espera llevar el prototipo a una granja rural donde pueda ser sometido a pruebas rigurosas para comprobar su eficiencia y realizar mejoras.

REFERENCIAS

- [1] Toledano S.A., "Informe de actualización anual," Panamá, Dec. 2017.
- [2] Asociación Nacional de Avicultores de Panamá, "La avicultura en Panamá – ANAVIP." [Online]. Available: <https://www.anavip.org/index.php/la-avicultura-en-panama/>. [Accessed: 16-Oct-2020].
- [3] Asociación Nacional de Avicultores de Panamá, "La avicultura en Panamá - Indicadores económicos." [Online]. Available: <https://www.anavip.org/index.php/indicadores-economicos/>. [Accessed: 16-Oct-2020].
- [4] Vargas-Manuel, S.-J. & Castillo-Georgina, and Brambila-Alfredo, "Arduino una Herramienta Accesible para el Aprendizaje de Programación," *Artículo Revista de Tecnología e Innovación Septiembre*, vol. 2, pp. 810–815, 07-Jul-2015.
- [5] O. Napole and V. Gonz, *Avicultura*, vol. 18, no. 4. Ecuador, 2005.
- [6] S. A. Empresa de Transmisión Eléctrica, "Instituto Nacional de Estadística y Censo," *Meteorología 2015*, 2015. [Online]. Available: <https://www.inec.gob.pa>. [Accessed: 17-Oct-2020].
- [7] D. E. Temperatura, Y. Humedad, R. En, C. De, P. De Engorde, and I. V. Trujillo Olaya, "Diseño e implementación de un sistema embebido para control de temperatura y humedad relativa en cradero de pollos de engorde.," Santiago de Cali, 2016.
- [8] "Arduino Uno Rev3 | Arduino Official Store." [Online]. Available: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>. [Accessed: 03-Nov-2020].
- [9] Pi BOTS MakerHub, "How to connect DHT11 Sensor with Arduino UNO - Arduino Project Hub," May-2020. [Online]. Available: <https://create.arduino.cc/projecthub/pibots555/how-to-connect-dht11-sensor-with-arduino-uno-f4d239>. [Accessed: 02-Nov-2020].
- [10] M. Afzal and M. Vasilakis, "Temperature Monitoring With DHT22 & Arduino - Arduino Project Hub," 17-Apr-2016. [Online]. Available: <https://create.arduino.cc/projecthub/mafzal/temperature-monitoring-with-dht22-arduino-15b013>. [Accessed: 02-Nov-2020].
- [11] "Módulo Sensor MQ-135 Calidad del Aire - Geekbot Electronics." [Online]. Available: <http://www.geekbotelectronics.com/producto/mq-135-modulo-sensor-de-calidad-del-aire/>. [Accessed: 19-Oct-2020].
- [12] J. Riyaz, "How to Connect MQ2 Gas Sensor to Arduino - Arduino Project Hub," 01-Feb-2018. [Online]. Available: <https://create.arduino.cc/projecthub/Junezriyaz/how-to-connect-mq2-gas-sensor-to-arduino-f6a456>. [Accessed: 03-Nov-2020].
- [13] "Módulo Relay 2CH 5VDC - Naylamp Mechatronics - Perú." [Online]. Available: <https://naylampmechatronics.com/drivers/31-modulo-relay-2-canales-5vdc.html>. [Accessed: 19-Oct-2020].
- [14] ArduinoModules, "KY-018 Photoresistor Module," 30-Aug-2020. [Online]. Available: <https://arduinomodules.info/ky-018-photoresistor-module/>. [Accessed: 03-Nov-2020].
- [15] "Módulo ESP-01 ESP8266 WiFi-Serial - Naylamp Mechatronics - Perú." [Online]. Available: <https://naylampmechatronics.com/espressif-esp/48-modulo-esp-01-esp8266-wifi-serial.html>. [Accessed: 19-Oct-2020].
- [16] "Ubidots IoT Platform." [Online]. Available: <https://ubidots.com/about/>.
- [17] M. Hernandez, "Connect the ESP8266 as a telemetry unit with Ubidots | Ubidots Help Center." [Online]. Available: <https://help.ubidots.com/en/articles/882821-connect-the-esp8266-as-a-telemetry-unit-with-ubidots>. [Accessed: 01-Nov-2020].
- [18] S. Staub, "Ticker - Arduino Reference." [Online]. Available: <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/ticker/>. [Accessed: 02-Nov-2020].
- [19] F. de Brabander and M. Schwartz, "LiquidCrystal I2C - Arduino Reference." [Online]. Available: <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/liquidcrystal-i2c/>. [Accessed: 03-Nov-2020].
- [20] M. Fabián Vásquez Barrera, D. Fernando Ávila Pesantez, and A. -Ecuador, "Diseño de un sistema de control gerencial de plantas avícolas utilizando redes de sensores inalámbricos con tecnología Open Hardware.," 2015.