Diseño e implementación de prototipo de incubadora automatizado de huevo de gallinas

Cristian Ismael Góngora Chaguala, ✉ Cigongora98@gmail.com

Brayan Fernando Lamprea Valencia, ✉ Blamprea107@gmail.com

Jose Omar Mafla Quiñones, ✉ Jomafla1992@hotmail.com

Anteproyecto presentado para optar al título de Tecnólogo en Electrónica Industrial

Asesor: Néstor Raúl Barreiro, Ing. Electrónico

Institución Universitaria Antonio José Camacho

Facultad de Ingenierías

Tecnología en Electrónica Industrial

Cali - Colombia

2020

Nota de aceptación:

Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Institución Universitaria Antonio José Camacho para optar al título de Tecnólogo en Electrónica Industrial

_____

Jurado

_____

Jurado

Santiago de Cali, 8 de febrero de 2020.

Dedicatoria

Cristian Ismael Góngora Chaguala:

El presente proyecto lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador a seguir adelante con mi carrera, por darme todos los conocimientos, sabiduría y entendimiento al realizar este trabajo y darme la fuerza para continuar en este proceso de obtener el triunfo en mis estudios.

A mis padres, por su acompañamiento, dedicación, por su amor, trabajo y sacrificio en todas las etapas de mi vida, ya que gracias a ustedes he logrado seguir adelante y forjar un futuro en mi carrera industrial.

José Omar Mafla Quiñones:

Dedico el proyecto en primera instancia a Dios porque sé que en todo momento estuvo obrando a mi favor para poder alcanzar en este objetivo, a mi esposa, padres y hermanos por su confianza comprensión y apoyo incondicional puesto a que fue mi motivación durante este proceso y a nuestro compañero Edward Alexis Ortega (QEPD)

Brayan Fernando Lamprea Valencia:

Este proyecto de grado está dedicado a la memoria de mi compañero de clases Alexis Ortega (QEPD) quien curso conmigo parte de mi carrera el cual con su amistad y consejos dados hizo más ameno el periodo de formación como tecnólogo. La dedicación y el querer progresar de Alexis fue un ejemplo para mí. Vivió su vida en búsqueda de la obtención de su sueño de crear empresa. Se enfrentó a su muerte prematura no sin antes dejarme como legado el ir detrás de mí sueños hasta hacerlos realidad.

Agradecimientos

Queremos extender un especial agradecimiento a Dios por darnos la fortaleza e ímpetu necesarios para hacer siempre lo mejor y nunca desfallecer en este largo camino.

Queremos expresar nuestros sinceros agradecimientos a la Institución Universitaria Antonio José Camacho y a todo equipo de docentes que nos acompañaron durante estos años proporcionándonos el conocimiento necesario para desarrollar este proyecto y de culminar con éxitos esta etapa de formación nuestro pregrado de tecnología en electrónica Industrial.

A nuestras amadas familias y amigos por su paciencia, apoyo, sacrificio, comprensión y continuo aliento.

Tabla de contenido

Resumen 10
Introducción 11
1. Planteamiento del problema 12
1.1. Antecedentes 13
2. Justificación 15
3. Objetivos 16
3.1 Objetivo general 16
3.2 Objetivos específicos 16
4. Prototipos de incubadora de huevos automatizados en Colombia 17
4.1 Parámetros de incubación 17
4.2 Incubación artificial y natural 18
4.3 ¿Qué es la incubación? 19
4.4 Requerimientos legales para la incubación 19
5. Hardware de la incubadora de huevos 21
6. Temperatura de la incubadora de huevos 22
6.1. Tipos de resistencias calefactoras 22
6.2. Resistencia resorte 27
6.3. Sistema de control 28
7. Estructura mecánica para el volteo de los huevos 31
8. Etapa de potencia de la incubadora de huevos 37
9. Etapa de control de la incubadora de huevos 43
10. Pruebas y resultados 46
11. Costos 56

12. Conclusiones 58

12.1. Trabajos futuros 59

12.2. Recomendaciones 59

13. Referencias Bibliográficas 60

Lista de figuras

Pág.

FIGURA 1. RESISTENCIA TIPO BANDA. 23
FIGURA 2. RESISTENCIA TIPO TUBULAR. 24
FIGURA 3. RESISTENCIA TIPO CARTUCHO. 25
FIGURA 4. RESISTENCIA DE RADIACIÓN. 26
FIGURA 5. RESISTENCIA DESNUDA. 26
FIGURA 6. RESISTENCIA RESORTE. 27
FIGURA 7. MODELO DE CONTROL ON/OFF. 28
FIGURA 8. DIAGRAMA EN BLOQUE DE CONTROL. 29
FIGURA 9. ACCIÓN DE CONTROL DEL TIPO ON/OFF. 30
FIGURA 10. SOPORTE PORTA HUEVO. 31
FIGURA 11. SOPORTE SUPERIOR. 32
FIGURA 12. GABINETE INCUBADORA. 33
FIGURA 13 PLATINA PIVOTE. 34
FIGURA 14. BANDEJA SOPORTE DE HUEVOS. 35
FIGURA 15. SOPORTE INFERIOR. 35
FIGURA 16. SISTEMA DE VOLTEO. 36
FIGURA 17 DISEÑO DE VOLTEO DE LA INCUBADORA. 36
FIGURA 18. MOTOR DE CORRIENTE ALTERNA. 37
FIGURA 19 CIRCUITO PARA CONTROLAR MOTOR AC. 37
FIGURA 20 TRIAC. 38
FIGURA 21. OCTOACOPLADOR. 39
FIGURA 22. DISEÑO EN PROTEUS. 41
FIGURA 23. DISEÑO EN PCB. 41
FIGURA 24. ADAPTADOR DE VOLTAJE 12VDC 1 AMPERIO. 42
FIGURA 25. CÓDIGO MICROCONTROLADOR. 43
FIGURA 26. DIAGRAMA DE FLUJO TEMPERATURA. 44
FIGURA 27. DIAGRAMA DE FLUJO VOLTEO. 45
FIGURA 28. CONEXIÓN DE COMPONENTES TEMPERATURA. 45
FIGURA 29. RESISTENCIA Y VOLTEO INSTALADOS. 46

FIGURA 30. INSTALACIÓN DE HARDWARE EN ACRÍLICO.....48
FIGURA 31. LCD 16X2. 49
FIGURA 32. SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD.....50
FIGURA 33 CONTROL ON-OFF 53
FIGURA 34 COMPARACIÓN VALORES DE TEMPERATURA 54
FIGURA 35COMPARACIÓN TEMPERATURA AL INTERIOR DE INCUBADORA 54
FIGURA 36. PROTOTIPO DE INCUBADORA DE HUEVOS.....55
FIGURA 37 VALOR COMERCIAL INCUBADORA DE HUEVOS 57

Lista de tablas

TABLA 1. COMPONENTES INCUBADORA. 21
TABLA 2 CONTROL VOLTEO 51
TABLA 3 CONTROL TEMPERATURA 37°C 52
TABLA 4 CONTROL TEMPERATURA 36°C 53
TABLA 5 COSTOS PROTOTIPO DE INCUBADORA DE HUEVOS 56

Resumen

El presente proyecto consiste en la automatización del proceso de incubación de huevos de gallinas por medio de la implementación de un prototipo de incubadora. Para tal fin se emplearon elementos como, sensor de temperatura y humedad referencia DTH11 encargado del constante monitoreo de la temperatura y humedad al interior del equipo; motor AC acoplado a un sistema mecánico el cual se encarga de generar los giros programados a los huevos al interior del sistema; micro controlador ATMEGA 328P acoplado a la placa de Arduino el cual recibe las variables y realiza el control de acuerdo a los parámetros configurados; adicional el prototipo contiene una resistencia tipo resorte con un sistema de ventilación encargada de elevar la temperatura y garantizar el constante flujo de aire en el interior; el ultimo componente incluido es una pantalla LCD de 16*2 con la cual se ilustran los valores de las variables. Con la integración de todos los componentes se logran controlar las variables establecidas en la normatividad vigente para realizar el proceso de incubación artificial.

Introducción

El presente trabajo de grado describe el proceso realizado para la construcción de un prototipo de incubadora de huevos de gallinas, con el cual las avícolas de bajos recursos podrán automatizar su proceso de incubación. Se hace relevante la automatización del proceso de incubación puesto a que realizarlo de forma natural las probabilidades de que no llegue a término son mayores dado a que están presentes factores difíciles de controlar como lo son el estímulo de la cloquera en la gallina, temperatura y humedad transmitida al huevo y giros periódicos al embrión para evitar fijación de yema en el cascaron.

La implementación del sistema automatizado para la incubación de huevos de gallinas permite controlar las variables mencionadas anteriormente en efecto, se reducirán las probabilidades de que no nazca el polluelo y simultáneamente se eliminara una de opciones que pueden ocasionar que las avícolas de bajo recurso tiendan a desaparecer.

1. Planteamiento del problema

La incubación es el proceso mediante el cual el embrión se desarrolla y se convierte en pollito, y tiene por objeto suministrar a los huevos la temperatura, la aireación y la humedad necesaria para que el germen se transforme en embrión y este se desarrolle normalmente. Termina con la eclosión o salida del pollito del huevo. El proceso de incubación se puede realizar de forma natural o artificial, para el primer caso intervienen la gallina el nido y los huevos, el proceso inicia cuando la gallina doméstica se dedica a empollar sus huevos función denominada como clueques y se detecta cuando la gallina se queda en el nido, se debe identificar que huevos no deben tener más de 12 días de haberse puesto en ocasiones para estimular la cloquera pueden echarse unos 4 a 5 huevos de yeso en un nidal y al iniciarse el estímulo son reemplazados por los huevos a incubar.

Los nidales deben situarse en sitios oscuros, tranquilos, frescos, secos y medianamente airados.

Una vez que la gallina ha acumulado en el nido un determinado número de huevos que pueda cubrir con su cuerpo (de 10 a 12) se observan estos cambios en el comportamiento, además durante este período la gallina pierde plumas y grasa de la región pectoral y abdominal para facilitar mejor la transmisión del calor de su cuerpo a los huevo. En condiciones rústicas debemos seleccionar a las gallinas con buenos instintos maternales, por lo general las gallinas que después de manifestar el reflejo de la clueques si al salir del nido permanecen más de 15 minutos fuera de él, son malas para empollar. Las gallinas finas o sus cruces presentan por naturaleza buen instinto maternal, además de la temperatura que le transmite la gallina al huevo durante el arrollamiento natural, le garantiza ventilación al moverse para cambiar de posición o al salir a alimentarse. Por otro lado, la humedad a los huevos que se incuban se produce durante la transpiración, cuando sale a remojarse el abdomen o cuando se seca el pico en esa región luego de tomar agua, además, es necesario

aplicar cierto grado de movimiento a los huevos cada cierto tiempo con las patas y el pico (volteo). Este movimiento hace que la yema no se pegue al cascarón lo que provocaría la muerte al embrión.

El periodo de desarrollo del polluelo es generalmente de 21 días.

Según informe de Fundación para el Desarrollo Socioeconómico y Restauración Ambiental, realizar el método de incubación de manera natural conlleva riesgos que al materializarse podría ocasionar problemas tanto para la gallina que realiza el proceso de incubación como para los polluelos, iniciando con que las gallinas cluecas pierden peso y se pueden contaminar con parásitos los cuales generan interrupción del proceso al levantarse del nido. La interrupción del proceso de incubación ocasiona que el huevo pierda temperatura y a su vez se condense la humedad en el Cascaron generando enfermedades y reduce la eclosión

En la realización de proceso mencionado anteriormente se evidencia que la continuidad del proceso depende directamente por la gallina y está expuesto a diferentes factores externos que puede afectar la culminación exitosa del proceso por lo cual se plantea la pregunta de investigación.

1.1. Antecedentes

En la Institución Universitaria Antonio José Camacho Cali, Colombia, en el año 2012 se realizó un proyecto de investigación acerca de “Diseño e implementación de un prototipo de incubadora automatizada para huevos de codorniz”, fue realizado por los estudiantes Jan Edilson Ramírez Duque y Fernando Vergara Cardona de la facultad de ingeniería del programe de tecnología electrónica.

Donde el objetivo general fue “Diseñar e implementar un prototipo de incubadora automática de huevos de codorniz con control de temperatura, humedad y rotación de huevos, utilizando un sistema microcontrolador” (Vergara, 2012)

Para complementar la parte histórica se encontró que:

De acuerdo a la investigación realizada por la Pontificia Universidad Javeriana, de la facultada de ingeniería, a cargo de Josué González Morales; el cual realizó un proyecto en junio del 2017, que lleva como título "Diseño e implementación de un control de temperatura y humedad para un prototipo de incubadora artificial de pollos, donde su objetivo fue "diseñar e implementar una incubadora artificial con un sistema de control de humedad y temperatura, orientado a contribuir al mejoramiento de la eficacia para la industria a pequeña escala" (morales, 2017)

La incubación artificial de los huevos avícolas es una práctica muy antigua. Aristóteles escribía en el año 400 A.C. que los egipcios incubaban huevos espontáneamente en pilas de estiércol. Los chinos desarrollaron la incubación artificial por lo menos hacia el año 246 A.C. A menudo, estos primeros métodos de incubación se practicaban a gran escala, donde un solo lugar quizás tenía la capacidad de 36,000 huevos.

La aplicación de los principios de incubación era un secreto celosamente guardado, que pasaba de una generación a otra.

La construcción, uso y patente de las incubadoras artificiales en Estados Unidos datan de alrededor de 1844. La incubadora Smith, prácticamente un cuarto grande con ventiladores para forzar el aire caliente en todas las partes de la cámara de incubación, se patentó en 1918. Fue el precursor de las incubadoras de hoy en día eficientes y a gran escala, que se usan para incubar huevos de pollos, pavos, patos y otros". (Boulevard, 2010)

2. Justificación

El presente proyecto busca ofrecer a las avícolas de bajo recursos la automatización a bajo costo del proceso de incubación de huevos de gallinas, esto debido a que este tipo de avícolas están menos favorecidas ya que al realizar un proceso manual su nivel de eficacia es inferior a las compañías que ya utilizan sistemas automatizados. Este fenómeno ocasiona que las pequeñas avícolas tiendan a desaparecer.

Por medio de la implementación de incubadoras automatizadas de huevos de gallinas mediante el uso de sistemas tecnológicos, los cuales nos permitan medir y controlar todas las variables que influyen en el desarrollo adecuado del huevo durante el proceso de incubación se podrá reducir el índice de defectos en el producto puesto a que al tener un proceso tecnificado podrán tener mayor oportunidad en el sector y eficiencia en el proceso.

Este proyecto nos permitirá reforzar y adquirir conocimientos basados en la electrónica y la avicultura puesto a que para su implementación se deben conocer los sistemas electrónicos que actuarán para controlar las variables físicas que actúan en el huevo y los parámetros en que deben estar de acuerdo a la normatividad y genética del producto.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Automatizar el proceso de incubación de huevos de gallina controlando humedad, temperatura, ventilación y volteo atendiendo las recomendaciones de conforme a la norma DIN 12880:2007-05

3.2 Objetivos específicos

1. Caracterizar los valores de humedad, temperatura, ventilación y volteo recomendados en el proceso de incubación
2. Determinar las etapas y características del proceso de automatización de la incubadora
3. Implementar cada etapa para conformar el sistema de incubación automatizada

4. Prototipos de incubadora de huevos automatizados en Colombia

4.1 Parámetros de incubación

El diseño de una incubadora es esencial en la solución a los parámetros biológicos, temperatura, humedad, ventilación y volteo.

Existen teorías de la incubación que pueden influir sobre los resultados:

La temperatura es el calentamiento de los huevos durante la incubación artificial que se produce mediante el intercambio de calor entre el aire y lo huevos. La temperatura de las incubadoras varía entre los 37°C y 38°C (99-100°F) durante todo el periodo de incubación.

La temperatura de la incubadora, pues de ser muy baja retrasa los nacimientos y de ser muy elevada especialmente en los tres primeros días causa anormalidades en la cabeza del embrión.

En la incubación natural las aves voltean los huevos que incuban con una cierta frecuencia, de ahí que en el proceso de incubación artificial se hace necesario repetir este procedimiento mediante medios mecánicos.

El huevo pierde agua durante todo el proceso de incubación, es decir, sufre un proceso de deshidratación. Por este motivo, el embrión está dispuesto a pegarse a las membranas internas de la cascara, lo que puede provocar su muerte, en particular durante los primeros seis días de incubación. La frecuencia de volteo es de una vez cada dos horas, el giro debe alcanzar un promedio de 60° lo más suavemente posible. Una colocación inadecuada de los huevos, concretamente por cargarlos “invertidos” en la incubadora, es decir, con el extremo más agudo hacia arriba. Según (Olsen, 1991) afirman que “esta postura aun no siendo totalmente letal ocasionan al menos una reducción de un 50% en los nacimientos concretan que en cuanto más días se mantienen los huevos invertidos, mayor es la producción de pollitos con la cabeza colocada hacia abajo, lo cual es una posición aparentemente letal por acceder más difícilmente a la cámara de aire; no obstante aunque

esta postura invertida afecta realmente de forma negativa a la incubabilidad de los huevos así colocados es posible obtener de un 65% a un 83% de nacimientos, cifras de todas formas inferiores que las que se obtienen con los huevos colocados correctamente de un 84% a un 90%.

El Manual práctico de la Avicultura afirma que "Los huevos pierden humedad durante el periodo de incubación cuya tasa de perdida va a depender de la humedad relativa que se mantenga dentro de la incubadora. Debe mantenerse un equilibro durante todo el periodo de incubación.

El crecimiento óptimo para la mayoría de las especies requiere una humedad relativa del 70% al 75% del primero al tercer día, desde cuarto al séptimo día se requiere una humedad de un 75 a un 80%. Hasta que los huevos empiezan a picar, al finalizar el proceso de incubación, se hace necesario elevar la humedad con el fin de facilitar el reblandecimiento de las membranas de la cascara y con ello el quiebre de la misma".

El proceso de ventilación debe ser abordado desde dos ángulos, la circulación de aire y la reventilación o cambio de aire. Mediante el aire que circula en el interior, se lleva a los huevos el calor y la humedad necesaria. Ya que el embrión en desarrollo recibe oxigeno de la atmosfera y libera dióxido de carbono, por eso debe implementarse a la incubadora el proceso de ventilación

4.2 Incubación artificial y natural

Incubación natural; es el proceso normal de las aves para reproducirse. Podemos definir que el proceso de incubación es la suma de varios factores; Temperatura, humedad, ventilación y volteo de los huevos, entre otros, donde la temperatura hace referencia a uno de los factores más importante durante el proceso de incubación. El proceso de incubación de pollos es un proceso de 21 días aproximadamente en donde el embrión se desarrolla hasta convertirse en un pollito. Del día 6 al 9 la gallina sale varias veces del nido aproximadamente 3 veces dejando disminuir la

temperatura de los huevos aproximadamente a 37.8℃ y subiendo la humedad al 60% mojándose las plumas inferiores con el pico mientras toma agua.

Proceso de incubación artificial

(Smith, 2013) afirma que “El tamaño y tipo de la incubadora seleccionada depende de las necesidades y de los planes futuros que se quieren lograr según cada objetivo. Si todos los huevos en la unidad están en la misma etapa de incubación, se puede utilizar una sola unidad.

Ubicar las unidades de incubadora y nacedora en el interior para protegerlas de cambios climáticos fuertes. Es fundamental que la habitación tenga un buen sistema de ventilación para suministrar suficiente aire fresco. Mantener las unidades en el interior hace más fácil mantener uniforme la humedad y la temperatura.

4.3 ¿Qué es la incubación?

En el proceso de incubación de huevos se debe tener conocimiento de aspectos importantes que se derivan en cada etapa de este proceso.

La fertilidad es una parte importante durante el proceso de incubación y de gran importancia tanto para el nacimiento de los pollitos como para determinar el éxito del proceso.

La incubación se da como el conjunto de factores físicos presentes en el medio ambiente que rodea al huevo, de esta forma se lleva al desarrollo embrionario ya que al iniciar con la incubación dentro de la cascara de huevo, se empiezan a desarrollar las membranas.

El proceso de eclosión empieza días antes de poder observar al polluelo.

4.4 Requerimientos legales para la incubación

RESOLUCION 3019 DE 1999

(Diciembre 17)

Diario Oficial No 43.847, del 6 de enero del 2000

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO, ICA

Por la cual se dictan disposiciones sobre el control técnico de la calidad de las aves destinadas a la reproducción, comerciales de primera generación y de huevos fértiles para incubación y se deroga la Resolución 1764 del 28 de octubre de 1971.

CONSIDERANDO:

Que el Decreto 1840 de 1994 establece que corresponde al Instituto Colombiano Agropecuario ICA ejercer el control técnico del material genético animal;

Que toda persona natural o jurídica que se dedique a la producción, importación y comercialización de aves destinadas a la reproducción, comerciales de primera generación y huevos fértiles para incubación, deberá registrarse en el ICA y cumplir las normas contenidas en la legislación vigente y la presente resolución;

Que es necesario establecer las normas a las cuales se debe sujetar toda persona natural o jurídica que se dedique a las actividades mencionadas en el considerando anterior. (INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO, 1999)

5. Hardware de la incubadora de huevos

Conociendo las variables y características que se deben tener en cuenta para realizar el proceso de incubación artificial se procede inicialmente a definir los dispositivos con los cuales se podrá generar y medir la temperatura la humedad, ventilación y giros de los huevos. Para este caso se definió la utilización de los dispositivos relacionados en la tabla 1.

Tabla 1. Componentes incubadora.

Ítem	Referencia	Descripción	Función	¿Porque se eligió?
1	DHT11	Sensor de temperatura y Humedad	Medicar la temperatura y humedad almacenada al interior de la incubadora	Cumple con el requerimiento de temperatura y es compatible con Arduino
2	TY-50B	Motor AC 127 V 4W	Generar giros de la base que soporta los huevos de gallina	Movimiento dócil requerido, torque necesario y baja potencia
3	Resistencia de secador de 900W con motor	Resistencia cónica de nicromo de secador de pelo con motor para convección forzada	Generar incremento y circulación de la temperatura al interior de la incubadora	Aumenta y disminuye la temperatura en poco tiempo
4	SUNON MB60201VX	Ventilador 12 VCC	Generar aeración constante al interior de la incubadora	Baja potencia, aeración requerida
5	TONGLING JQC-3FF-S-Z	Modulo Relé De 2 Canales	Accionar relevo cuando la temperatura este por debajo del nivel mínimo permitido	Permite controlar AC con señales digitales
6	LCD WH1602A	Pantalla LCD 16X2	Ilustrar los valores de temperatura en grados centígrados y porcentaje de humedad	Compatible con Arduino
7	Arduino Uno	Microcontrolador Arduino uno ATmega328P	Recibe y envía las respectivas señales de control a cada etapa del sistema	Plataforma de código abierto

Fuente: propia.

6. Temperatura de la incubadora de huevos

6.1. Tipos de resistencias calefactoras

Las resistencias calefactoras son dispositivos hechos con diferentes tipos de materiales, por lo general alguna clase de alambre o filamento y una base, que tienen la capacidad de recibir un flujo de corriente eléctrica y generar calor a partir de esta corriente. Los usos que estos dispositivos tienen son muy variados, al igual que sus áreas de aplicación; pueden ser usados por un ama de casa en el hogar o por un técnico o ingeniero en una fábrica o planta. (Industrial, s.f.)

Dentro de los tipos de resistencia más comunes encontramos:

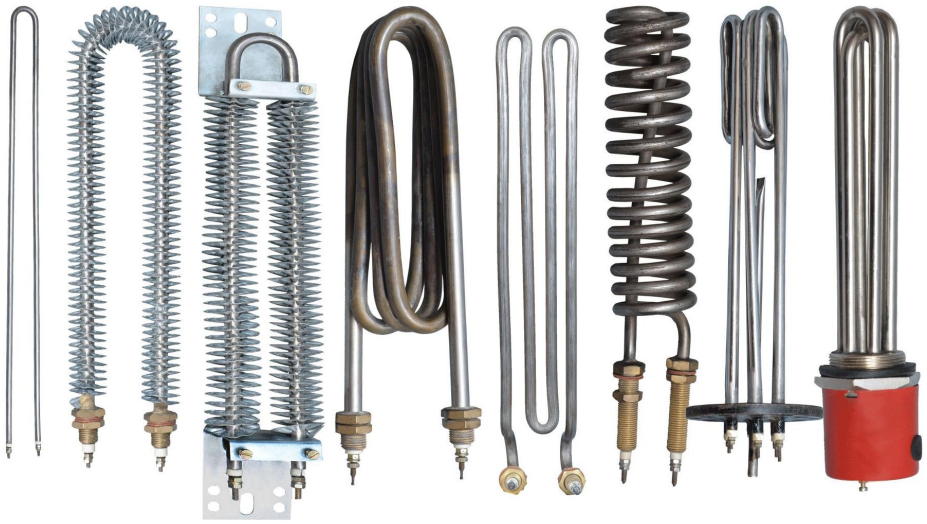
- **Resistencias tipo banda**: Son calefactores hechos a partir de un alambre plano que está enredado o entramado alrededor de una mica o cerámica y este tejido está cubierto por una lámina de acero inoxidable, la estructura final es rolada de manera que quede en forma de aro. Este dispositivo, por su forma, suele ser utilizado para calentar estructuras cilíndricas, como tubos o recipientes, por medio de conducción. Se ilustra este tipo de resistencia en la figura 1. (Industrial, s.f.)

Figura 1. Resistencia tipo banda.

Fuente: https://www.jmi.com.mx/literatura/blog/item/6-resistencias-calefactoras.html

- **Resistencia tipo tubular:** conformadas por un alambre hecho de una aleación de cromo y níquel. Este filamento tiene forma de una espiral y está compactada con óxido de magnesio y recubierta por un tubo de acero inoxidable (aunque se puede utilizar otro tipo de material). La estructura completa suele ser doblada para darle diferentes formas, dependiendo del uso que se le vaya a dar. Se ilustra este tipo de resistencia en la figura 2.

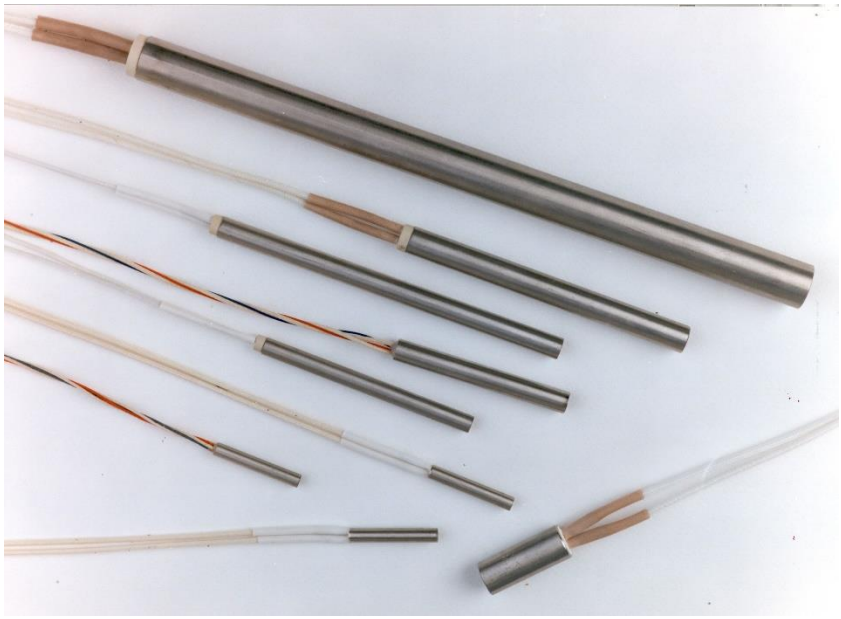
Figura 2. Resistencia tipo Tubular.



Fuente: https://www.jmi.com.mx/literatura/blog/item/6-resistencias-calefactoras.html

- **Resistencias tipo cartucho**: están formados por un tubo de alambre, aleación también de cromo y níquel, que tiene las terminales en un solo lado del tubo, mientras el otro lado está sellado. Estas resistencias también se dividen en dos subtipos: de baja y de alta concentración. En el primer tipo la bobina de alambre descansa en una pieza de cerámica con orificios y está limitada a la cantidad de alambre que estos soporten; en el segundo tipo la resistencia está compactada con óxido de magnesio, lo que provoca que se pueda agregar más alambre y por tanto sea más potente. Se ilustra este tipo de resistencia en la figura 3.

Figura 3. Resistencia Tipo Cartucho.



Fuente: https://www.jmi.com.mx/literatura/blog/item/6-resistencias-calefactoras.html

- **Resistencias de radiación**: pueden calentar sin la necesidad de entrar en contacto con el objeto. Las más comunes están formadas por un cuerpo de cuarzo o de cerámica con una bobina de alambre incrustada, aunque algunas en vez de bobina tienen una luz infrarroja que emite el calor. Su uso más común es el secado de algún material como pintura, barniz, plástico, vidrio, etcétera. Se ilustra este tipo de resistencia en la figura 4. (Industrial, s.f.)

Figura 4. Resistencia de radiación.

Fuente: https://www.jmi.com.mx/literatura/blog/item/6-resistencias-calefactoras.html

- **Resistencias desnudas**: Son sólo el alambre calefactor, por lo general en su forma de espiral, unidos a un enchufe y suelen ser utilizadas para calentar aire o incrustadas en hornos o parrillas para calentar o cocinar alimentos. Su gran ventaja es que su respuesta es muy rápida; su gran desventaja es que su vida útil es corta. Se ilustra este tipo de resistencia en la figura 5. (Industrial, s.f.)

Figura 5. Resistencia desnuda.

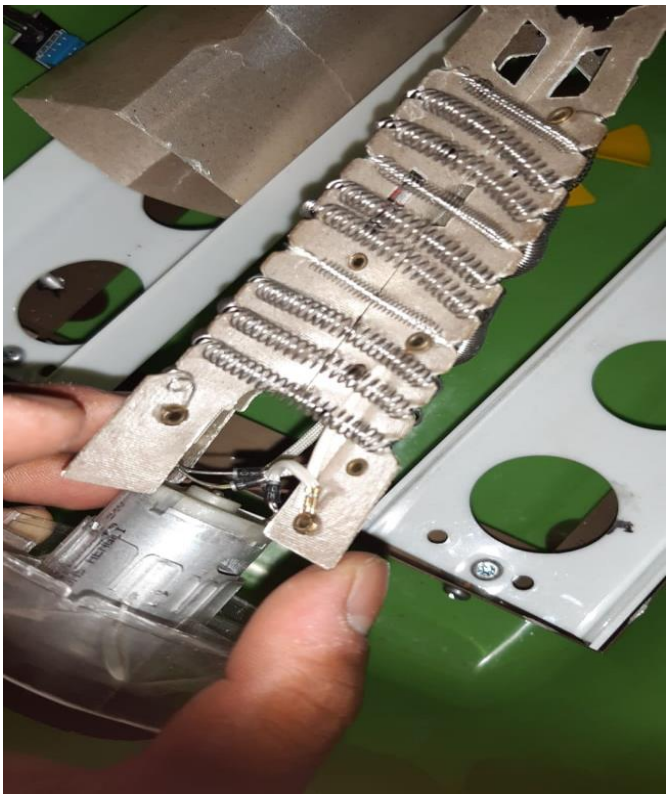
Fuente: https://www.jmi.com.mx/literatura/blog/item/6-resistencias-calefactoras.htm

6.2. Resistencia resorte

Para realizar la elevación de la temperatura al interior de la incubadora se emplea una resistencia resorte de secador de cabello, esta resistencia está fabricada de una aleación de níquel y cromo que está compuesta de un 80 % y 20 % respectivamente, adicionalmente es resistente a la corrosión, con un punto de fusión cercano a los 1400 °C, lo cual hace que se adapte a las necesidades de la incubadora.

La resistencia se alimenta eléctricamente de 120 VAC y está conectada a un motor que expulsa el aire al interior de la incubadora alcanzando una temperatura hasta de 50 °C. Se ilustra la resistencia empleada en la figura 6.

Figura 6. Resistencia resorte.



Fuente: propia.

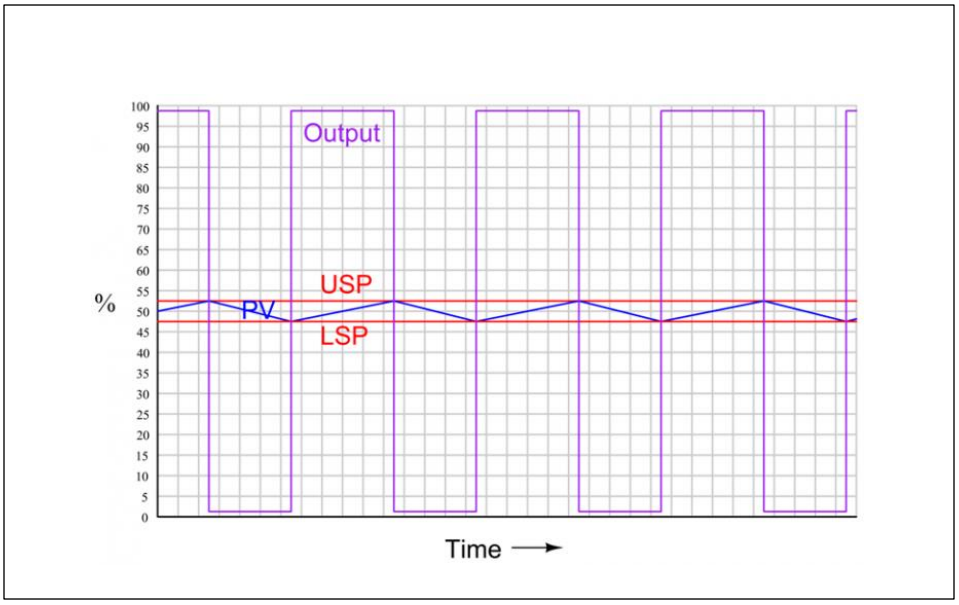
6.3. Sistema de control

Para el control de temperatura se trabaja con el modelo de control ON/OFF que nos permite la variación de variable en amplio rango, es un algoritmo simple que solo me garantiza que el proceso esté por debajo o por encima de set-point determinado.

Un ejemplo muy común para estos controles de temperaturas son los termostatos que se utilizan en los aires acondicionados, el termostato activa el aire frio si la temperatura es mayor a la de referencia o set-point o lo desactiva cuando temperatura es menor o igual a la del setpoint

La grafica que representa la función del modelo de control se ilustra en la figura 7.

Figura 7. Modelo de control ON/OFF.

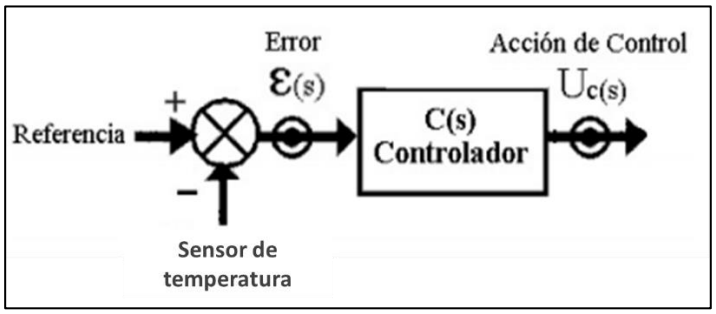


Fuente: https://instrumentacionycontrol.net/control-on-off-o-todo-nada/

El diagrama en bloque de control ilustrado en la figura 8 describe el proceso de funcionamiento del sistema ON/OFF con un controlador. Donde tenemos un controlador C(s) el cual le introducimos una señal de error E(s) que viene de la diferencia de una señal de consigna que es el valor que deseamos llegar y una señal de salida real que la conocemos como realimentación, la

señal de salida del controlador se conoce como señal de control es la que se emplea directamente a la planta.

Figura 8. Diagrama en bloque de control.



Fuente: https://zulaco64.updog.co/Material_Didactico/Control-OnOff_Sistemas_Control_Controladores.pdf

En función de lo que ya se ha indicado el comportamiento del control ON/OFF se puede describir matemáticamente que solo se activara 100% la resistencia si el valor del error E(s) es mayor a 0, pero si el error E(s) está por debajo de 0 se desactiva y la resistencia se apaga como se ilustra en la ecuación 1:

Ecuación 1Función Control ON/OFF

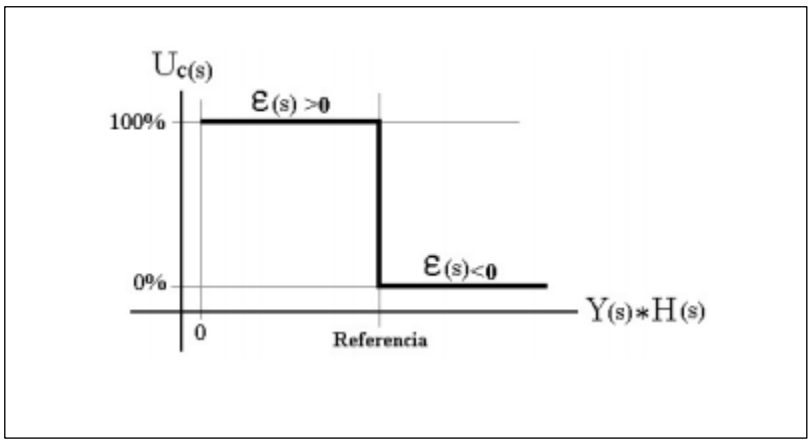
$$U_c(s) = \begin{cases} 100\% \text{ si } \mathcal{E}(s) > 0 \\ 0\% \text{ si } \mathcal{E}(s) < 0 \end{cases}$$

Fuente https://zulaco64.updog.co/Material_Didactico/Control-OnOff_Sistemas_Control_Controladores.pdf

Desde el punto de vista se logra visualizar una transición de 0 a 100 en la salida esto indica que es no lineal y proporciona a su salida dos valores que corresponden a conectado/desconectado dependiendo de la señal sea positiva o negativa inicialmente el error es positivo y el control se

activa (ON) hasta llegar al valor deseado, el error se hace negativo y en controlador pasa a (OFF) el proceso se repite continuamente como en la figura 9.

Figura 9. Acción de control del tipo on/off.



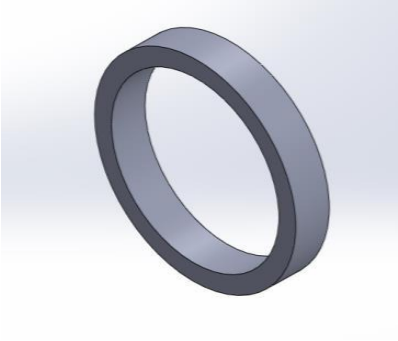
Fuente: https://zulaco64.updog.co/Material_Didactico/Control-OnOff_Sistemas_Control_Controladores.pdf

7. Estructura mecánica para el volteo de los huevos

Esta estructura mecánica para el volteo es utilizada para el proceso de giro, esta es diseñada previamente con el apoyo del simulador solidWorks, inicialmente se diseña el soporte porta huevos ilustrado en la figura 10.

Esta pieza es la encargada de que los huevos queden en su respectiva posición con el extremo más agudo hacia arriba, teniendo en cuenta que el giro debe alcanzar un promedio de 60 grados y esto se debe lograr de la manera más sutil posible esta pieza le brinda al huevo el soporte necesario para que durante este proceso el huevo no vaya a caer del sistema mecánico de volteo al no brindar una posición adecuada al huevo en la orientación ya establecida puede ocasionar una reducción de un 50 por ciento menos de los nacimientos. Por lo tanto, los 12 cm de radio de esta pieza permiten colocar el huevo con el extremo más agudo hacia debajo, de esa manera se aumenta el porcentaje de eficacia en el nacimiento.

Figura 10. Soporte porta huevo.

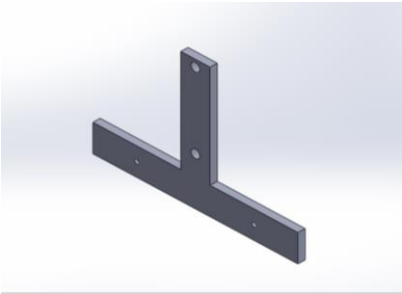


Fuente: propia.

Se diseña un soporte superior ilustrado en la figura 11, cuya funcionalidad es acoplarse con el eje del motor para valer como guía en el movimiento respectivo del giro del huevo, este debe tener 23 cm en la base inferior, de altura total 15 cm y de altura en los laterales 5 cm.

Este soporte es el encargado de recibir la bandeja soporte de huevos en el extremo inferior con el cual se le da el sentido de giro al momento de la realización del volteo, en el extremo superior se deberá acoplar el empate del motor ac el cual realiza la fuerza para producir los movimientos el sistema de volteo. Esta pieza se convierte en el eje principal a la hora de producir el volteo funcionando como soporte y guía del mismo.

Figura 11. Soporte superior.



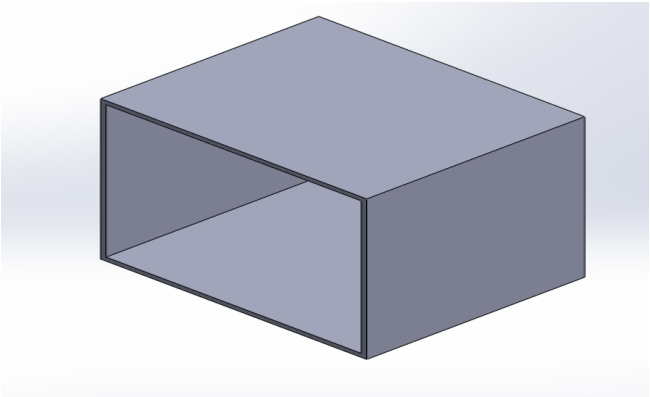
Fuente: propia.

El gabinete de la incubadora ilustrado en la figura 12 tiene como objetivo contener el sistema de volteo y la resistencia resorte el cual debe estar totalmente hermetizada, es rectangular y tiene en sus lados más largos 36 cm, en los lados cortos 25 cm y de altura 25 cm.

Este debe de ser en un material el cual no sea afectado por las variables que se necesitan controlar ya que es el encargado de contener el conjunto de sistemas que se incluyen dentro del proceso de incubación por lo tanto debe de ser capaz de resistir una temperatura constante de 37 grados centígrados sin sufrir malformaciones y sin influir con esta variable, por otro lado debe de

garantizar una firmeza para el sistema mecánico de volteo y lo que se relaciona con el sistema de control tanto sensores como actuadores sin producir ruido eléctrico.

Figura 12. Gabinete Incubadora.

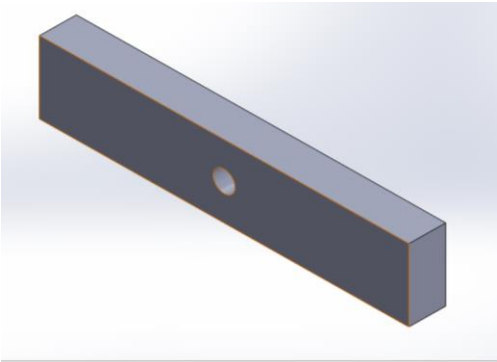


Fuente: propia.

La platina pivote ilustrada en la figura13, tiene la función de fijar las placas en la parte superior que están en movimiento para tener mayor estabilidad al momento del giro, esta tiene las dimensiones de 17 cm de base y 5 de altura

Es también la encargada de soportar al otro extremo contrario de la incubadora la bandeja soporte de huevos brindándole firmeza y facilitando la rotación de un promedio de 60 grados a lado y lado de esta pieza es por esto que esta pieza debe de ser en un material el cual no aumente el roce entre ella y la bandeja soporte de huevos para garantizar la menor fricción posible.

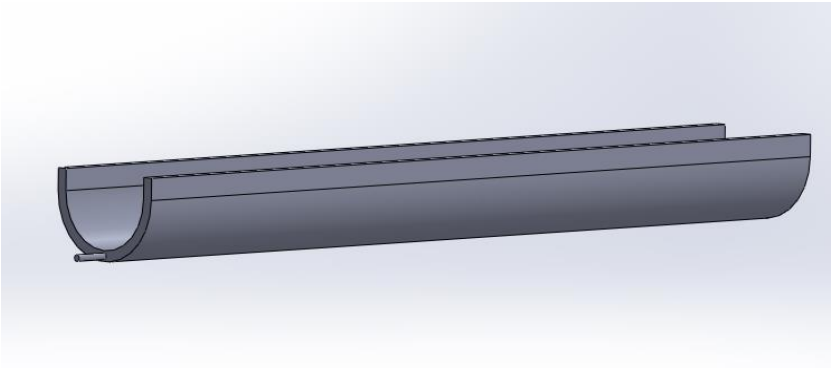
Figura 13 Platina pivote.



Fuente: propia.

La bandeja soporte de huevos ilustrada en la figura 14 se encarga de soportar el peso de los huevos para generar el giro adecuado sin desestabilizarse del soporte, tiene un largo de 30 cm, de ancho 10 cm y de altura de 2 cm, en el extremo de lado y lado más largo de esta pieza se debe de fijar un acople para poder ser integrada sin rigidez al soporte superior y la platina pivote, adicional esta pieza debe de garantizar que los huevos se mantengan en su posición óptima para la incubación por lo tanto esta tiene unas barreras a los laterales de la misma los cuales impiden que los huevos se salgan y caigan. Aumentando así el porcentaje de efectividad de la incubadora a la hora de iniciar el proceso.

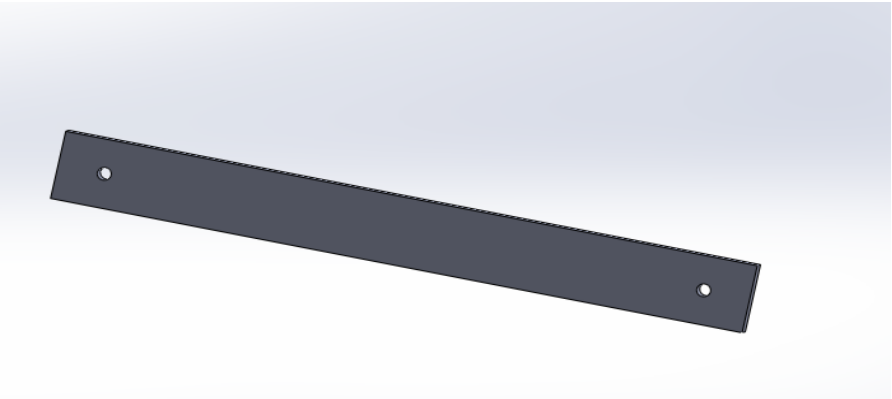
Figura 14. Bandeja soporte de huevos.



Fuente: propia.

El soporte inferior ilustrada en la figura 15 cumple la función de fijar las platinas en la parte inferior que están en movimiento para tener mayor estabilidad al momento del giro. Este soporte integra toda la parte mecánica del proceso de volteo ofreciendo la fijación y rigidez necesarias para que el giro hacia cada sentido del volteo sea lo más imperceptible posible y de esta forma el huevo no sufre daños ocasionados por el movimiento brusco del sistema, adicional esta pieza ancla el sistema de volteo al gabinete de incubadora.

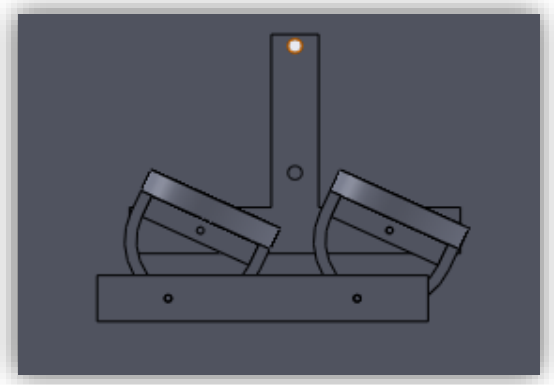
Figura 15. Soporte inferior.



Fuente: propia.

El acople de la parte mencionada anteriormente da como resultado el diseño ilustrado en la figura 16, la cual va anclada a un motor de corriente alterna.

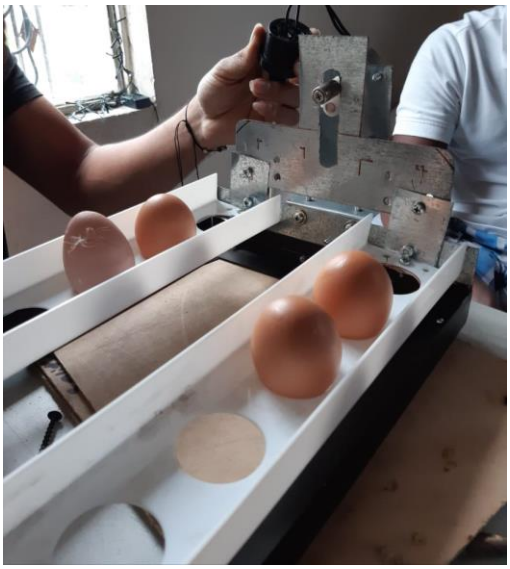
Figura 16. Sistema de volteo.



Fuente: propia.

En el proceso de fabricación de los soportes y bases mencionados anteriormente se opta por fabricar las bases para los huevos en material acrílico y el resto de soporte en lámina de metal como lo ilustra la figura 17.

Figura 17 Diseño de volteo de la incubadora.



Fuente: propia.

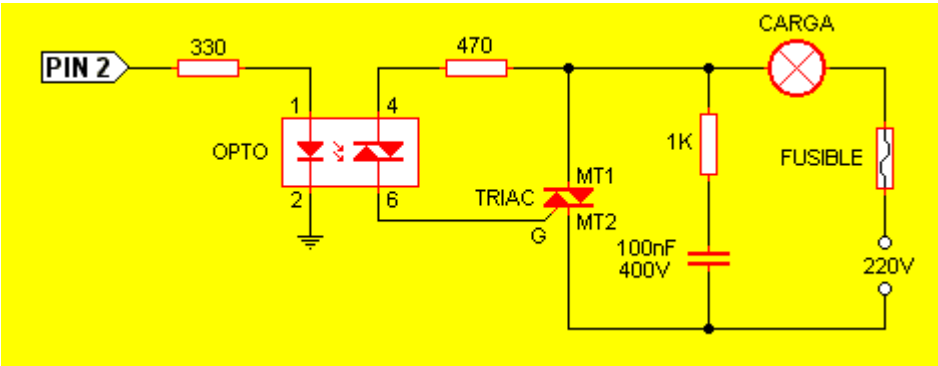
8. Etapa de potencia de la incubadora de huevos

Dado a que el proceso de volteo lleva anclado un motor de corriente alterna el cual es ilustrado en la figura 18, cuyas características son tensión de 127v, frecuencia de 60Hz, potencia de 4W y RPM 2.5/3 es necesario efectuar un circuito que lo controle. Para ello se implementa un circuito descrito en la figura 19.

Figura 18. Motor de corriente alterna.

Fuente: propia.

Figura 19 Circuito para controlar motor AC.



Fuente: http://www.pablin.com.ar/electron/circuito/computer/triac220/index.htm

A continuación, se describen los componentes más importantes que conforma el circuito con respectiva función dentro de él.

Triac: Opera como un interruptor electrónico para corriente alterna, el paso de estado de bloqueo a conducción es dado por un impulso de corriente aplicado a la compuerta o terminal G, y el inverso de este se produce por la anulación del impulso de corriente en la compuerta de modo que pasa al estado de bloqueo. Los terminales a los que se les aplica la tensión a controlar se conocen como ánodo 1 (A1) y ánodo 2 (A2) por los cuales se da el paso de la corriente y el circuito de control está formado por la compuerta (G) Y el (A1). En la figura 20 se ilustra cómo es físicamente un triac y su símbolo.

Figura 20 Triac.

Fuente: https://www.robotics.org.za/BTA16-800V-CW

Para el circuito requerido el triac bta16-200b es el más óptimo debido a características tales como:

- Corriente de Encendido Medio Nominal 16A
- Corriente Máxima de Disparo de Puerta 100mA
- Tensión Inversa de Pico Repetitiva 600V

- Corriente Nominal de Supresión 168A
- Tensión Máxima de Disparo de Puerta 1.3V
- Tensión de Bloqueo Directa de Pico Repetitiva 600V
- Corriente Máxima de Retención 50mA
- Temperatura Máxima de Funcionamiento +125 °C
- Corriente de Apagado de Pico Repetitiva 0.005mA
- Temperatura de Funcionamiento Mínima -40 °C
- Tensión de Encendido de Pico 1.55V (embajadores, s.f.)

Octoacoplador: Este dispositivo funciona como un interruptor el cual se activa por medio de la luz que proporciona un diodo led. Acoplando una foto emisor y una foto receptor en un solo encapsulado. En la figura 21 se ilustra cómo es físicamente.

Figura 21. Octoacoplador.

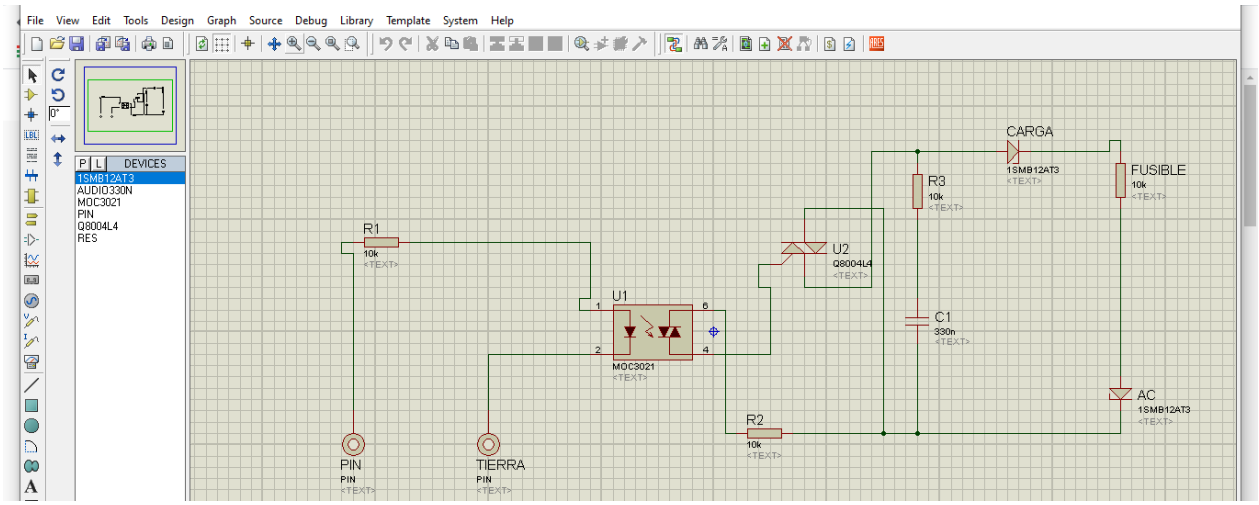
Fuente: https://www.compic.es/con-salida-a-triac/363-optoacoplador-moc-3041.html

Para el circuito requerido el MOC3041 es el más óptimo debido a características tales como:

- Salida a fototriac
- Incorpora circuito de detección de cruce por cero del voltaje
- Simplifica la lógica de control para sistemas de potencia de hasta 240 V AC
- Voltaje en la salida max. en estado de no conducción: 400 V
- Transitorio de corriente pico repetitivo max. en el fototriac: 1 A (Ancho de pulso: 100 µs, 120 pps)
- Potencia de disipación max. del fototriac: 150 mW
- Voltaje de aislamiento max: 7500 VAC (pk)
- Rata crítica de crecimiento del voltaje de estado off alta (dv/dt): 1000 V/µs, 2000 V/µs típica
- Corriente de disparo del LED: 15 mA max.
- Corriente del LED en directo max: 60 mA
- Voltaje inverso del LED max: 6 V
- Cumple directivas RoHS
- Encapsulado: DIP de 6 pines

El circuito en mención es implementado por medio de la aplicación Proteus generado la imagen de la figura 22, este circuito es impreso en PCB para posteriormente instalar los dispositivos quedando con el acabado mostrado en la figura 23.

Figura 22. Diseño en Proteus.



Fuente: propia.

Figura 23. Diseño en PCB.

Fuente: propia.

Adicionalmente al circuito de control de carga mencionado anteriormente dentro de la etapa de potencia se implementa un adaptador de voltaje de 12 VDC 1 Amperio ilustrado en la figura 24, el cual suministra energía al Arduino uno, sensor de temperatura DHT11, ventilador de aeración.

Figura 24. Adaptador de voltaje 12VDC 1 Amperio.

Fuente: propia.

9. Etapa de control de la incubadora de huevos

El elemento central del proceso de incubación es el Microcontrolador puesto a que generará las acciones pertinentes al recibir datos. Para las acciones del Microcontrolador se define el uso del código ilustrado en la figura 25 y los diagramas de flujo de las figuras 26 y 27.

Figura 25. Código microcontrolador.

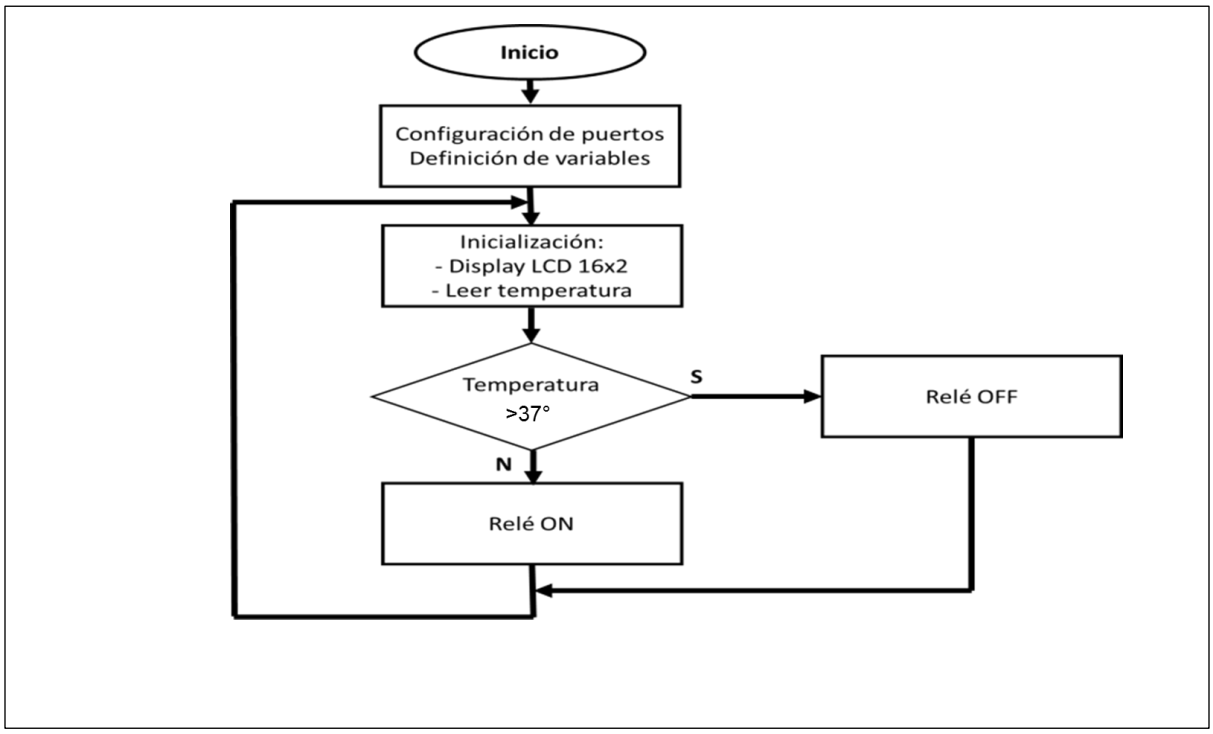
```
#include <Wire.h>
#include <DHT.h>
#include <LiquidCrystal.h>
#define DHTPIN 6
int motorac=3;
#define DHTTYPE DHT11 //DHT22
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
LiquidCrystal lcd (13,12,11,10,9,8);
int rele= 7;
void setup() {
  lcd.begin(16,2);

  lcd.clear();
  pinMode(rele,OUTPUT);
  dht.begin();
}
void loop() {
  pinMode(motorac, OUTPUT);
  digitalWrite(motorac, HIGH);
  delay(1000);
  digitalWrite(motorac, LOW);
  delay(1000);
int h = dht.readHumidity();
int t= dht.readTemperature();
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
 lcd.setCursor(0,0);
 lcd.print("Humedad: ");
 lcd.setCursor(8,0);
 lcd.print(h);
 lcd.print("%");
 lcd.setCursor(0,1);
 lcd.print("Temperatura: ");
 lcd.setCursor(12,1);
 lcd.print(t);
 lcd.print("C");
 delay (2500);
 if(t>=33 )
 {
   digitalWrite(rele,LOW);
   lcd.clear();
   lcd.setCursor(0,0);
   lcd.print("RESISTENCIA OFF");
   delay(2000);
   }
  else
   {
     digitalWrite(rele,HIGH);
     }
 }
```

Fuente: propia

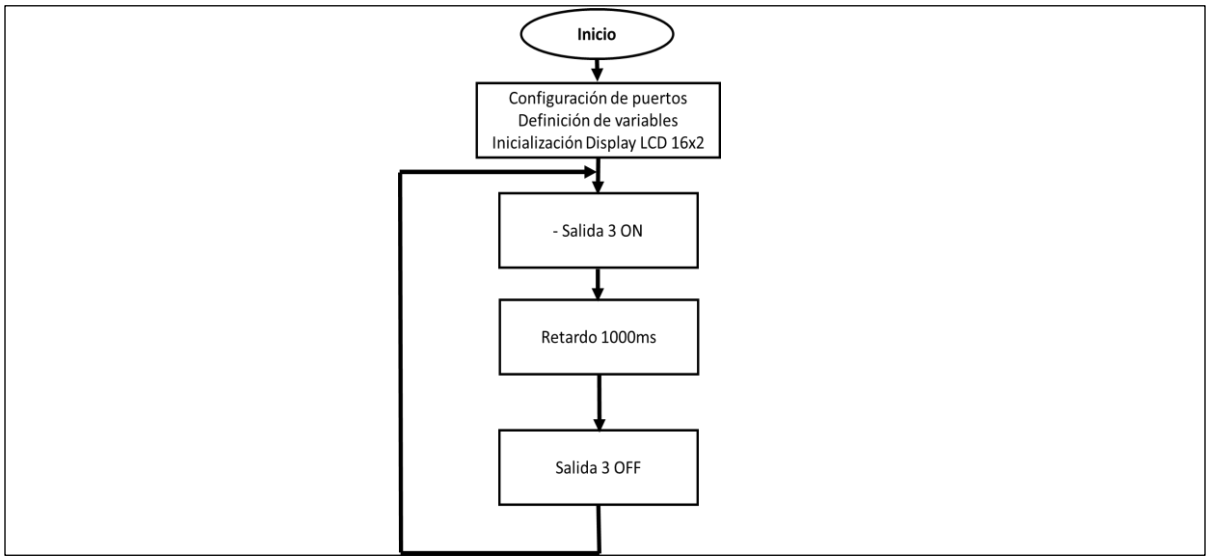
En el código ilustrado anteriormente se generan lecturas de la temperatura y humedad, estableciendo como límite superior 37°C, si la temperatura es inferior al valor indicado se mantiene un pulso por la salida 7, la cual accionará el relé generando encendido de la resistencia con el fin de que esta incremente. Si la temperatura es superior a 37°C se desactiva el pulso ocasionando que la resistencia se apague y baje la temperatura.

Figura 26. Diagrama de flujo temperatura.



Fuente: propia

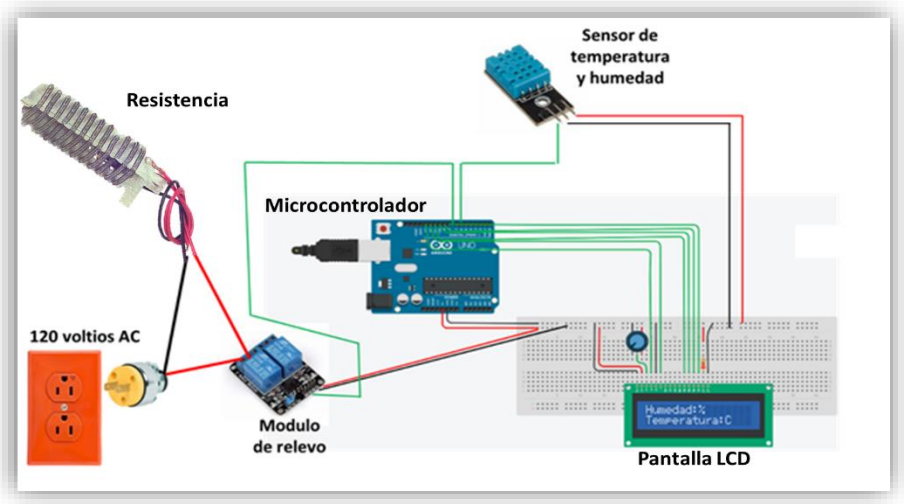
Figura 27. Diagrama de flujo volteo.



Fuente: propia

La etapa de control está basada en las lecturas que realice el sensor DHT11, dependiendo de los resultados obtenidos de este se aplicaran acciones en el módulo de relevo a través de una salida digital del microcontrolador, a partir del módulo de relevo se comienza con la etapa de potencia la cual comprende encendido y apagado de la resistencia. A continuación, se ilustra en la figura 28 el esquema de conexión entre el microcontrolador, módulo de relevo y sensor de temperatura

Figura 28. Conexión de componentes temperatura.

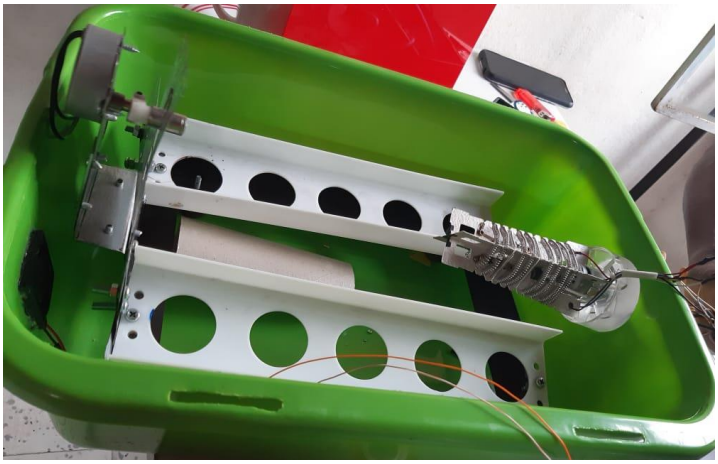


Fuente: propia

10. Pruebas y resultados

En el proceso de instalación se utiliza como carcasa de la incubadora un recipiente de pasta hermético y resistente a la temperatura, en el cual se instala la resistencia resorte encargada de generar la temperatura y el sistema de volteo para los huevos, se ilustra cada una de ellas en la figura 29.

Figura 29. Resistencia y volteo instalados.



Fuente: propia.

La resistencia resorte se instala en la parte superior de un lado de la incubadora, se garantiza la uniformidad de la temperatura por medio de convección forzada, la cual consiste en que un motor con aspas obliga al aire a circular.

Al validar el sistema de volteo al interior de la incubadora se identifica que las partes fabricadas no permiten movimientos libres de las bases que soportan los huevos, por lo contrario, generan

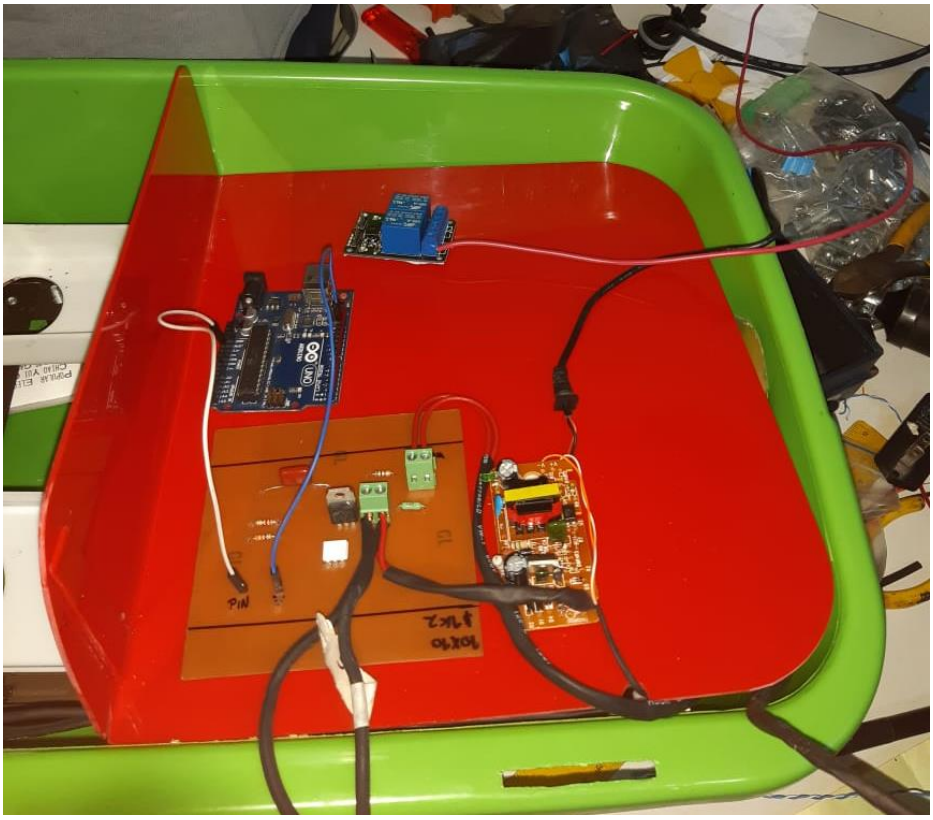
mucha fricción. Fue necesario desacoplar el sistema para definir nuevos puntos de sujeción, realizando esta labor se logra eliminar la fricción permitiendo giros adecuados.

Inicialmente se tenía presupuestado realizar los movimientos del sistema de volteo con un servomotor, pero al efectuar pruebas se identifica que los huevos tienden a generas movimientos bruscos, por lo cual se cambiar de alternativa por el motor AC el cual presentaba movimientos suaves conservando así el buen estado del huevo.

Antes de definir el tipo de resistencia a usar, se realizaron pruebas con distintos tipos de resistencias con el fin de encontrar la más adecuada. En primera instancia se utiliza una resistencia en herradura de cafetera, con la cual se observa que la temperatura se eleva un tiempo inferior a 10 segundos, pero al abrir el circuito esta sigue subiendo la resistencia presenta un constante incremento de temperatura sobrepasando los niveles adecuados y haciendo imposible el control. Una segunda prueba fue realizada con resistencia resorte con un sistema de ventilación cuyo fin es garantizar un flujo constante de aire caliente, con este tipo de resistencia se logra el control adecuado para el sistema de incubación.

El cableado proveniente los dispositivos mencionados anteriormente es instalado sobre un acrílico ubicado sobre la tapa de la incubadora, allí quedaran instalados todos los componentes del sistema (Arduino, relé, PCB de control de motor y pantalla LCD), para la energizar el Arduino se utiliza un adaptador de voltaje 12 V 1 Amp el cual también queda instalado en el acrílico, los componentes instalados en el acrílico se ilustran en la figura 30.

Figura 30. Instalación de hardware en acrílico.



Fuente: propia.

La temperatura y humedad serán visualizadas a través de la pantalla LCD 16X2, la cual es instalada sobre la tapa de la incubadora, como lo muestra la imagen 31. Para la implementación de la pantalla LCD se deben tener en cuenta la siguiente información.

- **Pines de alimentación:**

Vss: Gnd

Vdd: +5 voltios

Vee: corresponde al pin de contraste, lo regularemos con un potenciómetro de 10K conectado a Vdd.

- **Pines de control:**

RS: Corresponde al pin de selección de registro de control de datos (0) o registro de datos (1). Es decir, el pin RS funciona paralelamente a los pines del bus de datos. Cuando RS es 0 el dato presente en el bus pertenece a un registro de control/instrucción. y cuando RS es 1 el dato presente en el bus de datos pertenece a un registro de datos o un carácter.

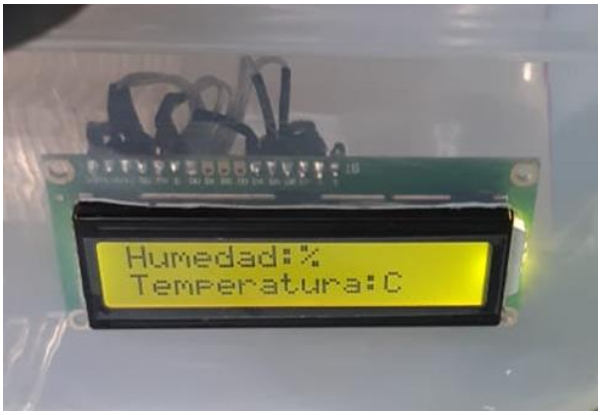
RW: Corresponde al pin de escritura (0) o de lectura (1). Nos permite escribir un dato en la pantalla o leer un dato desde la pantalla.

E: Corresponde al pin Enable o de habilitación. Si E (0) esto quiere decir que el LCD no está activado para recibir datos, pero si E (1) se encuentra activo y podemos escribir o leer desde el LCD

- **Pines de Bus de datos:**

El Bus de datos bidireccional comprende desde los pines D0 a D7. Para realizar la comunicación con el LCD podemos hacerlo utilizando los 8 bits del bus de datos (D0 a D7) o empleando los 4 bits más significativos del bus de datos (D4 a D7). En este caso vamos a explicar la comunicación con el bus de 4 bits (TodoElectrodo, s.f.)

Figura 31. LCD 16X2.

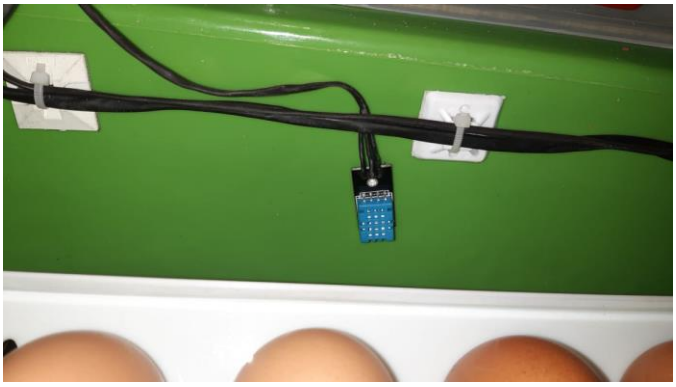


Fuente: propia.

El sensor de temperatura es instalado al interior de la incubadora ubicado en la zona central como lo muestra la imagen 32. Este dispositivo integra un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire que circula el cual muestra los datos por medio de una señal digital en el pin de datos. A continuación, se describen las características de operación

- Voltaje de Operación: 3V - 5V DC
- Rango de medición de temperatura: 0 a 50 °C
- Precisión de medición de temperatura: ±2.0 °C
- Resolución Temperatura: 0.1°C
- Rango de medición de humedad: 20% a 90% RH.
- Precisión de medición de humedad: 5% RH.
- Resolución Humedad: 1% RH

Figura 32. Sensor de Temperatura y humedad.



Fuente: propia.

Al realizar conexiones de todos los elementos de la incubadora se procede a efectuar pruebas del sistema de volteo en conjunto con la tarjeta que se diseñó para el control de la carga evidenciando que esta funciona sin novedad efectuando los giros acordes a la necesidad.

Con relación a la rotación del sistema de volteo se obtienen los datos de la tabla 2, generados de la medición de rotación con respecto al tiempo.

Tabla 2 Control Volteo

Control Volteo			
Orientacion actual	Rotación	Orientación Final	Tiempo transcurrido - Min
90	0	90	0
90	6	96	6
96	6	102	12
102	6	108	18
108	6	114	24
114	6	120	30
120	6	114	36
114	6	108	42
108	6	102	48
102	6	96	54
96	6	90	60
90	6	84	66
84	6	78	72
78	6	72	78
72	6	66	84
66	6	60	90
60	6	66	96
66	6	72	102
72	6	78	108
78	6	84	114
84	6	90	120

Se efectúan pruebas de la etapa de control generando elevación y disminución de la temperatura, evidenciando que el módulo de relé abre y cierra el circuito que alimenta la resistencia acorde a los niveles de temperatura alcanzados y configurados.

En el proceso de control generado en la temperatura se obtienen los datos en la tabla 3

Tabla 3 Control temperatura 37°C

Control Temperatura 37°C			
Estado Rele	Temperatura °C	Tiempo transcurrido - min:seg	Tiempo Total - min:seg
OFF	31°	00:00	0
ON	32°	00:21	00:21
ON	33°	00:12	00:33
ON	34°	00:11	00:45
ON	35°	00:12	00:57
ON	36°	00:11	01:09
OFF	37°	00:09	01:19
OFF	38°	00:16	01:35
OFF	37°	01:01	02:37
ON	36°	01:06	02:06
OFF	37°	00:09	02:15

Analizando la información de la tabla se evidencia, que la temperatura continúa elevándose aun cuando el relé se encuentra apagado, esto debido a la histéresis térmica en la resistencia. Dado lo anterior es necesario modificar la temperatura en la cual el relé realiza en cambio de estado de ON a OFF, con el fin de la temperatura máxima no supere los 37°C.

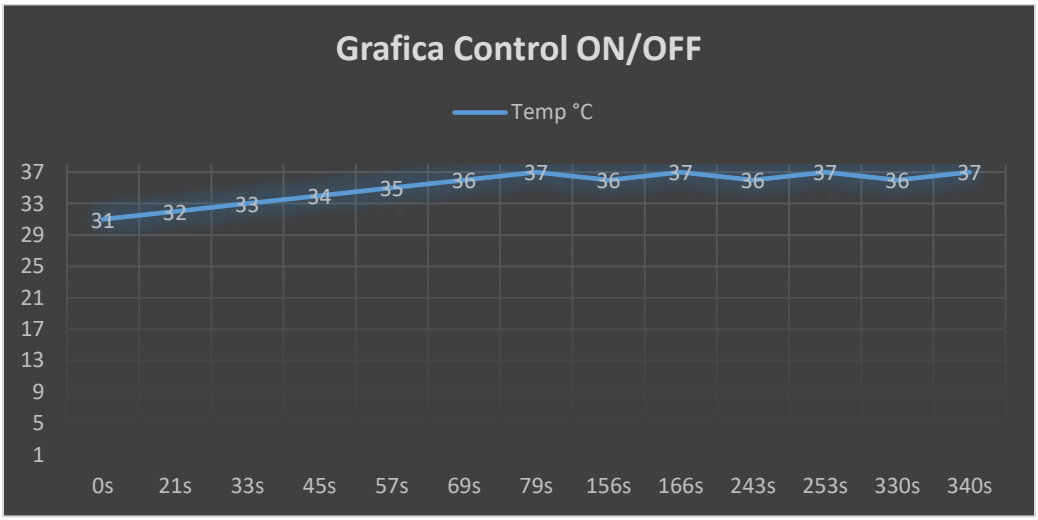
Al realizar ajuste del valor de temperatura con el cual el relé cambiara de estado a 36°C obtenemos los valores de la tabla 4

Tabla 4 Control Temperatura 36°C

Control Temperatura 36°C			
Estado Rele	**Temperatura °C**	**Tiempo transcurrido - min:seg**	**Tiempo Total - min:seg**
OFF	31°	00:00	0
ON	32°	00:21	00:21
ON	33°	00:12	00:33
ON	34°	00:11	00:45
ON	35°	00:12	00:57
OFF	36°	00:11	01:09
OFF	37°	00:10	01:19
ON	36°	01:17	02:36

Con los ajustes realizados se garantiza que la temperatura al interior de la incubadora no superara los 37°C, con base a estos resultados se genera la gráfica de control ilustrada en la figura 33

Figura 33 Control ON-OFF

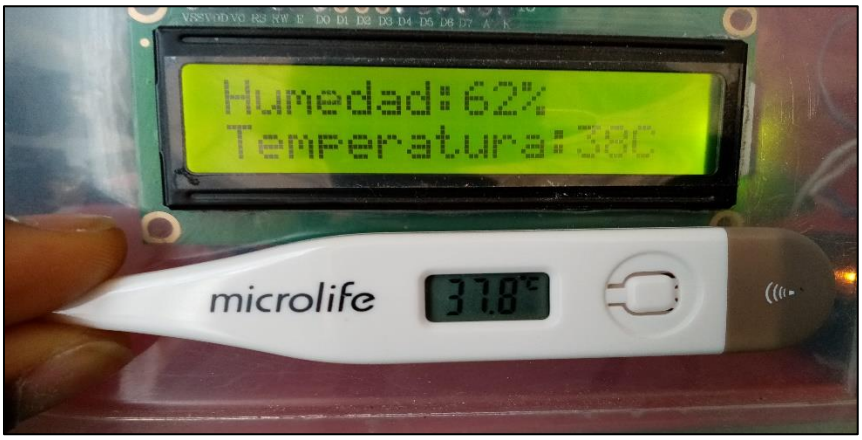


Fuente: propia.

La grafica describe el comportamiento del sistema de control ON-OFF con respecto al tiempo y temperatura, permitiendo apreciar intervalos de encendido y apagado.

Se realiza comparación de los valores de temperatura obtenidos por el sensor DTH11 con un termómetro externo, donde se evidencia una diferencia de 0.2 grados como lo indica la figura 34.

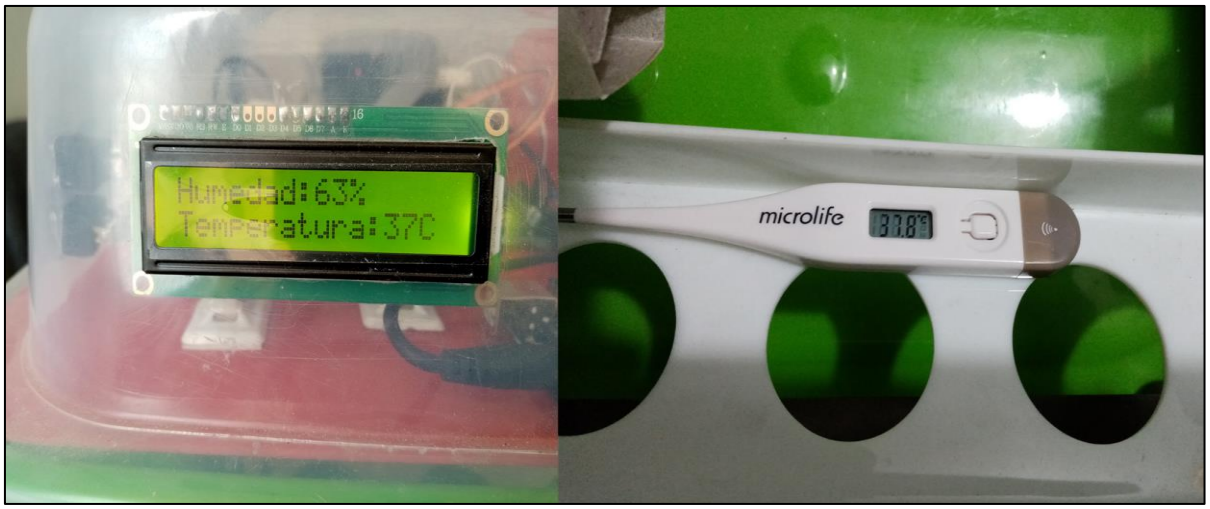
Figura 34 Comparación valores de temperatura



Fuente: propia.

De igual forma se realizan pruebas de medición de temperatura en diferentes lugares del interior de la incubadora donde se identifica la uniformidad en la temperatura realizando comparación entre los valores entregados por el Sensor DTH11 y por el sensor externo, como se ilustra en la figura 35.

Figura 35Comparación temperatura al interior de incubadora



Fuente: propia.

Se identifica que el ventilador encargado de aeración debe de trabajar de forma continua para garantizar que el aire rote al interior de la incubadora y contribuir a la eliminación el error en el nivel de temperatura.

Se realizaron pruebas por intervalo de una hora, donde se deja la incubadora encendida validando que los valores de temperatura y humedad mantienen valores requeridos por la norma para el proceso de incubación. En la figura 33 se ilustra la incubadora con todos los elementos ensamblados.

Figura 36. Prototipo de incubadora de huevos.

Fuente: propia.

11. Costos

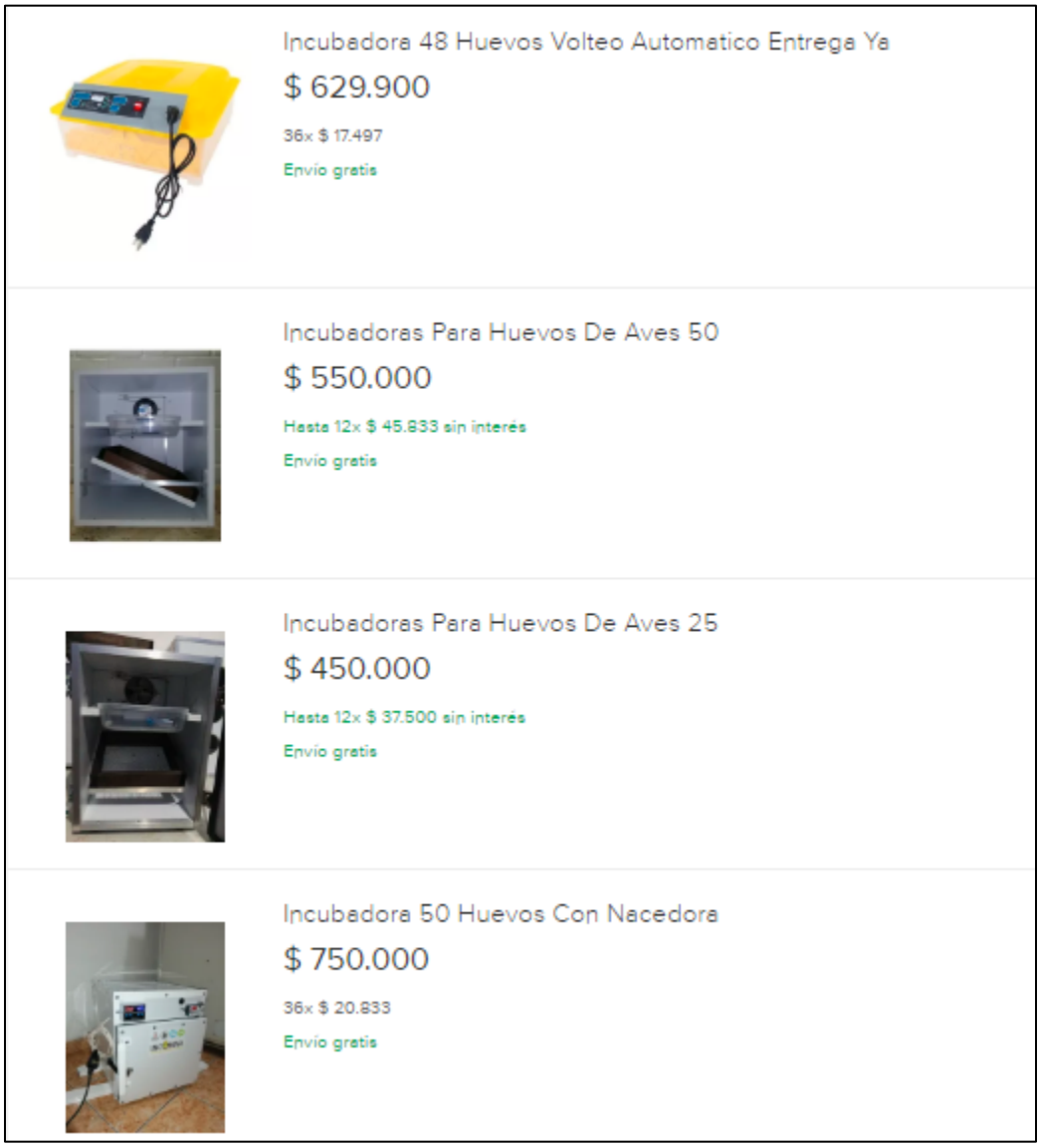
Con la fabricación final de la incubadora se realiza contabilización de costos asociados a los componentes con que se implementó los cuales se ilustran en la tabla 5.

Tabla 5 Costos Prototipo de incubadora de huevos

Costos Fabricación incubadora de huevos		
Ítem	**Descripción**	**Valor**
1	Arduino uno	$ 18,000
2	Sensor dht11	$ 6,500
3	Resistencia secador	$ 15,000
4	Ventilador	$ 8,000
5	Motor ac	$ 13,000
6	Lamina por metro	$ 15,000
7	Baquela	$ 2,000
8	Componentes electrónicos para control	$ 10,000
9	Caja plástica	$ 23,000
10	Cable dúplex	$ 2,000
11	Clavija	$ 500
12	Cable vehícular	$ 2,000
13	Pota huevos	$ 30,000
	Total	$ 145,000

Teniendo en cuenta el valor de la fabricación del prototipo en cuanto a materiales, se realiza consulta en la web de incubadoras encontrando productos con distintos valores los cuales se ilustran en la figura 35. Realizando comparación entre los precios comerciales de las incubadoras y el prototipo encontramos una gran diferencia a favor del prototipo, teniendo en cuenta que este no tiene aplicado el valor de mano de obra.

Figura 37 Valor Comercial incubadora de huevos



Fuente: https://listado.mercadolibre.com.co/animales-mascotas/aves/incubadora-de-huevos

12. Conclusiones

Con respecto al objetivo general propuesto, mediante la tarjeta Arduino, se automatizó, controló e implementó las variables de temperatura, volteo, ventilación y humedad siguiendo las normas recomendadas DIN 12880:2007-05. Adicionalmente, se resolvieron problemas con el control de la temperatura para minimizar las fallas del sistema y la tasa de mortalidad, como se ilustra en la Tabla 3 y 4 Control Temperatura de las pruebas realizadas.

Como resultado de la implementación se ensambla en su totalidad cada etapa para conformar el sistema de incubación artificial. Con relación a las pruebas, la dimensión de la incubadora es la ideal para garantizar que la temperatura favorezca la cantidad de huevos aislados en el sistema mecánico de volteo, para lo cual se realiza la respectiva calibración de los rangos de las variables como se ilustra en la prueba realizada Tabla 2 Control Volteo, para garantizar un buen funcionamiento.

De acuerdo a lo planteado en la caracterización de las variables, se estableció como límite 37°C de temperatura, como se instruye en la tabla 3 control de temperatura y 30° grados de oscilación en el volteo de los huevos cada 24 horas, como se explica en el seguimiento de la tabla 2 control de volteo conservando una humedad relativa y una ventilación constante.

12.1. Trabajos futuros

Para trabajos futuros se recomienda realizar un sistema de comunicación inalámbrica un módulo de comunicación, proporciona conexión a una red WI-FI a un micro controlador y es compatible con Arduino. Para mejorar el control y el monitoreo en caso de presentarse alguna falla.

Realizar una inyección de humedad por medio de la implementación de humidificadores por ultrasonido, permite mantener los valores de humedad óptimos en los espacios cerrados. La tecnología ultrasónica es probada y se aplica cuando se necesita regular la humedad del aire ambiental con máxima precisión.

12.2. Recomendaciones

Para cumplir a cabalidad con la normatividad vigente en fabricación de incubadoras se deben implementar como mínimo 11 puntos de medición, con el objetivo de obtener una temperatura uniforme al interior de la incubadora. Para ello se puede utilizar un sensor DS18B20 el cual utiliza el protocolo 1-Wire, este protocolo necesita solo un pin de datos para comunicarse y permite conectar más de un sensor en el mismo bus.

Con el objeto de disminuir el ruido generado por el motor de la resistencia se recomienda cambiar dicho motor por un extractor de calor similar a los usados en los computadores de escritorio.

13. Referencias Bibliográficas

(s.f.). Obtenido de pablin.com.ar: http://www.pablin.com.ar/electron/circuito/computer/triac220/index.htm

Alonso, L., García, D., & Romero, K. (2006). Una experiencia de pedagogía hospitalaria con niños en edad preescolar. *Revista Educere, 10*(34), 455-462.

Arango, J. L. (2000). Enfermedades respiratorias del recién nacido. En J. A. Correa, J. F. Gómez, & R. Posada, *Fundamentos de pediatría: generalidades* (págs. 463–467). Medellín: Fondo Editorial CIB.

Avilés, C., Ruiz, L. M., Navia, J. A., Rioja, N., & Sanz Rivas, D. (2014). La pericia perceptivo-motriz y cognición en el deporte: del enfoque ecológico y dinámico a la enacción. *Anales de Psicología, 30*(2), 725-737.

Chacón, A. (2011). Liderazgo y educación: hacia una gestión educativa de calidad. *Revista Gestión de la Educación, 1*(2), 144-165.

Colombia. Congreso de la República. (2011). *Ley 1438 de 2011: por medio de la cual se reforma el Sistema General de Seguridad Social en Salud y se dictan otras disposiciones.* Bogotá: Diario Oficial.

Edgar Antonio mariano acosta, É. G. (2010). *: automatización y control de las dos principales variables (temperatura y nivel) en un galpón avícola a escala.* Cali.

embajadores, E. (s.f.). *Triac BTA16*. Obtenido de https://www.electronicaembajadores.com/es/Productos/Detalle/SMTHBTA16B/semiconductores/tiristores-triacs-diacs/triac-bta16-600b-600v-16a-bta16-600bst

Fernando cortes Bárcenas, U. m. (2006). *diseño de máquina incubadora automática de huevo.* durango.

Funez, O. D. (2010). *incubadora de huevos de gallina de corral.* Cancún.

Industrial, J. (s.f.). *RESISTENCIAS CALEFACTORAS*. Obtenido de https://www.jmi.com.mx/literatura/blog/item/6-resistencias-calefactoras.html

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO, I. (1999). *RESOLUCION 3019 DE 1999*. Obtenido de https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion_ica_rica3019.htm

lúcuma, v. M. (2017). *diseño de un prototipo para control de temperatura y humedad para un galpón avícola con monitoreo a distancia.* Cali.

Mercadolibre. (s.f.). *Mercado libre*. Obtenido de https://listado.mercadolibre.com.co/animales-mascotas/aves/incubadora-de-huevos

morales, J. G. (2017). *diseño e implementación de un control de temperatura y humedad para un prototipo de incubadora artificial de pollos.* Cali.

Mosquera, c. l. (2015). *incubadora manejada a través de Arduino.* Bogota.

Mosquera, J. J. (2011). *diseño e implementación de una incubadora de estudio y observación científica para recuperación de especies aviares en vía de extinción.* Cali.

robotics, M. (s.f.). *BTA triac*. Obtenido de https://www.robotics.org.za/BTA16-800V-CW

ronquillo, L. S.-a. (2007). *programación y control de circuitos de una incubadora de huevos de gallina mediante una plataforma de código abierto.* Sierra Juarez.

TodoElectrodo. (s.f.). *TodoElectrodo*. Obtenido de http://todoelectrodo.blogspot.com/2013/02/lcd-16x2.html

Vergara, J. e. (2012). *diseño e implementación de un prototipo de incubadora automatizada para huevos de codorniz.* Cali.