

IoT system for temperature control in livestock areas

Sistema IoT para el control de temperatura en zonas pecuarias

Patricia Chinga Olmedo¹ Darío Fernando Yépez Ponce² Héctor Mauricio Yépez Ponce³

¹*Instituto Superior Tecnológico Luis Tello, Esmeraldas, Ecuador*
E-mail: chingaolmedo@yahoo.es

²*Instituto Superior Tecnológico Luis Tello, Esmeraldas, Ecuador*
E-mail: dfyp1991@gmail.com

³*CEO Arduelectronics, Otavalo, Ecuador*
E-mail: mauroyeppez32@gmail.com

RESUMEN

El control de temperatura es primordial durante los primeros días de nacidas las aves, debido a que es un periodo en el cual las aves mueren ante cambios bruscos de temperatura. En este contexto se desarrolló e implementó un sistema IoT para el control de temperatura del área pecuaria del Instituto Superior Tecnológico Quinindé. El sistema permite monitorear en tiempo real desde la plataforma Thingier.io la temperatura de esta zona y además controlar el accionamiento de los actuadores (ventilador o calefactor), para la adquisición de la temperatura se empleó el sensor de temperatura DS18B20 que es idóneo para ambientes húmedos puesto que el sensor se encuentra dentro un tubo de acero inoxidable. El dato de la temperatura fue adquirido, procesado y enviado a la plataforma Thingier.io desde la placa microcontrolada NodeMCU ESP8266. Si la temperatura supera el rango máximo y/o mínimo permisible fijados por el usuario, el mismo es alertado mediante una notificación vía correo electrónico para indicarle que existe algún percance que debe ser atendido inmediatamente. Con el sistema implementado se consiguió reducir la tasa de mortalidad en 25% aproximadamente de las aves durante los primeros días de nacidas.

Palabras claves-- Áreas pecuarias con IoT; Control de temperatura con IoT; Control de actuadores con IoT; Monitoreo de temperatura; Sistema de temperatura con IoT.

ABSTRACT

Temperature control is essential during the first days after the birds are born, because it is a period in which birds die from sudden changes in temperature. In this context, an IoT system was developed and implemented for temperature control in the livestock area of the Instituto Superior Tecnológico Quinindé. The system allows real-time monitoring of the temperature of this area from the Thingier.io platform and also controls the actuators (fan or heater). For temperature acquisition, the DS18B20 temperature sensor was used, which is suitable for humid environments since the sensor is located inside a stainless-steel tube. The temperature data was acquired, processed and sent to the Thingier.io platform from the NodeMCU ESP8266 microcontroller board. If the temperature exceeds the maximum and/or minimum permissible range set by the user, the user is alerted by an e-mail notification to indicate that there is a problem that must be addressed immediately. With the system implemented, it was possible to reduce the

mortality rate by 20% of the birds during the first days after hatching.

Keywords-- Livestock areas with IoT; Temperature control with IoT; Actuator control with IoT; Temperature monitoring; Temperature system with IoT.

1. INTRODUCCIÓN.

En el año 2000 se habló sobre el desarrollo del internet y las oportunidades que esta generaría. Actualmente en cambio se habla de la innovación que el IoT ha proporcionado al poder convertir las cosas tangibles u objetos diarios en “Smart” (inteligentes) estando interconectados por medio de una red de transmisión que pueden monitorearse a distancia a través de un dispositivo móvil u ordenador permitiendo ofrecer enormes cantidades de información en tiempo real y siendo una revolución a la hora de digitalizar el entorno físico que rodea al ser humano. La información obtenida permite mejorar las actividades diarias y la toma de decisiones inmediatas (Fermin & Guerra, 2017) (Tomalá, 2019).

Pisano (2018), manifiesta que en la actualidad hay alrededor de 127 dispositivos nuevos que se conectan a internet cada segundo a nivel mundial, se estima que para el 2025 la IoT podría obtener un impacto económico anual de 11.1 mil millones de dólares aproximadamente a través de los diferentes modelos de negocios.

Marrero (2017), indica que las tres principales ventajas del IoT de acuerdo son: la automatización de procesos, las métricas de profundidad y el análisis de datos optimizados.

En la Universidad Autónoma de Manizales en Colombia, desarrollaron un sistema IoT para monitorear y controlar un regulador de presión (Rodríguez et al., 2017).

En el Salvador, (Padilla et al., 2019) desarrollaron una plataforma IoT para controlar y monitorear la temperatura del interior y exterior de un local, el consumo energético y el accionamiento de dispositivos de forma remota.

En Cartagena de indias, Colombia, se implementó

un sistema basado en internet de las cosas (IoT) para la monitorización en tiempo real de variables de temperatura y humedad en un equipo de refrigeración del área de farmacia de un hospital (Soto et al., 2019).

En Guayaquil, (Castro, 2007) diseñó y simuló un sistema de control de temperatura e iluminación para la crianza de pollos en haciendas usando una red de sensores monitoreada y controlada desde un dispositivo móvil. De igual manera en esta ciudad Mancilla & Palma (2019), diseñaron un sistema para el control y monitoreo de temperatura de piscinas de cultivo de tilapias, empleando tecnología GSM.

La plataforma Thinger.io para IoT brinda soporte a las placas Arduino, ESP8266, Raspberry Pi e Intel Édison; provee una infraestructura sencilla e intuitiva de utilizar. En la pantalla inicial se puede incluso geo localizar los dispositivos enlazados a la plataforma, adicionalmente; dispone de librerías en el repositorio oficial de Arduino que facilitan la implementación de proyectos con IoT (Thinger.io, 2017).

Para el control y conexión a la IoT del sistema desarrollado se empleó la placa microcontrolada NodeMCU ESP8266, el mismo que fue implementado en la zona pecuaria del Instituto Superior Tecnológico Quinindé.

Con el sistema implementado se contribuyó a solventar la problemática del Instituto Superior Tecnológico Quinindé, en el cual no podían mantener un control constante debido a que las instalaciones del instituto se encuentran alejadas de la zona pecuaria, por lo que el control lo realizaban de manera manual estudiantes y docentes. En la actualidad, el monitoreo y control de los actuadores lo realizan desde la plataforma consiguiendo reducir la tasa de mortalidad de las aves recién nacidas en un 25% aproximadamente.

El presente artículo está constituido de la siguiente manera: en la Sección 2 se describe los materiales y métodos empleados en el desarrollo del sistema, los resultados alcanzados son presentados en la Sección 3. La Sección 4 detalla la discusión y finalmente, en la Sección 5 se da a conocer las conclusiones.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El método empleado para el desarrollo del sistema propuesto fue el hipotético-deductivo propuesto por (See, 2020). El desarrollo del sistema de control de temperatura con IoT fue desarrollado en tres etapas: la primera etapa consistió en fundamentar teóricamente el desarrollo del sistema IoT, la segunda etapa residió en el desarrollo del programa informático para la interfaz de monitoreo de la zona pecuaria y finalmente, la tercera etapa estuvo constituida por la realización de diferentes pruebas de funcionamiento que permitieron validar la funcionalidad y prestaciones del sistema IoT implementado.

2.1 Materiales.

En este apartado se describen los principales materiales electrónicos empleados para el desarrollo del sistema.

2.1.1. Placa NodeMCU ESP8266

La placa NodeMCU es “open source” que puede ser programada desde diferentes lenguajes de programación. Las principales características de esta placa se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1
Características de la placa NodeMCU ESP8266.

NodeMCU ESP8266	
Descripción	Valor
SoC:	ESP8266(Módulo ESP-12)

Memoria Flash	4MB
Módulo Wi-Fi	2.4 GHz
Pines digitales GPIO	17
Voltaje de Alimentación (USB)	5V DC
Voltaje de funcionamiento	3.3 V DC
Chip USB-serial	CH340g

Fuente: (Díaz, 2016).

2.1.2. Sensor de Temperatura DS18B20

Se eligió el sensor DS18b20 debido utiliza la comunicación 1-Wire es decir solo un cable y pueden conectarse hasta 127 dispositivos por ese único cable, además; posee un encapsulado de acero inoxidable por lo que tolera la humedad. Las principales características de este sensor se presentan en la Tabla 2.

Tabla 1
Características del Sensor DS18B20.

Sensor DS18B20	
Descripción	Valor
Fuente de alimentación	3.0V a 5.5V DC
Medidas de temperatura	-55 a +125 °C
Pin de puerto para comunicación	único de 1 cable
Error (-10°C a 85°C)	±0,5°C
Error (-55°C a 125°C)	±2°C

Fuente: Datasheet DS18B20.

No se detallan los demás elementos electrónicos debido a que son de uso común en la electrónica. Cabe mencionar que para aumentar la robustez del sistema se incorporó al sistema un módulo “step down” ya que la placa NodeMCU es sensible a las tensiones de entrada.

2. Metodología.

En este apartado se describe el paso a paso utilizado para implementar el sistema planteado.

2.2.1. Estructura del sistema IoT para el control de temperatura

En la Figura 1, se indica el diagrama de cómo está estructurado de forma general el funcionamiento del sistema IoT propuesto para el control de temperatura de zonas pecuarias. En el recuadro de la derecha se encuentra la planta la cual está formada por el ventilador, el calefactor, el sensor de temperatura DS18B20 y la placa NodeMCU ESP8266. La placa microcontrolada debe ser conectada a un modem con acceso a internet para que la placa se pueda enlazar a la plataforma IoT Thinger.io. Desde la plataforma el usuario remotamente desde un dispositivo inteligente u ordenador podrá visualizar la temperatura y manipular el accionamiento de los actuadores.

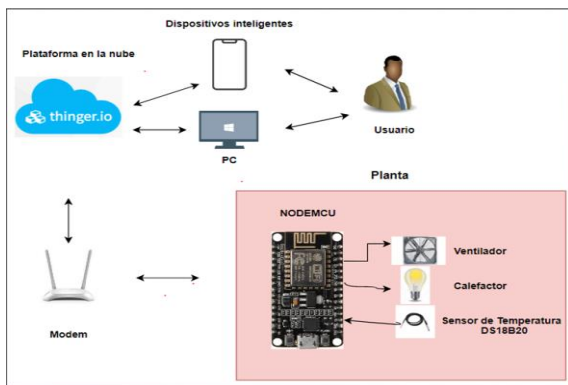


Figura 1: Diagrama de funcionamiento del sistema de temperatura con IoT.
Fuente: Propia, 2021.

2.2.2. Interconexión del sistema IoT para el control de temperatura

La elaboración del esquema electrónico del sistema IoT para el control de temperatura, se lo realizó en el software de código abierto Fritzing como se lo muestra en la Figura 2. El software permite a los usuarios documentar sus prototipos, compartirlos con otros diseñadores e incluso fabricar PCB (Fritzing, n.d.).

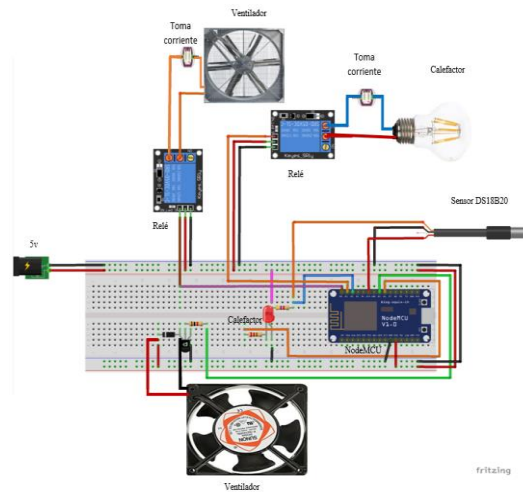


Figura 2: Interconexión del sistema con IoT.
Fuente: Propia, 2021.

2.2.3. Diseño del esquemático y PCB en 2D

La Figura 3, presenta el diseño del esquemático de la PCB del sistema desarrollado en el software Eagle.

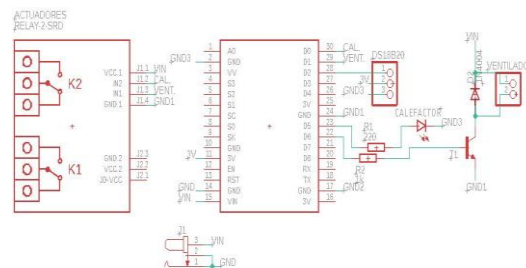


Figura 3: Esquemático de la PCB del sistema IoT.
Fuente: Propia, 2021.

En la Figura 4, se muestra el diseño de la PCB implementada en el cual las líneas de color azul son las pistas y los puntos verdes donde se soldarán los elementos.

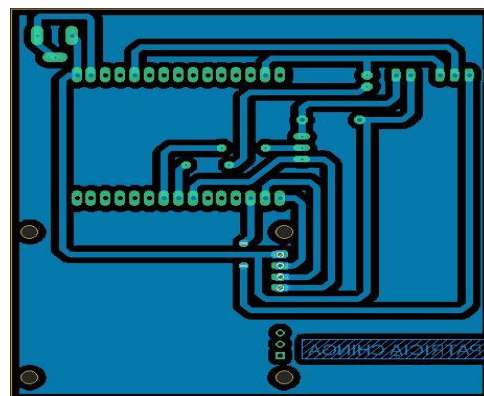


Figura 4: Diseño de la PCB del sistema IoT.
Fuente: Propia, 2021.

En la Figura 5, se presenta el diagrama de flujo del funcionamiento del sistema de alarma láser con IoT. La lógica del diagrama fue trasladada al software IDE Arduino para programar el funcionamiento del sistema propuesto y se empleó también para comprobar el funcionamiento del sistema.

2.1. Técnica de prueba de jueces.

Para Rivas (2020), recomienda que para evaluar un proyecto experimental se debe aplicar la técnica los tres jueces y menciona que el instrumento a emplear debe tener un formato estructurado que recolecte la información relevante del proyecto y la operacionalización de las variables.

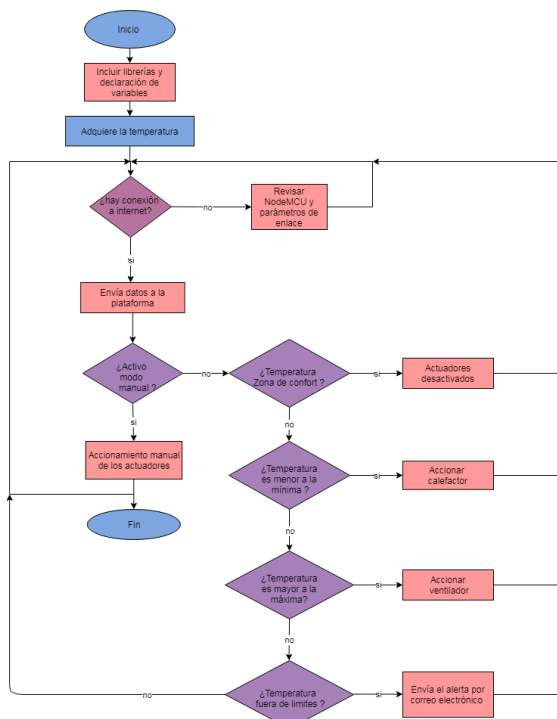


Figura 5: Diagrama de flujo del sistema IoT.
Fuente: Propia, 2021.

La técnica de evaluación planteada emplea un método de evaluación de tipo cuantitativo y se basa en el cálculo del coeficiente de proporción de rango (CPR). Los jueces expertos validaron cada uno de los ítems del proyecto experimental desarrollado con una de las siguientes puntuaciones: 1 = Deficiente, 2 = Regular, 3 = Bueno, 4 = Muy Bueno y 5 = Excelente.

Calculado el valor del CPR, se debe validar una de las dos hipótesis que plantea esta técnica:

- a) Si el $CPR > 0.75$ se acepta el desarrollo experimental.
- b) Si el $CPR \leq 0.75$ el desarrollo experimental debe ser cambiado.

En la Tabla 3, se presenta el instrumento que fue desarrollado tomando en cuenta los objetivos del proyecto y facilitado a los tres jueces para que con su criterio de expertos aportaron positivamente a la mejora del proyecto presentado. Cabe mencionar que el proyecto presentado en este artículo ya tiene las sugerencias dadas por los expertos.

Tabla 3

Instrumento para la valoración de los jueces.

Ítem	Descripción
1	Se puede monitorear la temperatura en tiempo real por medio de dispositivos inteligentes y/o una PC.
2	El sistema IoT genera histogramas.
3	El sistema IoT envía alertas al usuario.
4	El sistema IoT permite manipular los actuadores.
5	La interfaz desarrollada en la plataforma IoT, es amigable para el usuario.

Fuente: Propia, 2021.

3. RESULTADOS

3.1. Pruebas de Funcionamiento.

La temperatura adquirida por el sensor DS18B20, puede ser visualizada en tiempo real como se observa en la Figura 6. El eje de las "x" representa el tiempo en el que se adquirió la temperatura y el eje de las "y" muestra el valor de la temperatura sensada en ese instante de tiempo.

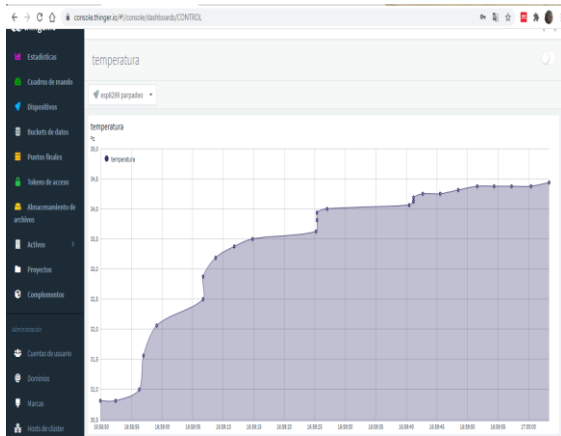


Figura 6: Datos de la temperatura en tiempo real.
Fuente: Propia, 2021.

En la Figura 7, se da a conocer los datos de temperatura almacenados en la base de datos y en la Figura 8, se presenta el proceso que se debe seguir para exportar los datos de la base de datos de la plataforma IoT hacia un documento de Excel. Pueden exportarse los datos también a formatos como *ARFF* y *JSON*.

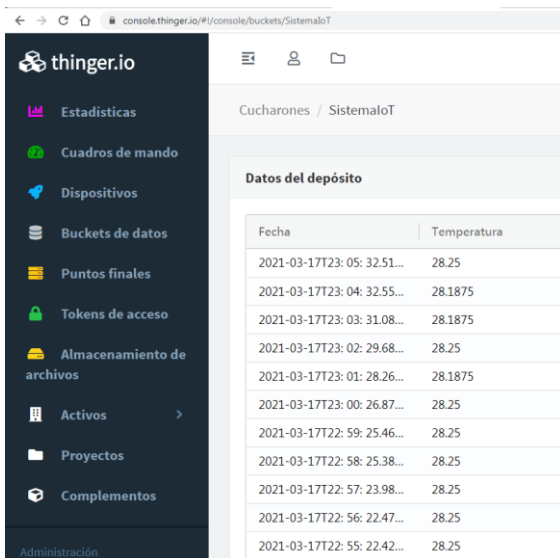


Figura 7: Datos almacenados de la temperatura.
Fuente: Propia, 2021.



Figura 8: Exportación de datos a Excel.
Fuente: Propia, 2021.

Del documento exportado, la primera columna representada por *Ts* indica el año, día, mes, horas y minutos en la que se realizó la adquisición del dato y la segunda columna indica la temperatura medida en ese instante de tiempo como se puede ver en la Figura 9.

	A	B
1	ts	temperatura
2	2021-01-30T04:37:47.219Z	35.0
3	2021-01-30T04:38:48.525Z	349.375
4	2021-01-30T04:46:03.511Z	33.125
5	2021-01-30T04:47:03.912Z	32.5
6	2021-01-30T04:49:34.420Z	320.625
7	2021-01-30T04:50:36.036Z	335.625
8	2021-01-30T04:51:36.490Z	34.125

Figura 9: Datos de la temperatura en Excel.
Fuente: Propia, 2021.

En el sistema se pueden establecer dos tipos de rango de temperatura. El primer rango es el de confort (28 a 32 °C), en el cual no trabajan los actuadores y el rango de alertas (mínimo 22°C y máximo 36 °C). La plataforma Thinger.io envía una alerta al usuario cuando la temperatura excede los límites fijados por el usuario como se indica en la Figura 10, en la cual el usuario está siendo notificado ante una subida de temperatura excesiva, mientras que; en la Figura 11, se notifica que existe una baja excesiva de la temperatura.

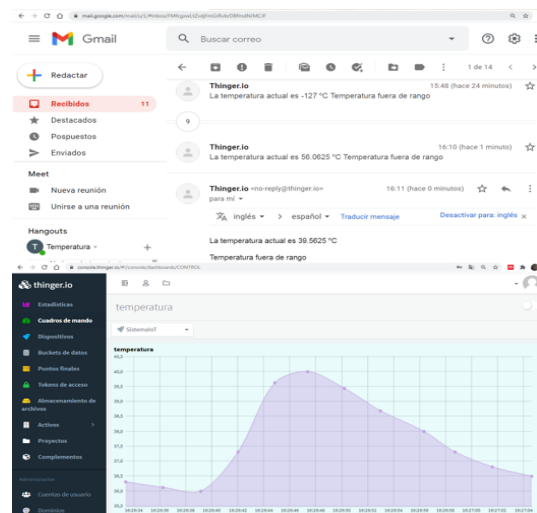


Figura 10: Alerta del sistema vía correo electrónico por superar el límite de temperatura máximo.
Fuente: Propia, 2021.

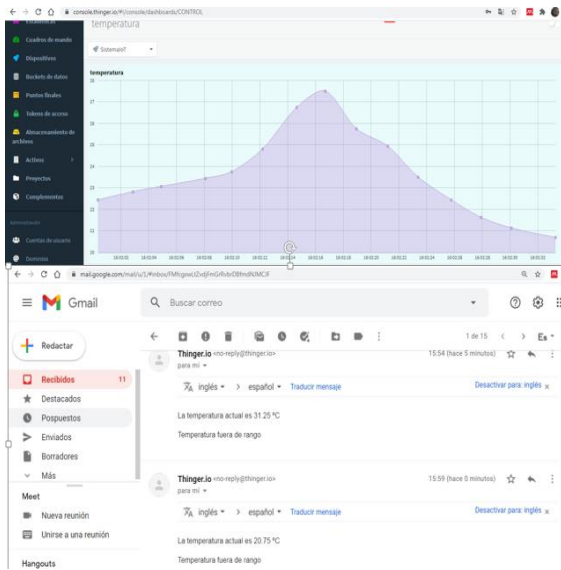


Figura 11: Alerta del sistema vía correo electrónico por sobrepasar el límite de temperatura mínimo.
Fuente: Propia, 2021.

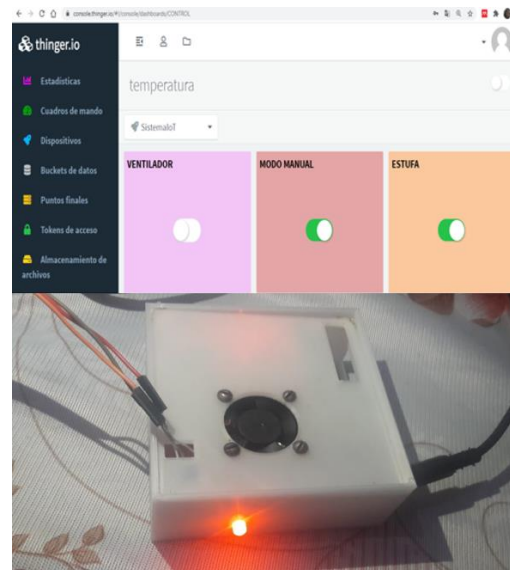


Figura 13: Encendido del calefactor desde la plataforma Thinger.io.
Fuente: Propia, 2021.

En caso de presentarse algún inconveniente, el usuario puede acceder al modo de funcionamiento manual y manipular desde la plataforma IoT el encendido y/o apagado de los actuadores. En la Figura 12, se visualiza que el modo manual del sistema IoT se encuentra apagado, por lo tanto, el sistema funciona de forma autónoma.

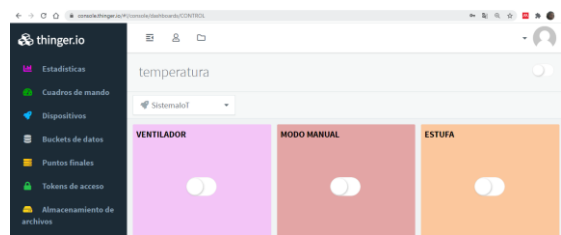


Figura 12: Modo de operación manual apagado.
Fuente: Propia, 2021.

En la Figura 13, en la plataforma el usuario ha presionado el botón *ESTUFA*, lo cual activa un led a la vez que activa el relé para el Calefactor que funciona a 110 V.

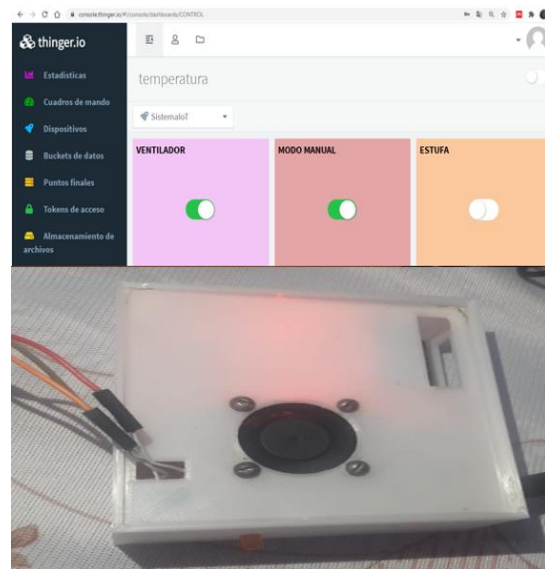


Figura 14: Encendido del ventilador desde la plataforma Thinger.io.
Fuente: Propia, 2021.

3.2. Validación de los tres jueces.

La prueba de la técnica de los jueces fue realizada por tres ingenieros mecatrónicas con experiencia

en el tema de investigación y desarrollo de proyectos, los cuales validaron el desarrollo experimental realizado.

La calificación obtenida por cada ítem y la tabulación de los resultados de los tres jueces de detalla en la Tabla 4. En la cual r_i representa la sumatoria de los rangos por cada ítem, PR_i el promedio de rango por cada ítem y PpR_i es la proporción de rango por cada ítem.

Tabla 4
Tabulación de resultados obtenidos por la prueba de los tres jueces.

Validez de contenido por el método del coeficiente de proporción de rango						
Ítems	Juez 1	Juez 2	Juez 3	r_i	PR_i	PpR_i
1	5	5	5	15	5.00	1.00
2	5	5	5	15	5.00	1.00
3	5	5	5	15	5.00	1.00
4	5	5	5	15	5.00	1.00
5	4	4	5	13	4.33	0.86
CPR						0.92

Fuente: Propia, 2021.

Una vez tabulados los resultados obtenidos, dio como resultado un coeficiente de proporción de rango de 0.92. Este valor permite aceptar como válida la primera hipótesis, es decir; el desarrollo experimental queda validado.

4. DISCUSIÓN

Mancilla & Palma (2019), desarrollaron un sistema que permitía controlar la temperatura del agua en piscinas a través de una aplicación Web alojada en una PC y para el monitoreo y control utilizaron una placa Raspberry Pi. El sistema implementado al haber sido realizado en una plataforma IoT de código abierto el sistema no solo puede ser monitoreado y controlado de forma inalámbrica de forma local sino desde cualquier parte del mundo, adicionalmente; el sistema desarrollado es de bajo costo comparado con el desarrollado por Mancilla & Palma.

Rodríguez et al. (2017), desarrollaron un sistema de monitoreo y control remoto para regular la presión usando los softwares MATLAB y HTML. El sistema fue desarrollado en el software IDE Arduino el cual a diferencia de MATLAB no necesita un equipo de cómputo con características especiales y de igual manera el control es solo local, mientras que la plataforma Thinger.io permite tener un control global.

Padilla et al. (2019), implementaron un sistema de monitorización que permitía obtener el registro continuo de las variables de temperatura y humedad estableciendo alarmas dinámicas con la finalidad de ayudar a identificar y avisar al personal responsable sobre el comportamiento no deseado del equipo de refrigeración. El sistema IoT desarrollado no genera alarmas, sino que le envía alertas al usuario por correo electrónico permitiéndole tomar decisiones aún sin estar físicamente en la planta.

CONCLUSIONES

La investigación realizada en diferentes motores de búsqueda permitió entender el funcionamiento y requerimientos necesarios para desarrollar el proyecto de manera satisfactoria. La conexión en el software libre Fritzing facilitó el armado del sistema en protoboard y la rápida solución a los errores presentados. Para la comunicación inalámbrica se usó la librería *ESP8266WiFi.h* y para vincular la plataforma IoT con la placa NodeMCU se empleó la librería *ThingerESP8266.h*.

En la plataforma IoT se diseñó la interfaz para que el usuario pueda monitorear la temperatura en tiempo real y se añadió los botones para poder teleoperar los actuadores (ventilador y calefactor) en caso de presentarse algún percance. La plataforma Thinger.io permite añadir hasta cuatro dispositivos de forma gratuita y se vincula con facilidad con la placa NodeCMU por medio del software de código

abierto IDE Arduino. Los datos obtenidos en la plataforma son almacenados en una base de datos para que posteriormente puedan ser empleados para realizar algún tipo de control inteligente como *Machine Learning*.

Se realizaron diversas pruebas de funcionamiento del sistema en protoboard hasta llegar a obtener la funcionalidad deseada, para validar la funcionalidad del sistema desarrollado se lo hizo mediante la técnica de los jueces expertos. La tabulación de las calificaciones obtenidas arrojó un valor de CPR de 0.92, con lo cual queda validado el sistema desarrollado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Castro, A. (2007). Diseño y simulación de un sistema de control de temperatura e iluminación para la crianza de pollos en haciendas usando una red de sensores. *UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL FACULTAD*.
[http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/23721/1/B-CINT-PTG-N.202.Cabrera Castro Andrés Ramón.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/23721/1/B-CINT-PTG-N.202.Cabrera%20Andr%C3%A9s%20Ram%C3%B3n.pdf)
- Estela, M., Torres, R., Elena, C., Álvarez, S., Ofelia, D., Martínez, R., Javier, F., Ortega, R., Fernando, L., & Flores, P. (2021). *SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL REMOTO DE TEMPERATURA EN INCUBADORA DE HUEVO DE AVES Resumen*. 42(138).
- Fermin, F. & Guerra, J. (2017). Vista de Internet de las Cosas. *Internet de Las Cosa IoT*, 1–5. <http://revistas.uigv.edu.pe/index.php/perspectiva/article/view/187/193>
- Fritzing. (n.d.). Retrieved April 15, 2021, from <https://fritzing.org/>
- García, J. (2003). *Como hacer un proyecto de investigación* (PANAPO (Ed.)). https://alojamientos.uva.es/guia_docente/uploa
- ds/2013/429/52504/1/Documento.pdf
- Julio Tomalá, H. V. (2019). Investigación y Análisis del Ecosistema para el Internet en las Áreas de Smart Cities, Home Automation, Smart Energy , Connected Vehicle, Industria 4.0 y Smart Health. 83.
- Mancilla, T. & Palma, E. (2019). *Diseño de un sistema para el control de temperatura de las piscinas donde se cultivan tilapias*. Tesis Universidad de Guayaquil, Guayaquil.
- Marrero P. (2017). *Ventajas del IoT, Internet of things, en los negocios | Biplaza*. <https://www.biplaza.es/ventajas-del-iot-internet-of-things-los-negocios/>
- Padilla, R. E. Q., Lobos, C. L. C., & Tiraje. (2019). *INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN PLATAFORMA I o T PARA EL CONTROL Y MONITOREO DE VARIABLES FÍSICAS CON* (Vol. 3).
- Piñeros, B., Cristian, B., & Hernández, M. B. (2019). DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL CONTROL Y MONITOREO DE VARIABLES APLICADO A UN CULTIVO ACUAPÓNICO A PEQUEÑA ESCALA BASADO EN IOT. In *instname:Universidad Santo Tomás*.
- Pisano, A. (2018). Internet de la Cosas. *Gestión de Servicios Tecnológicos y de Telecomunicaciones*, 1, 94. https://www.owasp.org/images/3/36/IoT_Cyber_Security.pdf
- Rodríguez Sotelo, J., López Londoño, A., Vega Botero, C., & Darío Flórez Hurtado, R. (2017). Sistema de monitoreo y control remoto usando IOT para un regulador de presión. *Scientia et Technica*, 22(4), 391–397. <https://doi.org/10.22517/23447214.13291>
- See Rivas. (2020). *Tipos de Investigación*. p.100.

Soto, B., Banesa, A., Sofía, D., Coral, B., Antonio, P., Parra, A., Julián, Ó., Charry, P., Bernal, A. M., Alejandro, D., Torres, Q., Rojas, J. S., Córdoba Hernández, N. P., Beltrán, A., & Núñez, A. (2019). *SISTEMA BASADO EN INTERNET DE LAS COSAS (IoT) PARA LA MONITORIZACIÓN EN TIEMPO REAL DE VARIABLES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD EN UN EQUIPO DE REFRIGERACIÓN DEL ÁREA DE FARMACIA DE UN HOSPITAL DE CUARTO NIVEL.*

Thingier.io. (20 C.E.). *Open Source IoT Platform.*
<https://thingier.io/>