

Implementación del Programa de Control del Cambio Automático del Valor del Punto de Ajuste de las Variables Temperatura y Humedad en la Fase Final de Incubación de Huevos

Edgar Esteban Otero Sierra

Asesora

Diana Victoria Duque

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería ECBTI

Ingeniería Electrónica

Santiago de Cali

2022

En el siguiente documento se estará presentando un proyecto como modalidad de grado para la Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería, en el programa de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, donde se busca realizar la implementación del cambio automático del valor del punto de ajuste de las variables temperatura y humedad en la Fase Final de Incubación de Huevos.

En la actualidad existe en el mercado una gran variedad de incubadoras para huevos, en lo general todas cumplen con las variables necesarias (*control de temperatura, humedad, volteo de huevos y ventilación*), pero con las anteriores variables, no se está garantizando el porcentaje de nacimientos de los pollos si no se tiene un buen comienzo y un buen final en la incubación. El porcentaje de muerte de los pollos al comienzo de la incubación, se debe a la manipulación del huevo antes de esta, y las muertes producida en la etapa final, se debe a problemas de la incubadora, por no cumplirse con los valores de punto de ajuste de las variables temperatura y humedad necesaria en esta etapa, debido a que se tiene que realizar de forma manual, que por descuido o falta de experiencia del operador no lo realiza.

Con el objetivo de mejorar lo anterior, se implementaría un sistema de control del punto de ajuste gradualmente en la etapa final de incubación (*últimos tres días*) de la siguiente manera:

Desde el primer día, ósea día cero **“Día 0”** el equipo empieza hacer control de estas dos variables, donde se tiene la temperatura a un valor de 37,7 °C y la humedad de 55% HR durante las dos primeras etapas (inicio e intermedia) hasta el día 18 **“Día 18”**.

En el día 19 **“Día 19”** se empieza la etapa final, este cambia la temperatura bajándole dos grados Celsius, de 37,7 °C a 35,7 °C para empezar acondicionarla y evitar el choque térmico que genera la muerte de los pollos y sube la humedad de 55% HR a 70% HR para que la cáscara del

huevo sea más blanda y la eclosión sea rápida. En el día 20 “**Día 20**” la temperatura vuelve a 3 bajar otros dos grados Celsius más de 35,7 °C a 33,7 °C y la humedad se mantiene en el mismo valor de 70% HR siguiendo el acondicionamiento requerido para evitar el choque térmico. En el último día “**Día 21**” de la etapa final, nuevamente la temperatura baja dos grados Celsius más de 33,7 °C a 31,7 °C y la humedad se mantiene a 70% HR hasta eclosionar el huevo y garantizar el porcentaje de nacimiento de los pollos. Esta etapa termina cuando la incubadora muestra incubación completa “**Día 22**”.

In the following document, a project will be presented as a degree modality for the School of Basic Sciences, Technology and Engineering, in the electronic engineering program of the National Open and Distance University, where the implementation of the automatic change of the point value the adjustment of the temperature and humidity variables in the Final Phase of Egg Incubation.

Currently there is a wide variety of incubators for eggs on the market, in general all of them comply with the necessary variables (temperature control, humidity, egg turning and ventilation), but with the previous variables, the percentage is not guaranteed hatching of chicks if you don't have a good start and a good finish in incubation. The percentage of death of the chickens at the beginning of the incubation is due to the manipulation of the egg before this, and the deaths produced in the final stage, are due to problems of the incubator, for not complying with the values of point of adjustment of the temperature and humidity variables necessary at this stage, because it has to be done manually, which due to carelessness or lack of experience of the operator does not do it.

In order to improve the above, a set point control system would be implemented gradually in the final stage of incubation (last three days) as follows:

From the first day, that is, day zero “Day 0”, the team begins to control these two variables, where the temperature is at a value of 37.7 °C and the humidity is 55% RH during the first two stages (beginning and intermediate) until the 18th “Day 18”.

On day 19 “Day 19” the final stage begins, this changes the temperature by lowering it two degrees Celsius, from 37.7 °C to 35.7 °C to start conditioning it and avoid the thermal shock that generates the death of the chickens and raise the humidity from 55% RH to 70% RH so that

the egg shell is softer and hatching is faster. On day 20 “Day 20” the temperature drops another 5 two degrees Celsius again from 35.7 °C to 33.7 °C and the humidity remains at the same value of 70% RH following the required conditioning to avoid the thermal shock. On the last day “Day 21” of the final stage, the temperature drops again two degrees Celsius from 33.7 °C to 31.7 °C and the humidity is maintained at 70% RH until the egg hatches and the percentage is guaranteed. of birth of chickens. This stage ends when the incubator shows complete incubation “Day 22”.

Tabla de Conte 6

Lista de Tablas 8

Lista de Figuras 9

Introducción 11

 La Idea Para la Investigación Aplicada 12

 Descripción del Problema 13

 Árbol Causa – Efecto del Problema..... 14

 Árbol Causa – Efecto del Problema Opuesto 15

 Definición del Problema 16

 Pregunta de Investigación e Hipótesis..... 16

Justificación 17

Marco Referencial..... 19

 Marco Conceptual (Definiciones de Palabras Claves)..... 19

 Conceptualización..... 21

Estado del Arte..... 25

Objetivos 36

 Objetivo General..... 36

 Objetivos Específicos..... 36

Metodología CDIO 37

Implementación del Control PI para el Sistema 38

Cronograma..... 44

Recursos 45

Diseño de la Solución 46

	7
Especificaciones Técnicas	46
Planos Electrico y Electrónico	53
Diagrama de Flujo.....	54
Explicación Detallada del Funcionamiento de la Solución Implementada	55
Enlace Video Explicación del Funcionamiento de la Incubadora	56
Plan de Mejoras a Corto y Mediano Plazo.....	57
Plan de Mantenimiento	57
Plan de Mantenimiento Autónomo	57
Plan de Mantenimiento Predictivo	58
Plan de Mantenimiento Preventivo	58
Plan de Mantenimiento Correctivo	58
Resultado.....	59
Conclusiones.....	62
Referencias.....	63
Anexos	69
Anexo 1. Algoritmos.....	69

Lista de Tablas

8

Tabla 1. Periodo de Incubación Promedio de Especie.....	22
Tabla 2. Resumen Analítico Especializado 1.....	25
Tabla 3. Resumen Analítico Especializado 2.....	27
Tabla 4. Resumen Analítico Especializado 3.....	30
Tabla 5. Resumen Analítico Especializado 4.....	33
Tabla 6. Resumen Analítico Especializado 5.....	34
Tabla 7. Cronograma de Actividades.....	44
Table 8. Definir el Presupuesto Necesario para la Implementación de la Solución.....	45
Table 9. Validación de las medidas de temperatura y humedad últimos 4 días.....	61

Lista de Figuras

9

Figura 1. Árbol Causa – Efecto del Problema.....	14
Figura 2. Árbol Causa – Efecto del Problema Opuesto.....	15
Figura 3. Imagen de la Curva Característica Realizada en Excel.....	39
Figura 4. Imagen de Herramienta Matlab Función de Transferencia.....	39
Figura 5. Imagen de Herramienta Matlab Curva.....	40
Figura 6. Imagen de Herramienta Matlab Parámetros de Sintonía.....	41
Figura 7. Imagen de Herramienta Matlab Simulink.....	41
Figura 8. Imagen del Programa Arduino.....	42
Figura 9. Elementos del Sistema para el Funcionamiento de la Incubadora.....	43
Figura 10. Nevera de Icopor de 40 Litros.....	46
Figura 11. Sensor DHT22.....	46
Figura 12. Tarjeta Arduino Uno.....	47
Figura 13. Bombillo de 40 w Luz Amarilla.....	47
Figura 14. Ventilador de 24 VDC 80mm x 80mm x 25mm.....	48
Figura 15. Display 1602 Para Arduino.....	49
Figura 16. Relé de 5V con Transistor y Led.....	49
Figura 17. Micro Servo SG 90.....	50
Figura 18. Reloj Tiempo Real RTC DS 1302.....	50
Figura 19. Humidificador Ultrasónico Incubadora Cabezal.....	51
Figura 20. Dimmer Digital TRIAC BTA312 Sutagao para Arduino.....	52
Figura 21. Plano Eléctrico y Electrónico.....	53
Figura 22. Diagrama de Flujo.....	54

Figura 23. Estructura de la Incubadora de Huevo con el Programa Arduino.....	59
Figura 24. Patrón Usado para la Validación.....	61

Introducción

En el siguiente trabajo, se estará presentando el reconocimiento del Sentido de la Investigación Aplicada, para mostrar la idea formulada refiriéndose a una incubadora artificial de huevos.

Se estará presentando la descripción del problema de la idea formulada, seguido del árbol de causa – efecto con su respectivo árbol de causa – efecto opuesto, además, la definición del problema presentado y su justificación.

También, se estará presentando el marco referencial, el marco conceptual que abarca el tema y el estado del arte donde para esto, se presenta cinco RAE explicándose en la parte final la importancia que aportó cada uno, se estará presentando los objetivos, el general y los específicos, seguido del cronograma de actividades y recursos de inversión en él proyecto.

Para el diseño de la solución se estará presentando las características específicas de los dispositivos utilizados para la realización del proyecto, el plano eléctrico y electrónico del mismo, el código o programa que tendrá el control de la incubadora en el anexo 1.

Con la implementación de la solución, se estará explicando el funcionamiento del sistema y se complementa con un video donde se comparte el enlace. Y por último, se estará mostrando unos planes de mejora en corto y mediano plazo y las diferentes clases de mantenimiento para él sistema.

Incubadora Artificial de Huevos

Esta incubadora, está formada de dos compartimientos, el primero donde se encuentra toda la parte eléctrica y electrónica del equipo, en esta se encuentra la tarjeta Arduino que lleva el programa de control del sistema, y la segunda parte donde está la cámara de incubación de los huevos, en esta última, se controlan las variables de humedad, temperatura, ventilación y volteo de huevos.

El funcionamiento consta de un ventilador que recircula el aire interno en la recámara, haciéndolo pasar por un bombillo calefactor para garantizar la homogeneidad de la temperatura en toda la cámara. Este aire caliente se esparce en toda la cámara de alojamiento de los huevos para brindarle la temperatura requerida mediante un control de temperatura PI que recibe la señal del sensor de temperatura que se encuentra ubicado en la bandeja de volteo de huevos.

La humedad, es también manipulada por un control ON -OFF, regulando el encendido y apagado de un humidificador sumergido en agua, generando el ambiente requerido en la cámara del sistema, brindando la humedad ideal y cantidad de oxígeno para la incubación.

El programa también, hace control del volteo de huevos mediante un micro servo instalado en el eje de la bandeja haciéndolo girar a 45° cada dos horas para evitar que la cáscara se pegue en el embrión.

La ventilación, impulsada por el ventilador de la cámara, se hace de forma permanente hasta terminar la incubación.

En la actualidad existe en el mercado una gran variedad de incubadoras para huevos, en lo general todas cumplen con las variables necesarias (control de temperatura, humedad, volteo de huevos y ventilación), pero con las anteriores variables, no se está garantizando el porcentaje de nacimientos de los pollos si no se tiene “un buen comienzo y un buen final”. (Steve Tullett, 2010, p. 4).

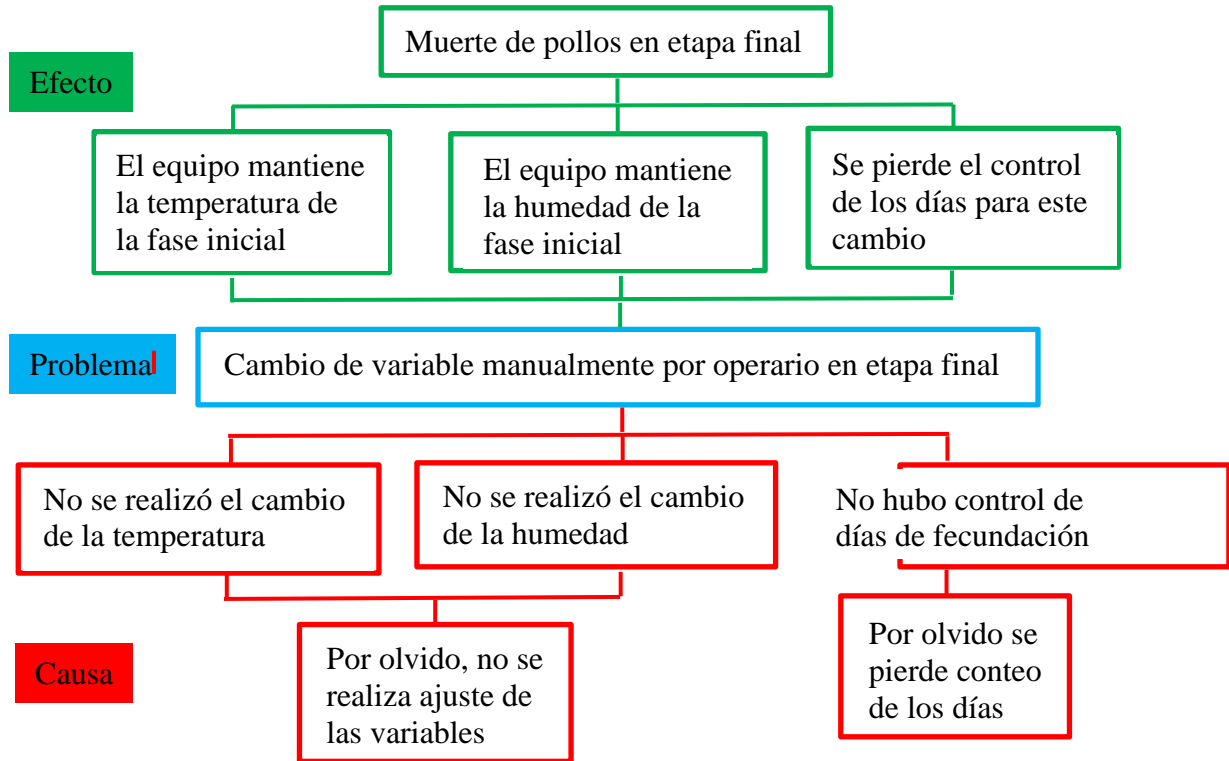
Tullett (2010), informa que el porcentaje de muerte de los pollos al comienzo de la incubación, se debe a la manipulación del huevo antes de esta, y que las muertes producidas en la etapa final se deben a problema de equipos, (P. 5).

En los grupos de investigación de la Escuela de Ciencias Básicas Tecnologías e Ingeniería (ECBTI), en intereses en ingeniería e investigación (Cadena de Información en Electrónica, Telecomunicaciones y Redes), en la línea de investigación y áreas temáticas (Automatización y herramientas lógicas) en los grupos de investigación de Pasto (Davinci y Biotics), en relación con la automatización, ellos trabajan para mejorar la etapa final de incubación de los huevos.

Para esto, se propone a realizar un Árbol de Causa – Efecto planteando como el problema “Cambio de variable manualmente por operario en etapa final”.

Figura 1

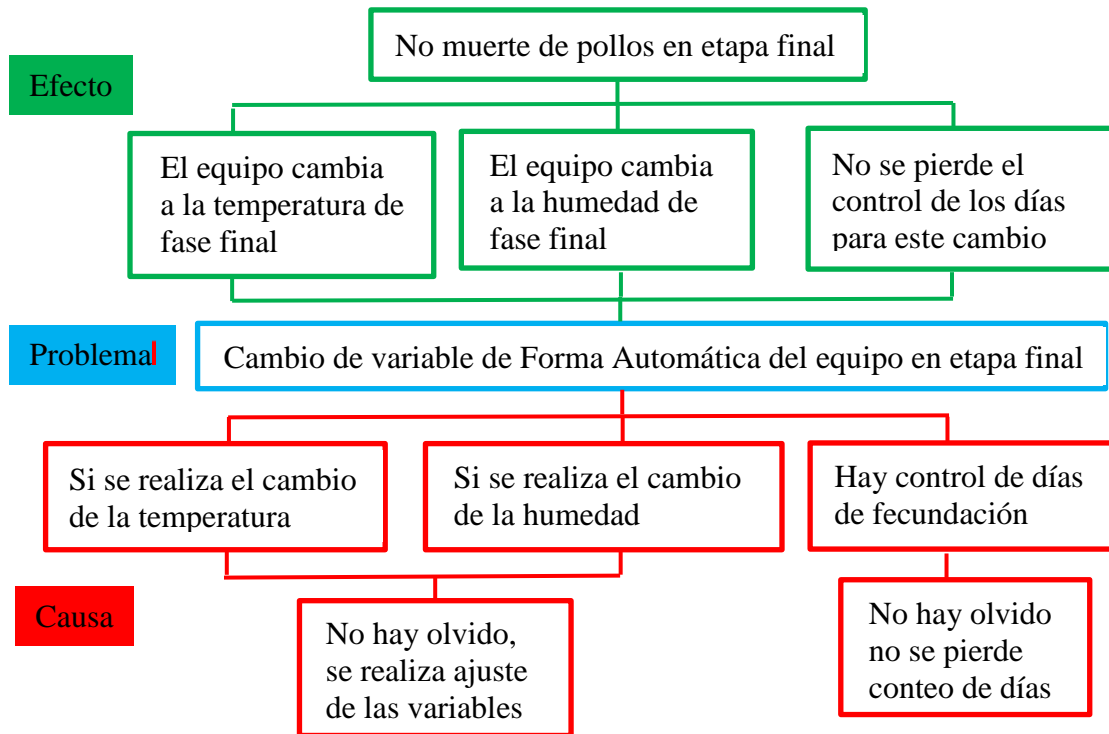
Árbol Causa – Efecto del Problema



Nota. Este es el árbol causa – efecto realizado a la falta de control en la etapa final de incubación de huevos. Adaptada por. Otero E, 2021, Árbol de causa-efecto falta de control en la etapa final de incubación [Gráfico]. Elaboración propia

Figura 2

Árbol Causa – Efecto del Problema Opuesto



Nota. Este es el árbol causa – efecto opuesto realizado a la falta de control en la etapa final de incubación de huevos. Adaptada por. Otero E, 2021, Árbol de causa-efecto opuesto hay control en la etapa final de incubación [Gráfico]. Elaboración propia

Por falta de adaptación al control de las variables en la etapa final de incubación de huevos, en los equipos de incubadora actualmente, en el periodo final de incubación, el control no hace cambio de las variables de temperatura, humedad, debido a que este control de las variables se deben realizar el cambio del valor de consigna en la etapa final manualmente por un operario y este debe llevar el conteo de días calendario, y si el operario, obvia estos pasos se produce muerte de los pollos en la etapa final de incubación.

Finalmente, Tullett (2010), muestra una gráfica de porcentaje de pérdida embrionaria en la etapa final de incubación aproximadamente del 0.1% entre los 18 y 21 días teniendo unas pautas normales, (p. 5).

Sin embargo, haciendo consultas del tema en foros, se nota que el porcentaje de pérdidas embrionaria para muchos usuarios de poca experiencia en fecundación de huevos es más elevado oscila entre 15% y 40%. (Foro Avicultura, 2003).

Pregunta de Investigación

¿Cómo se puede reducir la muerte embrionaria en la etapa final de incubación de huevos?

Hipótesis

Se puede implementar con tecnología Arduino un programa que administre o gestione la etapa final de incubación de huevos

En el mercado actual, ya existen muchas incubadoras de huevos que controlan las variables básicas, pero se sigue teniendo muchas pérdidas embrionarias en la etapa final, debido a que no se tiene en cuenta los valores de ajuste necesarios a las variables de control de temperatura y humedad en esta etapa.

Un empresario con experiencia, requiere que sus equipos de incubación, sean lo más confiable y productivo, con la realización de que la etapa final sea controlada las variables de temperatura y humedad de forma autónoma y que no dependa de la manipulación de un operario es garantía para él, y que se va cumplir las condiciones ideales y necesarias para aumentar el porcentaje de nacimiento de pollo.

Para un empresario sin experiencia, la incubadora también estaría garantizando su confiabilidad y producción, realizando de forma autónoma de cumplir las condiciones requeridas para la etapa final y aumentar el porcentaje de nacimiento de pollos.

Por eso se propone, para esta etapa final de incubación, construir un programa de control de los valores de ajustes de las variables temperatura y humedad de forma autónoma, para llevar a que los equipos de incubación, en la etapa final, entreguen las condiciones ambientales ideales desde el día 19 que es el primer día de la etapa final, esto traerá beneficio al empresario antiguo y al empresario nuevo, ya que solo sería darle arranque a la incubadora y los ajustes sería de forma autónoma.

Para la implementación del programa, se selecciona la tecnología Arduino, porque entra a jugar el tema de los costos y forma de programación, aunque el PLC es una herramienta de automatización robusta para cualquier automatización, pero, este comparándolo con la tecnología Arduino, es más costoso y su programación requiere de software con licencias costosas, mientras

que en la tecnología Arduino es gratis y se puede realizar de igual manera el programa de automatización requerido.

Marco Conceptual (Definición de palabras claves)

Automatización

La automatización, como su nombre lo indica, es poder hacer que algo se controle de manera autónoma o semi autónoma. Generalmente para lograrlo se necesita la ayuda de cinco elementos, ya sea creados por los seres humanos o provenientes de la naturaleza (mecánico, hidráulico, neumático, eléctrico, electrónico analógico o digital), que dependerán del presupuesto para automatizar, por razones lógicas de seguridad y rendimiento del mismo. (Mecanización y automatización de la industria en: *The Man Made World, 1970, p.301*).

Incubación

La incubación es el acto por el que los animales ovíparos (sobre todo las aves) empollan o incuban los huevos sentándose sobre ellos para mantenerlos calientes y así se puedan desarrollar los embriones. En la mayoría de las especies de aves, la temperatura necesaria para la incubación se produce por el calor corporal del progenitor empollador. (David McDonald, 17 de octubre de 1997).

Set Point (Punto de Ajuste)

Según, Achterbergh, J. Vriens, D, En cibernética y teoría de control (2010) , un punto de ajuste es el valor deseado u objetivo para una variable esencial o valor de proceso de un sistema. La desviación de dicha variable de su punto de ajuste es una base para la regulación con control de errores utilizando retroalimentación negativa para el control automático. El punto de ajuste generalmente se abrevia como Set Point (SP), y el valor de proceso generalmente se abrevia como variable del proceso (PV).

La eclosión es el momento en que las crías de diversos animales comienzan a salir de su huevo o capullo una vez que han alcanzado el máximo nivel de su desarrollo y están listos para nacer. (Ciencias Naturales 6. Estrada. Sexto Grado de Educación Primaria. pp. 68-69)

Arduino

Es una plataforma de creación de electrónica de código abierto, la cual está basada en hardware y software libre, flexible y fácil de utilizar para los creadores y desarrolladores. Para poder entender este concepto, primero vas a tener que entender los conceptos de hardware libre y el software libre. El hardware libre son los dispositivos cuyas especificaciones y diagramas son de acceso público, de manera que cualquiera puede replicarlos. El software libre son los programas informáticos cuyo código es accesible por cualquiera para que quien quiera pueda utilizarlo y modificarlo. (Yúbal Fernández, 03 de agosto de 2020).

Micro servo

Es un servo miniatura de reducidas dimensiones, bajo consumo y muy económico. Estas características lo convierten en el servo ideal para prácticas educativas de electrónica y robótica. También se usa habitualmente en sistemas de auto nivelado de impresoras RepRap. Se escoge el SG 90, porque es compatible con el control de la tarjeta Arduino y cumple con la función requerida. (Iberobotics, 2021)

Sensor DHT22

Es un sensor digital de temperatura y humedad relativa de bajo costo y fácil uso. Integra un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante, y muestra los datos mediante una señal digital en el pin de datos. Lo seleccioné porque es compatible con el

control de la tarjeta Arduino y es utilizado para control de ambientes con mejor precisión que el DHT11. (NayLamp, 2021).

Control PID y On-Off

El control PID proporciona una variación continua de la salida dentro de un mecanismo de retroalimentación de bucle de control para controlar con precisión el proceso, eliminando la oscilación y aumentando la eficiencia. (West, 2017).

Mientras que el control On-Off, también llamado Todo o Nada, usa un algoritmo simple para solamente revisa si la variable de proceso está por encima o por debajo de un setpoint determinado. (Instrumentación y Control, 2019).

Conceptualización

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 temperatura adecuada se juzgaba al colocar un huevo incubado en la órbita del ojo de una persona para hacer una determinación precisa. Wright et al. (2010).

Los periodos de incubación varían con respecto a las diferentes especies de aves. En general, mientras más grande sea el huevo, mayor será el periodo de incubación. Sin embargo, hay diferencias individuales. El periodo de incubación puede también variar con la temperatura y la humedad dentro de la incubadora. Los periodos de incubación promedio de algunas especies son:

Periodos de incubación promedio de especies.

<i>Especie</i>	<i>Periodo de incubación</i>
Pollo	21 días
Pavo	28 días
Gallineta	27 días
Avestruz	42 días
Pato	28 días
Pavorreal	29 días
Codorniz	23 días

Elaboración propia

Los parámetros en la incubación artificial de huevos, como la temperatura, la humedad, la ventilación y el volteo de huevos son los cuatro parámetros fundamentales en la incubación artificial.

El nivel óptimo de temperatura en el transcurso de la incubación en el caso de las gallinas es de 37,7 °C, mientras que en el tramo final del proceso (últimos tres días) es necesario disminuir la temperatura. La regulación de la temperatura es de vital importancia durante la incubación, ya que las variaciones, incluso mínimas de temperatura pueden disminuir el porcentaje de éxito, causar deformaciones graves e incluso la muerte en el embrión. Para una incubación mixta, de huevos grandes y pequeños a la vez, la temperatura adecuada es 37,7 °C. Finca Casarejo, (2019).

Los niveles óptimos de humedad oscilan entre el 40% y el 50%, mientras que, en el último tramo del periodo de incubación, cuando el huevo ha agotado todas sus reservas de agua, se debe subir la humedad hasta el 65% para reblandecer las membranas y facilitar la eclosión del pollito. Durante la incubación, cada huevo debe perder peso, una pérdida de peso que debe ser continua y situarse entre el 15% y el 20%. Para controlar los niveles de humedad,

sobre todo si incubamos huevos de gran valor como los de halcón como por ejemplo, podemos²³ utilizar una balanza para pesar huevos y comprobar si la pérdida de peso va acorde con los días de incubación. Finca Casarejo, (2019).

La ventilación del aire es un aspecto indispensable, sobre todo, cuando los embriones llegan a la última fase de su desarrollo. El aire que circula por el interior de la incubadora proporciona el calor y humedad necesarios para el desarrollo del huevo, por lo que para asegurar una circulación de aire eficiente se requiere mantener la incubadora ventilada y que el aire interior se renueve periódicamente. La cáscara del huevo es porosa y al embrión le entrará el aire y el oxígeno a través de los poros. Por tanto, hay que tener en cuenta que según el embrión se va desarrollando y aumentando de tamaño dentro del huevo, va a ir requiriendo cada vez más cantidad de oxígeno para respirar. Es muy importante abrir la ventilación de la incubadora al máximo durante los últimos días de incubación. Finca Casarejo, (2019).

En el volteo, las gallinas cuando están incubando en el nido, voltean y mueven sus huevos con bastante frecuencia. El volteo de los huevos es imprescindible, desde que los huevos se introducen en la incubadora hasta dos o tres días antes de que el pollito vaya a eclosionar, para que el desarrollo de los embriones se efectúe con total normalidad. Por tanto, durante la incubación artificial, este procedimiento debe imitarse haciendo uso de los dispositivos mecánicos de que dispone la incubadora. Finca Casarejo, (2019).

Después de hacer una gran investigación de muchas incubadoras de diferentes marcas en el mercado de última tecnología, hemos encontrado que las variables de temperatura y humedad, no realizan el cambio automático de los puntos de ajustes de temperatura y humedad en los tres últimos días, que es de mucha importancia para la vida de los embriones de pollo.

Tullett (2010), informa que el porcentaje de muerte de los pollos al comienzo de la incubación, se debe a la manipulación del huevo antes de esta, y que las muertes producida en la etapa final se debe a problema de equipos, (P. 5). Pero sin embargo se dice que la perdida está entre 15 % y 40 %. (Foro Avicultura, 2003). 24

Tabla 2.*Resumen analítico especializado 1***Resumen analítico especializado 1**

1. Título.	Desarrollo de un Equipo Inteligente para Controlar los Parámetros de Gestación en Huevos de Aves de Corral
2. Autor:	Jara Carrión, Christian Alberto
3. Edición	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo Carrera de Ingeniería Electrónica en Control y Automatismo
4. Fecha	22 de marzo 2019
5. Palabras Claves,	Incubación, Incubadora, Control, Humedad, Temperatura, Volteo, Ventilación, Automatización, Huevo
6. Descripción.	El trabajo de grado, habla sobre la automatización de un equipo para el control de los parámetros de la gestación de huevo artificialmente, Se habla sobre el control de las variables temperatura, humedad, flujo de aire y volteo de bajo costo.
7. Fuentes.	En este documento, se usaron 75 referencias bibliográfica que ayudaron para elaborar el proyecto de grado.
8. Contenidos.	Hay varios factores importantes en la técnica de la incubación artificial ya que es un compartimento en el cual la humedad, ventilación, temperatura y rotación se controlan con el fin de que el porcentaje de crecimiento sea favorable. Existen varias máquinas diseñadas ya sean manuales, semiautomáticas o automatizadas por completo, el calor requerido generalmente es proporcionado por carbón, aceite, gas o electricidad. Para este prototipo se va a crear un ambiente en el que la humedad relativa estará en un 58% y la temperatura se mantiene a 120° F (37 a 38° C) hasta el décimo octavo día en la cual la temperatura baja hasta 96° F (36° C) y la humedad sube hasta un 68 % hasta que el polluelo nace. El proyecto consiste en el montaje de una incubadora para huevos de gallina a partir de algunos elementos reciclados y otros de bajo costo; en donde los parámetros eficientes de operación como la humedad, la temperatura y el movimiento son controlados de manera autónoma por una unidad de control de código abierto: la placa Arduino DUE. El propósito de este proyecto es obtener un prototipo de muy bajo costo y durable, para que con el paso del tiempo la inversión en su desarrollo y operación sea rentable. Para la implementación de esta incubadora en particular, la compra de materiales no es necesaria en la gran

mayoría, sino que 8 están disponibles a la mano o se encuentran en los desechos, unos pocos en el mercado ferretero.

Una incubadora es una máquina en la cual colocamos los huevos puestos por nuestras aves y al cabo de un cierto número de días tiene lugar el nacimiento de los polluelos. El número de días depende de cada especie de aves. Para el correcto desarrollo del embrión dentro de la incubadora, es necesario que se den una serie de parámetros dentro de ella. Los parámetros se corresponden con una determinada temperatura, humedad, ventilación y 18 volteo de los huevos durante el desarrollo del embrión. La especie de aves de la cual vamos a incubar los huevos determina los parámetros que debemos programar en la incubadora.

La incubación de huevos mediante máquinas incubadoras que brindan un medio ambiente adecuado y controlado para que se desarrollen las crías de aves. En el caso de las gallinas el período promedio de incubación de los polluelos es de 21 días, pero ello depende de la temperatura y humedad en la incubadora. La regulación de la temperatura es el factor crítico para una incubación exitosa. Apartamientos en más de 1°C de la temperatura óptima de 37.5 °C hace que disminuya la tasa de producción de polluelos. La humedad también es importante ya que la velocidad con la cual los huevos pierden agua por evaporación depende de cuál es la humedad relativa del ambiente. La magnitud de la evaporación se puede determinar mirando el huevo a trasluz con una vela, para observar el tamaño del saco de aire, o pesando el huevo para observar las variaciones de su peso.

Para este proyecto de grado, se usó una participación investigativa sobre el tema de gestión de huevos e incubación artificial.

9. Metodología.

10. Conclusiones.

El diseño del equipo de incubación artificial garantiza el funcionamiento de los sistemas que proporcionan el control de los parámetros deseados dentro de la cámara de incubación que demanda el desarrollo embrionario del huevo de gallina lo más inteligente posible, que genera una interacción práctica entre usuario-equipos y equipo-entorno.

Una vez desarrollado el algoritmo de programación se obtuvo un control de temperatura, humedad y rotación de

los huevos a 45°. Para calibrar el control PID se tuvo que operar con un modelo matemático.

11. Autor del RAE. Edgar Esteban Otero Sierra

Importancia de la Investigación Consultada Este proyecto de grado investigado, es de mucha importancia para mi trabajo de proyecto ya que me confirma para seguir trabajando en la idea planteada.

Elaboración Propia

Tabla 3.

Resumen analítico especializado 2

Resumen analítico especializado 2

- | | |
|----------------------------|---|
| 1. Título. | Desarrollo y caracterización de material compuesto matriz yeso para incubadora de huevos de ave de corral energéticamente sustentable para zonas marginadas del estado de Campeche |
| 2. Autor: | Ramón Sarao Calderón |
| 3. Edición | Universidad Tecnológica de Campeche |
| 4. Fecha | 2017 |
| 5. Palabras Claves, | Construcción, materiales, diseño, incubadora, humidificación, calentamiento, ventilación, volteo. |
| 6. Descripción. | La tesis, comenta sobre la construcción de una incubadora con material de yeso para zonas marginadas. |
| 7. Fuentes. | En este documento, se usaron 34 referencias bibliográfica que ayudaron para elaborar el proyecto de tesis. |
| 8. Contenidos. | Actualmente en el uso de incubadoras de huevos han surgido muchos cambios e innovación, tales como la introducción del monitoreo por computadora y el control de las máquinas, así como la automatización de muchas operaciones diarias de la incubadora, a causa de ello ha excedido el precio de estas y ha provocado que sea muy difícil la obtención por parte de las personas en las zonas rurales. Este manual establece el procedimiento para hacer una incubadora para huevo de gallina.
Como primera fase se debe saber qué es lo que se quiere hacer, en este caso la incubadora, pero es necesario tener un diseño de cómo lo queremos y los materiales necesarios para su realización, así como la cantidad de huevo que desea incubar.
Segundo después de tener el diseño y el listado de materiales se procede a cortar la madera triplay con las siguientes medidas: 69 X 68 X 45 cm teniendo las mediadas |

especificadas, se procede al armado de la base con triplay de la incubadora.

Con unos moldes, se prepara la mezcla de yeso, aserrín, yute y fibra de coco, para establecer las paredes laterales, inferiores, superiores y posteriores.

Ya después de secar las losas, se procede a ensamblarse a la base de madera, para la posterior instalación de los elementos de la incubadora por el interior.

Se adapta el motor de 120 V, SM12 para controlar el movimiento de la base de los huevos cada 8 horas en movimientos de 45°.

Se adapta la base para contener los huevos en la incubadora con ayuda de una varilla.

Se adaptan los ventiladores en los laterales de la incubadora, en este caso se tendría que abrir un orificio de acuerdo a las medidas de los ventiladores.

Se coloca el termostato a un costado del ventilador.

Se procede a colocar los soques para enroscar los focos.

Se conecta el dimmer.

Se procede a hacer los arreglos en las instalaciones eléctricas.

Se atornillan unas bisagras para la adaptar la puerta.

Para hacer el cierre y que no tenga perdida de calor en la puerta se coloca una cinta de silicón especial similar como la que encontramos en la puerta del refrigerador para cerrarse.

Se colocan unas cerraduras para que la puerta este fija y no exista el riesgo de abrirse.

Se mantiene cerrada la incubadora y se protegen las partes como son el ventilador, el dimmer, el termostato y los cables de la instalación, para proceder con el pintado superficial de la incubadora y tener una vista estética.

Se procede a hacer pruebas

Sistema de Movimiento: Es necesario que el huevo sea conservado en la posición correcta durante la incubación y voltearlo regularmente. Es por ello que este sistema como las demás es de gran importancia, según la información recabada es verídico y necesario que los huevos que pasen la prueba y estén en el proceso de incubación, presenten cierto movimiento cada determinado tiempo; en este caso este sistema tiene su función cada 8 horas para mover los huevos en 45° de la izquierdo y derecho, esto es para que la yema de huevo no se pegue en el cascaron y no provoque una deformación en el embrión.

Sistema de Humidificación: De manera constante es necesario que sea verificado el nivel de humedad dentro de

la incubadora ya que la humedad relativa abajo del 40 % y arriba del 80 %, provoca: la alta humedad relativa acelera y la humedad baja retarda el desarrollo del embrión, por ello se establece una charola de aluminio en la parte inferior de la incubadora que mantendrá la humedad especificada del sistema.

Sistema de Calentamiento: Se lleva a cabo mediante el uso de focos de 100 watts, manteniendo una temperatura relativa entre los 35°C y 40° C. Distribuido por los ventiladores instalados, esta es la parte más importante 39 de la incubadora ya que establecerá la temperatura idónea para el desarrollo embrionario del pollo, este sistema estará monitoreado con un termómetro ambiental y con ayuda de un termostato establecerá la temperatura sin hacerle falta y que no sobrepase la temperatura establecida, el cual cuando llegue a los 39° o 40° se apagaran los focos y cuando este por los límites de los 36° o 35° encenderán los focos, este es el funcionamiento del sistema de calentamiento.

Sistema de Ventilación: Es importante el paso libre de aire a través de los poros del cascarón y sus membranas; el embrión en desarrollo debe tener un aporte constante de oxígeno y eliminar el bióxido de carbono y humedad, como bien sabemos los huevos respiran es por ello que se establece este sistema, de igual manera gracias a este sistema se establece la distribución de la temperatura por todo el interior de la incubadora.

9. Metodología.

Para este proyecto de tesis, se usó una participación investigativa sobre el tema de gestión de huevos y construcción de una incubadora con yeso.

10. Conclusiones.

Los ensayos para la determinación de las propiedades físico mecánicas, se deben realizar según los procedimientos y normativas establecidas por ASTM e ISO.

La calidad de los resultados de los ensayos de laboratorio a través de su reproducibilidad y repetitividad se realizan según el procedimiento descrito en acápite 2.5 y las Normativas ASTM E122 y ASTM E23.

Las formulaciones ensayadas presentaron propiedades mecánicas muy similares a las reportadas por la literatura especializada para materiales compuestos base yeso y superiores

Se demostró que la sustitución que la fibra de coco y la fibra de yute disminuyen considerablemente el coeficiente de conductividad térmica. 5. La determinación de la ecuación que permite evaluar cada propiedad permite determinar cada una de estas para cualquier porcentaje de fibra de refuerzo que se utilizó en las formulaciones.

11. Autor del RAE.	Edgar Esteban Otero Sierra
Importancia de la Investigación Consultada	Este proyecto de grado investigado, es de mucha importancia para mi trabajo de proyecto, ya que me da la idea para la construcción de la incubadora parte estructura
Elaboración Propia	

Tabla 4.

Resumen analítico especializado 3

Resumen analítico especializado 3	
1. Título.	Las Mejores Incubadoras de Huevos 2018
2. Autor:	Javier y Pablo Pozuelo Parrado
3. Edición	FerreterGuía
4. Fecha	2018
5. Palabras Claves,	Incubadora, Precios, Funciona, Huevos, Capacidad, Rango, Temperatura, Sensibilidad.
6. Descripción.	Guía en la página Web, comenta sobre las mejores incubadoras del año 2018 y sus precios.
7. Fuentes.	N/A
8. Contenidos.	<p>La siguiente incubadora de huevos recomendada es la RIDGEYARD, un modelo algo más profesional que las anteriores.</p> <p>Es una incubadora que tiene capacidad para 56 huevos grandes y que automatiza absolutamente todo el proceso. Además de monitorizar la temperatura y la humedad constantemente, voltea los huevos automáticamente para que no tengamos que hacer nada.</p> <p>Dispone de un contador de días que nos indicará los días que restan para que la incubación esté completa.</p> <p>Algo que nos ha gustado mucho de este modelo es que permite ajustar la temperatura de 0.1 en 0.1°C, algo que no se ve en todos los modelos. Por último, mencionar que también dispone de ventilación para que el oxígeno se regenere constantemente.</p> <p>En último lugar hablaremos de una incubadora de huevos profesional WILTEC, ya que tiene una capacidad de 112 huevos. Si lo que estás buscando es una incubadora que funcione de forma totalmente automática, este es uno de los mejores modelos que hemos encontrado. Dispone de termostato regulable entre 30 y 39,5°C, rango más que suficiente para el nidaje de la mayoría de especies avícolas. El volteo o giro de los huevos es totalmente automático y es un modelo preparado para huevos de gallina, aves de corral, codorniz o reptiles. Un aspecto que nos gusta mucho es que tiene una pantalla digital en la que podemos ver, entre otras cosas, el tiempo de incubación restante, los intervalos de volteo de los huevos, la temperatura o la</p>

humedad. Dispone de un ventilador de 140 mm que nos garantiza que el aire se renueva constantemente sin que la temperatura se vea afectada. Además, cuenta con alarmas que nos avisarán si algo no está funcionando correctamente. El funcionamiento, la incubación de huevo de gallina es un proceso naturalmente lento, que requiere su tiempo y de una serie de condiciones. Una incubadora es un recipiente que contiene varios huecos para depositar los huevos. En función del número de huevos que pueda almacenar, la incubadora de huevos tendrá mayor o menor capacidad. Por regla general, las incubadoras domésticas o caseras no son demasiado grandes, y están preparadas para incubar hasta 10 huevos al mismo tiempo aproximadamente. En cuanto al proceso de incubación, hay una parte que podemos automatizar mediante este tipo de aparatos: la de mantener las condiciones de temperatura, humedad y oxigenación que los huevos necesitan para incubarse correctamente. Dependiendo de la especie avícola que queramos incubar, el periodo de incubación, la temperatura, la humedad y otros factores serán totalmente diferentes. Por ejemplo, en el caso de los pollos, debe mantenerse una temperatura de 37,7°C, una humedad de entre el 85 y 87% y un periodo de incubación de 21 días. Además, cuando hablábamos de una parte que podemos automatizar, lo decíamos porque hay otra parte que deberemos hacer nosotros de forma manual. Cada cierto tiempo es muy importante voltear los huevos para que el pollito se pueda desarrollar correctamente. En la mayoría de los casos hay que voltear los huevos entre 4 y 6 veces al día, dejándolos sin voltear los tres últimos días. En definitiva, el funcionamiento de una incubadora de huevos es muy sencillo: mantener las mejores condiciones posibles para el correcto desarrollo de las crías.

En cuanto en Capacidad, para el ámbito doméstico podemos encontrar diferentes tipos de incubadoras con capacidad para mayor o menor cantidad de huevos. En este sentido, los modelos más económicos tienen capacidades que pueden variar entre los 9 y los 15 huevos, mientras que, si buscamos modelos algo más sofisticados, pueden llegar a superar los 50 huevos de capacidad.

En cuanto a la temperatura es uno de los aspectos fundamentales para que la cría de aves sea todo un éxito. En este sentido, a la hora de comprar una incubadora de huevos has de tener en cuenta el rango de temperaturas en el que la incubadora puede funcionar. Para la incubación de huevos de pollo, pato, codorniz o paloma, por ejemplo, se necesita una temperatura de 37,5°C. Sería recomendable

optar por un modelo que permita regular la temperatura entre 30 y 45°C, por ejemplo. Cuanto más amplio sea el rango, mayor variedad de huevos se podrán incubar en la misma incubadora automática. En cuanto a la sensibilidad, es importante que la incubadora sea capaz de medir y detectar hasta el más mínimo cambio de temperatura (lo recomendable es que sea de 0,1°C como mucho), ya que en función de la especie que estemos criando una variación errónea puede ser la diferencia entre el éxito y el fracaso. La humedad relativa que existe en el interior de la incubadora de huevos también es importante, y es que es otro de los factores que influyen para que todo salga bien. En este sentido, hay modelos en los que somos nosotros los que podemos escoger la humedad deseada y otros en los que simplemente se ha estandarizado una humedad para la cría de la mayoría de especies y simplemente se limita a poner en marcha una alarma si la humedad está fuera del rango normal.

Otras características interesantes que podemos encontrar pueden ser la de que disponga de luz para poder ver los huevos desde fuera sin necesidad de abrir la tapa, por ejemplo. Además, también hay modelos que disponen de un contador de días electrónico, muy útil si queremos que el proceso de incubación esté totalmente automatizado. El precio de las incubadoras de huevos no es muy elevado, y es que en el mercado hay incubadoras caseras desde 30€. A partir de ahí, encontramos incubadoras más profesionales, con mayor capacidad y características superiores que pueden llegar hasta los 120€.

9. Metodología.

En esta guía, se usó una participación investigativa y participativa sobre obtener conocimiento de las mejores incubadoras en el mercado y precio.

10. Conclusiones.

Se ve la necesidad de personas que buscan un buen equipo para la incubación de sus huevos, que sea rentable y buen precio.

11. Autor del RAE.

Edgar Esteban Otero Sierra

Importancia de la

Esta Guía en la página Web, es de mucha importancia para mi trabajo de proyecto, ya que me afirma que las

Investigación

incubadoras modernas no tienen la idea de mejora que serán propuestas.

Consultada

Resumen analítico especializado 4	
1. Título.	Parámetros en la Incubación
2. Autor:	Ramón Barbado
3. Edición	Finca Casarejo, video capítulo V parte 1
4. Fecha	19 de diciembre del 2019
5. Palabras Claves,	Incubación, Parámetros, Artificial, Temperatura, Humedad, Volteo, Ventilación
6. Descripción.	Video en YouTube, sobre los parámetros de una incubadora, temperatura y ventilación.
7. Fuentes.	N/A
8. Contenidos.	<p>Los cuatros parámetros fundamentales para una incubación artificial son la temperatura, la humedad, el volteo de huevos y la ventilación.</p> <p>La temperatura, en la incubación artificial el calentamiento de los huevos se produce mediante el intercambio de calor que se produce entre el aire y los huevos, la temperatura dentro de la incubadora debe estar entre 37 °C y 38 °C, siendo 37.7 °C la ideal. Esto es producido por una resistencia eléctrica y controlada mediante un termostato. Mediante el movimiento del aire, ayudado por la humedad, harán que el calor se reparta en toda la recamara. En la etapa de comienzo de la incubación de huevo, se requiere de la temperatura para que se pueda multiplicar las células y desarrollo de las diferentes capas y membranas. Pero en la etapa final, el embrión produce su propia temperatura y es donde se requiere bajar esta para evitar la muerte de los pollos.</p> <p>Para huevos pequeños como de periquitos o gallinas enanas o codorniz, se requiere una temperatura interna de 37.5 °C. Para aumentar el porcentaje de nacimiento de pollo en la incubación artificial, es usar el sistema de cooling, que es enfriar los huevos por periodo simulando a una gallina en la vida real que toca ir en busca de alimento. Estos huevos se deben enfriar por dos horas, mientras los más grandes por 3 hora diariamente. Lo anterior no se debe aplicar a Loros y Aves Rapaces.</p> <p>La ventilación del aire, se debe tener dos aspectos presentes que son importante, la recirculación dentro de la incubadora y la regeneración de aire, con la recirculación se garantiza que la temperatura de los huevos sea igual y con la regeneración, garantice que se haga el cambio a aire nuevo, esto garantiza en la etapa final qué, haya intercambio en el embrión de oxígeno y dióxido de carbono. Hay que tener en cuenta, que</p>

- se debe regular la ventilación en las primeras etapas de incubación, pero en la etapa final, se debe abrir toda.
- En este video, se usó una participación investigativa y participativa, explicando los parámetros adecuados de la incubación de huevos de gallinas.
- 9. Metodología.**
- 10. Conclusiones.** Tener el conocimiento adecuado de una buena parametrización de las variables temperatura y ventilación para tener un mejor resultado de nacimiento de pollo.
- 11. Autor del RAE.** Edgar Esteban Otero Sierra
- Importancia de la Investigación Consultada** Este video de YouTube, es de mucha importancia para mi trabajo de proyecto, ya que me explica el parámetro de temperatura y ventilación adecuado de una incubación artificial.

Elaboración Propia

Tabla 6.

Resumen analítico especializado 5

Resumen analítico especializado 5	
1. Título.	Parámetros en la Incubación
2. Autor:	Ramón Barbado
3. Edición	Finca Casarejo, video capítulo V parte 2
4. Fecha	9 de enero del 2020
5. Palabras Claves,	Incubación, Parámetros, Artificial, Temperatura, Humedad, Volteo, Ventilación.
6. Descripción.	Video en YouTube, sobre los parámetros de una incubadora, humedad y volteo.
7. Fuentes.	N/A
8. Contenidos.	<p>La humedad, de la humedad del aire depende del calentamiento y la evaporación del agua de los huevos, el aire seco no es bueno y por eso hay que humedecerlo colando agua en el interior de la incubadora y este es controlado por un higrómetro. Hay incubadoras que tienen el sistema de humedad automático, tomando del lado exterior el agua. Los niveles óptimos de humedad en la primera fase de incubación son entre 50% HR y 55% HR, en la etapa final, últimos tres días se debe subir la humedad entre 65% HR y 70% HR para ablandar la cascara y facilitar el nacimiento.</p> <p>Todos los huevos, no tienen la misma densidad de porosidad y por esta razón hay huevos que pierden mas humedad que otro, para controlar esto, se debe utilizar la técnica de pesaje, cabe aclarar que los huevos pierden durante la incubación entre un 13% y 18% de humedad, entonces para llevar un buen control, se deben de pesar los huevos periódicamente y así, controlar este parámetro.</p> <p>El volteo de los huevos, la gallina cuando están incubando en el nido, voltean el huevo constantemente, por este parámetro</p>

es importante para que los embriones no se peguen en la cáscara, se recomienda en la incubación artificial hacer este movimiento pueda ser de modo manual o automático cada 2 horas, 90° si están acostados o 45° si el movimiento se realiza cuando el huevo está en posición vertical. Una recomendación muy importante, es de no voltear los huevos faltando tres días para su nacimiento.

9. Metodología.

En este video, se usó una participación investigativa y participativa, explicando los parámetros adecuados de la incubación de huevos de gallinas.

10. Conclusiones.

Tener el conocimiento adecuado de una buena parametrización de las variables humedad y volteo para tener un mejor resultado de nacimiento de pollo.

11. Autor del RAE.

Edgar Esteban Otero Sierra

Importancia de la

Este video de YouTube, es de mucha importancia para mi

Investigación

trabajo de proyecto, ya que me explica el parámetro de

Consultada

humedad y volteo adecuado de una incubación artificial.

Elaboración Propia

Objetivo General

Implementar el cambio automático del valor del punto de ajuste de las variables temperatura y humedad en la fase final de incubación de huevos, realizando un programa de tecnología Arduino, para que esta fase final sea administrada de forma autónoma.

Objetivos Específicos

Conocer las variables de control en la incubación artificial, investigando en fuentes confiables para adquirir el conocimiento.

Investigar en el mercado, las últimas tecnologías de incubación de huevos, confirmando que estas, no tengan la mejora propuesta en este proyecto.

Construir el cuerpo estructural de la incubadora, realizando esta actividad para tener la cámara de incubación artificial.

Construir el programa Arduino, configurándolo por medio del software, para la automatización del cambio de ajuste en las variables temperatura y humedad.

Instalar los dispositivos de control (sensores y EFC), con ayuda de herramientas, para dejarlo ubicados en el sitio correspondiente.

Evaluar el sistema de incubación artificial, haciendo pruebas, para verificar su funcionamiento

Esta es una metodología de intervención en ingeniería que pretende dar a los estudiantes las herramientas necesarias para enfrentar de manera innovadora y flexible los problemas complejos de la sociedad. Para las problemáticas, se ha desarrollado a los proyectos en cuatro fases:

Concebir, Diseñar, Implementar y Operar. En la aplicación de esta metodología los estudiantes generan prototipos que son el resultado de un análisis sistemático de la situación problemática, de la integración con los conocimientos de la carrera, del trabajo en equipo y de la innovación.

Concebir el Problema

Se ha evidenciado en el sector avícola muchas dificultades para mantener el porcentaje adecuado de nacimiento de pollos en la incubación artificial. Los empresarios de este sector, expresan sus inconformidades por no tener la producción adecuada en el momento de nacimiento debido que para esta actividad se requiere tener en cuenta las tres etapas. En la etapa inicial, se depende mucho del cuidado o manipulación del huevo para garantizar una buena respuesta en el momento de la incubación artificial. En las etapas intermedia y final, se depende mucho del equipo incubadora usado, que garantice las condiciones ambientales adecuadas para tener una buena incubación.

Las evidencias muestran que en la etapa inicial y final es donde se producen las muertes de pollos, una por manipulación y la otra por equipo, por esta razón, se decide a trabajar en mejorar las condiciones ambientales adecuadas en la etapa final de incubación de huevo.

Diseñar la solución

Se hace investigación sobre qué pasa en la etapa final de incubación de huevos artificial, se encuentra que, en esta etapa final, se debe acondicionar el nacimiento de los pollos, de tal manera que la temperatura vaya bajando gradualmente en los últimos tres días para evitar el

choque térmico producido, en el caso de no realizar esta acción. También, en esta etapa final, 38 se debe aumentar la humedad para ablandar la cáscara del huevo y que la eclosión sea más rápida y el pollo no sufra tanto al nacer.

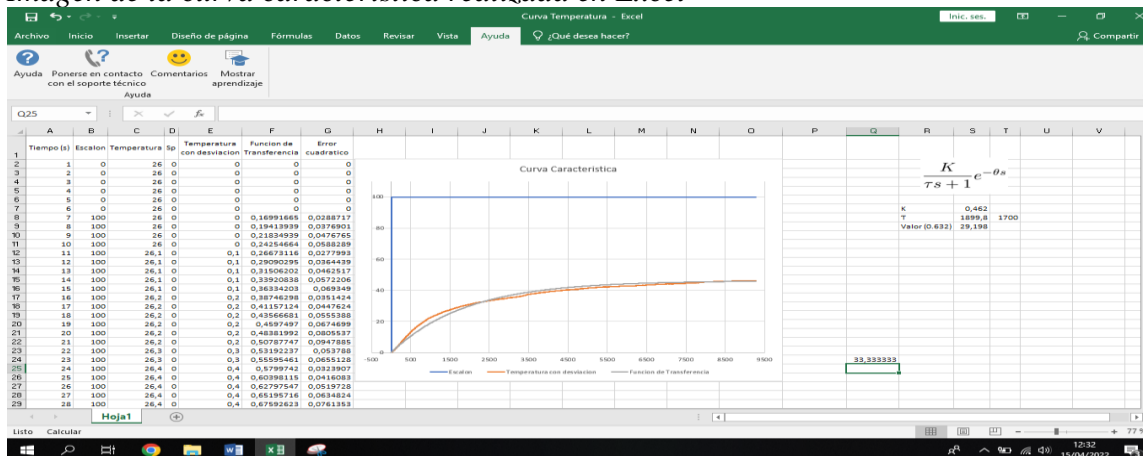
Las incubadoras actuales, controlan de forma exacta y precisa estas dos variables, pero los cambios en la etapa final se deben realizar manualmente por el operador. Por esta razón, se decide implementar un programa de tecnología Arduino que realice de forma autónoma los cambios de valores de ajuste de las variables temperatura y humedad en los tres últimos días.

El periodo de incubación de huevos es de 21 días, desde el día 1 hasta el día 18, el valor de ajuste de las variables de temperatura y humedad debe ser de 37,7 °C y 55% HR y se deben mantener estables. En el día 19, se realizaría el primer cambio del valor de ajuste de las dos variables, la temperatura bajaría dos grados Celsius a un valor de ajuste de 35,7 °C y la humedad subiría a 70% HR. Para el día 20, la temperatura cambiaría el punto de ajuste nuevamente y bajaría dos grados Celsius más a un valor de 33.7 °C y la humedad se mantendría a los 70% HR. Y en el día 21, último día de la etapa final, nuevamente cambiaría el punto de ajuste la temperatura a 31,7 °C y la humedad se mantendría a los 70% HR hasta completar la incubación.

Implementación del Control PI Para el sistema

Para este sistema de incubación de huevos, se realiza una curva característica datos importados del monitor serie de Arduino al Excel, realizando una caracterización a la incubadora, aplicando un escalón al sistema de 0 a 100 y tomando los valores de temperatura hasta llegar su estabilidad para obtener el valor del sistema.

Figura 3
 Imagen de la curva característica realizada en Excel



Nota.

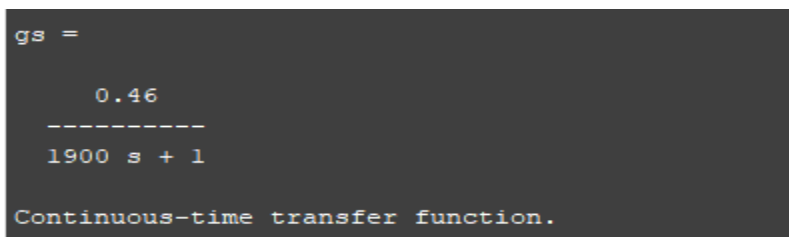
Elaboración propia

El sistema es de primer orden entonces, se hallan los valores de K (ganancia) y T, usando variables de desviación (restar el valor inicial de la temperatura a todas las mediciones para empezar de 0) y minimizando el cuadrado del error para hacer que la ecuación sea más exacta.

$$k = \frac{V_f}{\Delta u} = \frac{46.2}{100} = 0.462$$

$$\tau = 0.632(V_f) = 1899.78$$

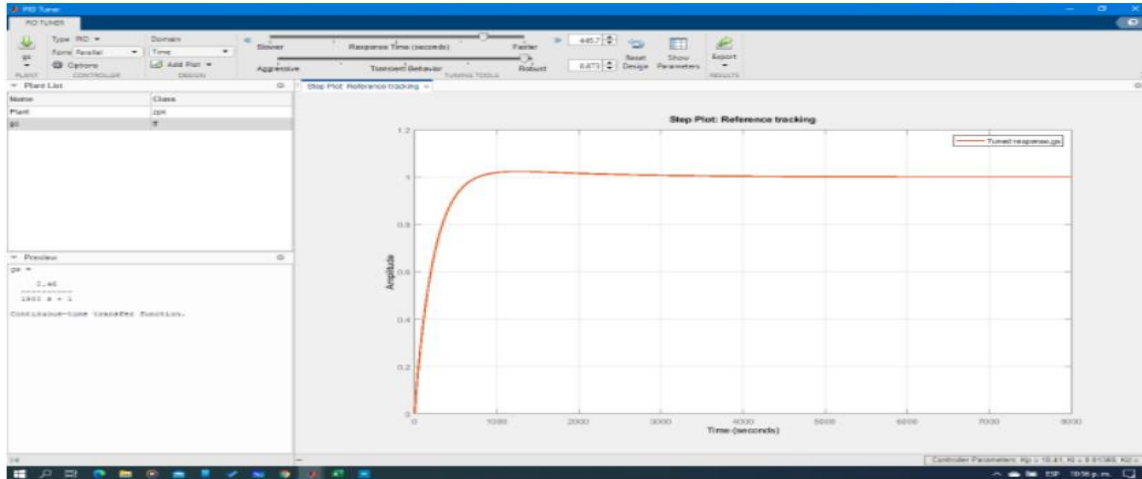
Figura 4
 Imagen de Herramienta Matlab Función de Transferencia



Nota. Elaboración propia

Haciendo uso de Matlab, se simula la planta y con la herramienta PID Tuner se sintoniza⁴⁰ el controlador con los requerimientos necesarios.

Figura 5
Imagen de Herramienta Matlab Curva



Nota. Elaboración propia

Se ajusta para que sea rápido y lo más robusto posible tratando de evitar sobre picos altos.

Los parámetros más importantes son:

$$Kp = 18.4095$$

$$Ki = 0.013662; \tau i = 1347.4967$$

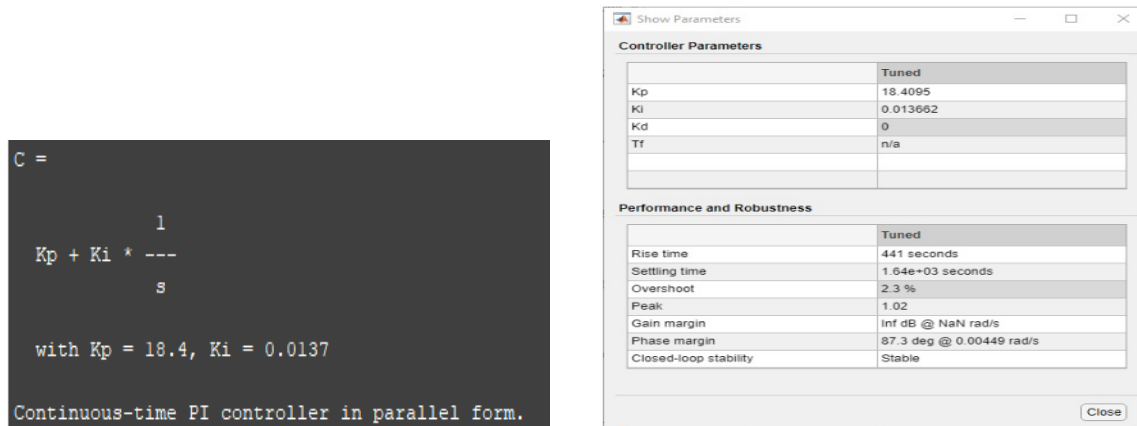
$$kd = 0$$

Tiempo de subida: 441 segundos

Sobrepaso: 2.3 %

Estabilidad: estable

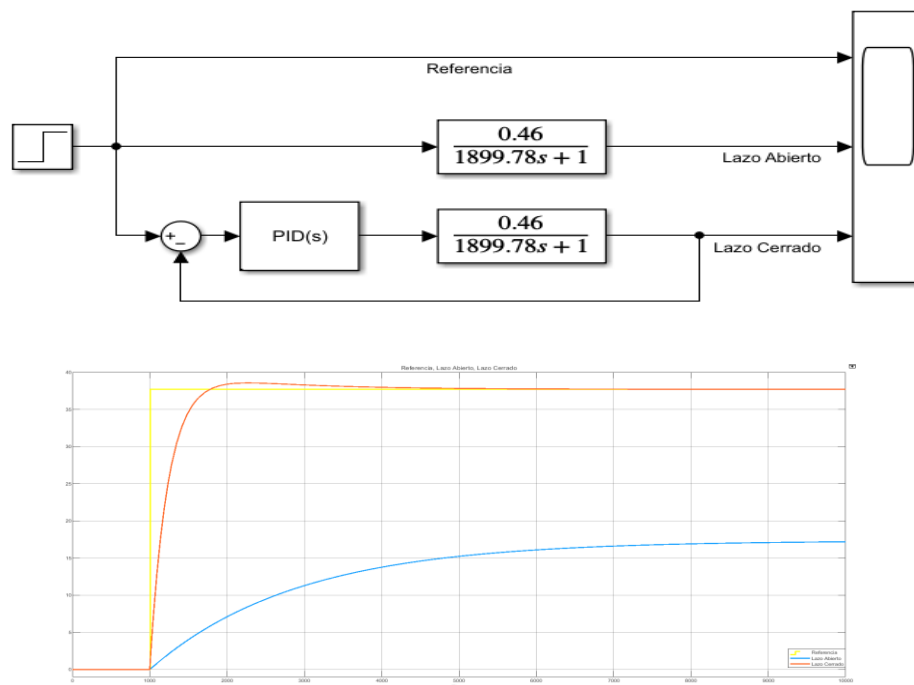
Figura 6
 Imagen de Herramienta Matlab parámetros de sintonía



Nota. Elaboración propia

Por último, se simula mediante Simulink el comportamiento de la planta en lazo abierto y al mismo tiempo con el controlador PI en lazo cerrado que se ajustó desde la herramienta PID Tuner, el setpoint es de 37.7 °C.

Figura 7
 Imagen de Herramienta Matlab Simulink



Nota. Elaboración propia

Para la incubación de huevos la mejor opción de control de temperatura es el control PI, porque nos da una mejor respuesta y una medición más exacta en el sistema. Por eso se realiza un programa en el software Arduino, un control PI para que nos controle la variable temperatura. Para la humedad, se toma la decisión de hacer un control On-Off, debido a que el elemento final de control (Humidificador) trabaja de forma discreta.

Figura 8
Imagen del Programa Arduino



```

IncubadoraHuevos Arduino 1.8.12
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
IncubadoraHuevos

////Controlador PID
float Potencia = 0; // Potencia inicial enviada al dimmer en rango de 0 a 100
float Setpoint = 0;
int pin_disparo = 11;
int pin_cruce_cero = 2;
int valor = 0;
int cambio = 1;
volatile int cnt = 0;
// Constantes de PID
float Kc = 18.4095; float Tao_I = 1347.4967;
int Read_Delay = 1000; // Periodo de muestreo en milisegundos

// Variables para PID
float PID_error = 0;
float previous_error = 0;
float PID_value = 0;
float Error_INI = 0;

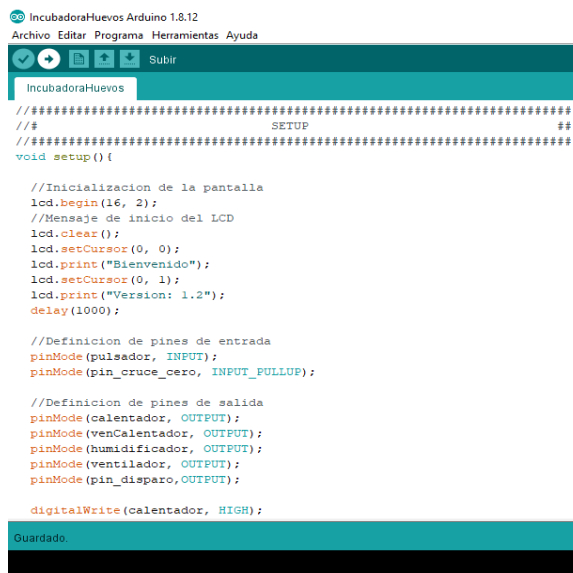
int detectado = 0;

//Variables de trabajo
int temporizador = 0;
int contadorHora = 0;
int contadorDia = 0;

int angulo = 0;

Guardado.

```



```

IncubadoraHuevos Arduino 1.8.12
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
Subir
IncubadoraHuevos

#####
//#          SETUP          ##
#####

void setup() {

//Inicializacion de la pantalla
lcd.begin(16, 2);
//Mensaje de inicio del LCD
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Bienvenido");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Version: 1.2");
delay(1000);

//Definicion de pines de entrada
pinMode(pulsador, INPUT);
pinMode(pin_cruce_cero, INPUT_PULLUP);

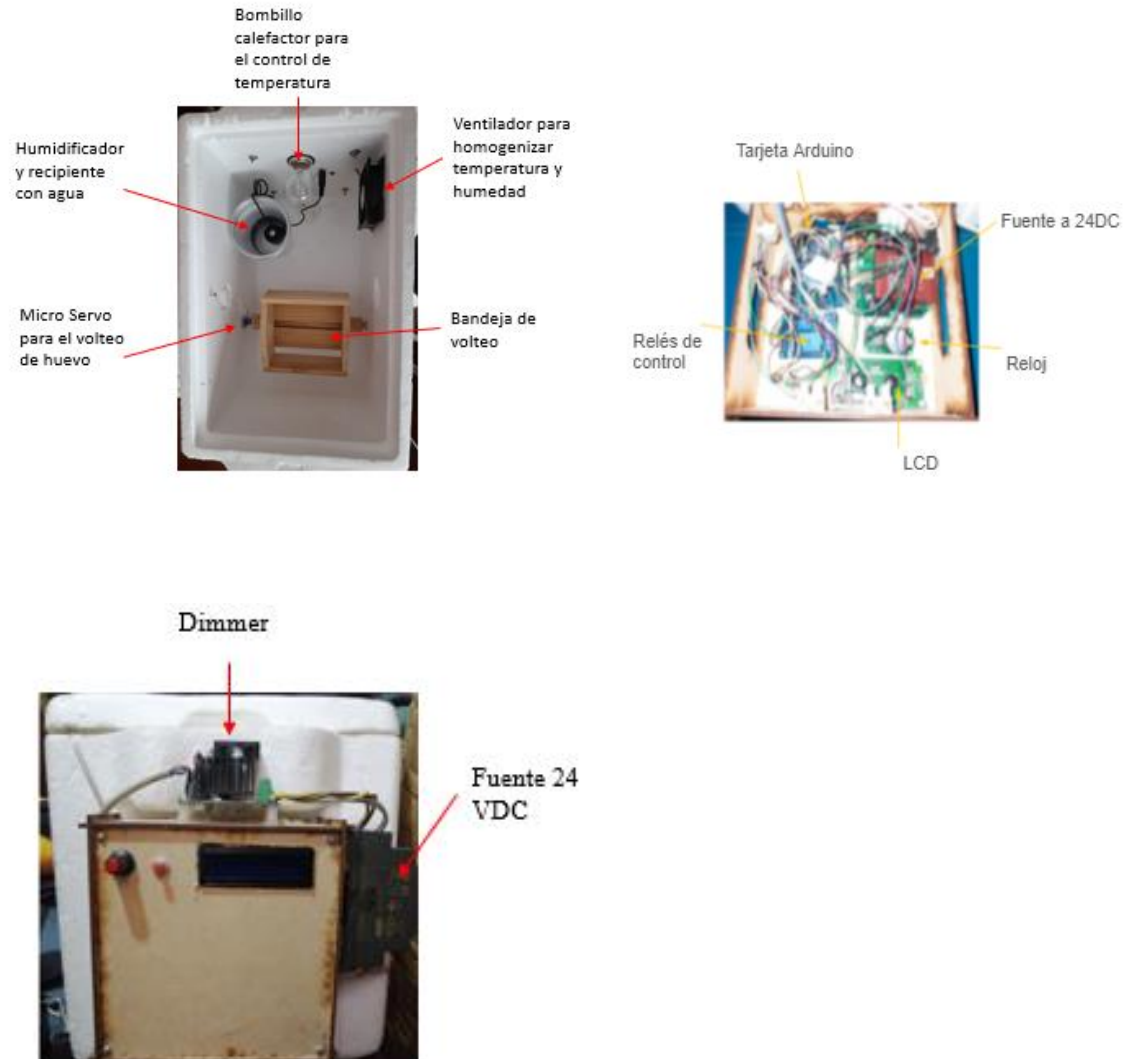
//Definicion de pines de salida
pinMode(calentador, OUTPUT);
pinMode(venCalentador, OUTPUT);
pinMode(humidificador, OUTPUT);
pinMode(ventilador, OUTPUT);
pinMode(pin_disparo, OUTPUT);

digitalWrite(calentador, HIGH);

Guardado.

```

Nota. Elaboración propia

Figura 9*Elementos del Sistema para el Funcionamiento de la Incubadora*

Nota. Elaboración propia

Tabla 7.
Cronograma de actividades

Actividades o Tareas	Cronograma de actividades															
	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Concebir: Identificación del Problema																
1. Conocer las variables de control de la incubación artificial	■	■														
2. Investigar en el mercado últimas tecnologías existentes		■	■	■												
Diseñar: Estructurar el Diseño																
3. Obtener dispositivos necesarios para la realización del programa					■	■	■	■								
4. Adquirir el cuerpo estructural de la incubadora (Cámara de Incubación)					■	■	■	■								
5. Construir el programa Arduino para el cambio de forma autónoma el ajuste de las variables T y H					■	■	■	■								
Implementar y operar: Implementación de la solución																
6. Instalar los dispositivos de control (Sensores y Elementos Finales de Control)											■	■				
7. Comprobación del sistema para encontrar posibles anomalías en el funcionamiento													■	■		
8. Corrección de anomalías y puesta en servicio incubadora artificial																■

Nota. Cronograma de actividades. Fuente Vera, (2019)

Elaboración Propia

Tabla 8.

Definir el presupuesto necesario para la implementación de la solución

Recurso	Descripción	Presupuesto
Equipo Humano	Una persona x 4 meses	\$ 4,000,000
Equipos y Software	Arduino gratis	\$ 0
Viajes y Salidas de Campo	No aplica	\$ 0
Materiales y suministros	Obtener los dispositivos electrónicos, cuerpo estructural	\$ 500000
Bibliografía	Fuentes de Internet	\$ 0
TOTAL		\$ 4,500,000

Elaboración Propia

Especificaciones técnicas

Estructura. Nevera cava de icopor de 40 Litros, con medida externa de 62 cm x 35,5 cm x 38,5 cm y medida interna de 48,5 cm x 29 cm x 31,5 cm.

Figura 10

Nevera de Icopor de 40 Litros

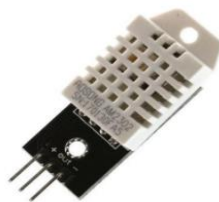


Nota. Adaptado *Nevera de Icopor de 40 Litros*[Fotografía], por Central de Suministro del Caribe,2021, Kangupor (http://www.cdsdelcaribe.com/item-nevera_de_icopor_de_40_litros-213789).

Control de Temperatura y de Humedad. El sensor de humedad DHT22 se presenta en un cuerpo de plástico ideal para montar sobre un panel o similar. Utiliza un sensor capacitivo que devuelve una señal digital con la medición, es capaz de medir valores negativos de temperatura. Tensión 3 a 5.5VDC, medición humedad 0 a 100% $\pm 2\%$, medición temperatura -40 a 80°C $\pm 0.5^\circ\text{C}$, velocidad de muestreo 2 segundos.

Figura 11

Sensor DHT22

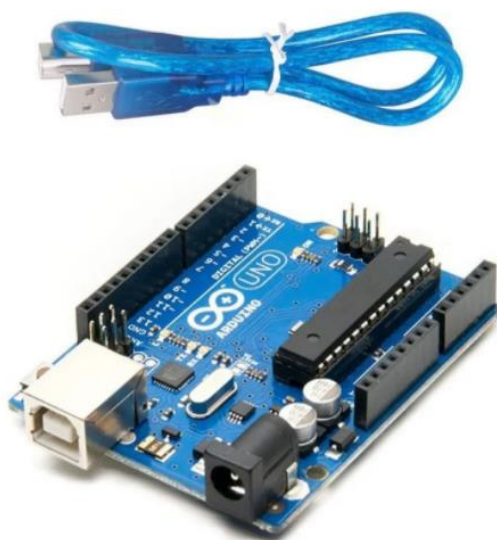


Nota. Adaptado *Sensor DHT22*[Fotografía], Solectro,2021, <https://solectroshop.com/es/sensores-de-humedad/758-dht22-am2302-sensor-temperatura-humedad-pcb-cable-arduino-digital.html>).

Tarjeta Arduino Uno. Microcontrolador ATEMGA 328 ATEMGA 2560, voltaje de operación 5V, entrada de Voltaje recomendada 7V-12V, límite de entradas de voltaje 6-20V, pines digitales entradas/salidas 14 Pines (6 para señales de PWM) 54 pines (15 para señales de PWM), pines analógicos de entrada 6 16, corriente de salida 40mA corriente de pin 3.3V 50mA, memoria Flash 32KB(0.5KB para arranque) 256KB(8KB para arranque), memoria RAM 2KB 8KB, EEPROM 1KB 4KB, frecuencia de reloj 16MHz.

Figura 12

Tarjeta Arduino Uno



Nota. Adaptado *Arduino uno*[Fotografía], Mercado Libre,2021, (<https://electronica.mercadolibre.com.co/tarjeta-arduino-uno>).

Bombillo. Bombillo de 40 w generan luz amarilla, para uso exclusivo en lugares donde por salud y seguridad se requiera mayor iluminación.

Figura 13



Nota. Adaptado *Bombillo Luz Amarilla* [Fotografía], Mercado Libre,2021.

Ventilador. Marca: 32F, modelo: EE80252S3-000U-A99, tipo: axial, tamaño: 80 x 80 x 25 mm, tensión de funcionamiento 24 V CC, Corriente nominal 0,05 A, potencia nominal: 1,2 W, conector 2 cables (+/-), sensor taquimétrico no, velocidad máxima de ventilador: 2600 RPM, flujo de aire máximo 33 CFM, contenido del paquete 1 ventilador.

Figura 14

Ventilador de 24 VDC de 80mm x 80mm x 25mm



Nota. Adaptado *Ventilador de 24 VDC* [Fotografía], Amazon,2021.

Visualización. Referencia LCD 1602, controlador HD44780, tipo de pantalla STN, Reflectiva, voltaje de funcionamiento: 5VDC. luz de fondo verde - azul (según disponibilidad), resolución 16x2 (caracteres x líneas), área de visualización tamaño 6.5 x 1.5 cm, dimensiones: 8 x 3.6 x 1 cm, peso 40 g, color placa verde.

Display 1602 Para Arduino

Nota. Adaptado *Display 1602 Para Arduino* [Fotografía], Mercado Libre,2021.

Relé: Módulos de relé adecuados, industriales para la conmutación de voltajes más altos y perfectos, pueden ser controlados con microcontroladores, Arduino, ARM, AVR y PIC etc. Los relés utilizados tienen una clasificación 10 A y tienen contactos NO / NC. Cada canal tiene un indicador LED para mostrar que el relevador está encendido.

Figura 16*Relé de 5V con Transistor y Led*

Nota. Adaptado *Relé de 5V con Transistor y Led* [Fotografía], Mercado Libre,2021.

Micro Servo SG 90 – Micro 9g Servo Arduino. Características gris oscuro GND, rojo VCC 4.8-7.2V, línea naranja entrada de pulso modelo SG90
Datos técnicos, tamaño 21.5mmX11.8mmX22.7mm, peso 9 gramos, velocidad sin carga 0.12 segundos / 60 grados (4.8V), par de parada de 1.2 - 1.4 kg / cm (4.8V), temperatura de

funcionamiento -30 a +60 grados Celsius, Dead-set 7 microsegundos, voltaje de funcionamiento 4.8V-6V.

50

Figura 17

Micro Servo SG 90



Nota. Adaptado *Micro Servo SG 90 – Micro 9g Servo Arduino* [Fotografía], Mercado Libre,2021.

Reloj Tiempo Real RTC DS 1302. Referencia RTC DS1302, Chip principal DS1302, voltaje de funcionamiento 3.3V / 5V, batería: CR2032 de litio, interfaz I2C señal de reloj para el microcontrolador (salida de 1Hz para microcontroladores en cascada), conexión I2C, RAM para el almacenamiento de datos 31 x 8, tipo de interfaz, serial interfaz I/O, voltaje de operación: 2V ~5.5V, temperatura de operación: 0°C ~ 70°C, solo byte y transmisión multi- byte para el reloj o la memoria RAM de datos en lectura / escritura, TTL compatible: Si (Vcc = 5V) pines de conexión directa; VCC, GND, CLK. DAT, RST, tamaño 5 cm x 2.1cm x 1.2cm, peso 7 gramos.

Figura 18

Reloj Tiempo Real RTC DS 1302



Nota. Adaptado Reloj Tiempo Real RTC DS 1302 [Fotografía], Mercado Libre,2021.

Humidificador Ultrasónico Incubadora Cabezal. Cabezal Humidificador Ultrasónico. Útil en Incubadoras, Terrarios o cualquier aplicación que requiera generar humedad.

Características Fuente de alimentación: 24VDC, Humidificación capacidad: 400 ml/h, si apaga por falta de agua, Ruido <36dB, Función de temporización no tiene, Potencia (W)16w, Medidas diámetro base 45.8mm, diámetro boquilla, 15.7mm, diámetro de la base de la boquilla, 26.9mm, altura 41.7mm, longitud del cable 1.25metros.

Figura 19

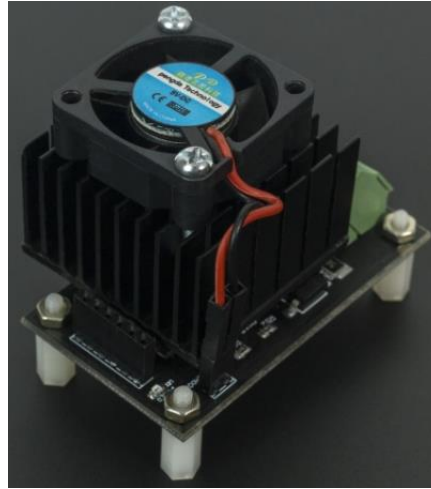
Humidificador Ultrasónico Incubadora Cabezal



Nota. Humidificador Ultrasónico Incubadora Cabezal [Fotografía], Mercado Libre,2021

Dimmer Digital 1CH 1KW TRIAC BTA 312 para Arduino. Con este módulo podrás controlar la intensidad lumínica de un bombillo, controlar la velocidad de un motor, variar la intensidad de calor que produce una resistencia, controlar la corriente de entrada de cualquier carga inductiva o resistiva por medio de un PWM que puede estar sincronizado con la red eléctrica.

Dimmer Digital TRIAC BTA312 Sutagao para Arduino

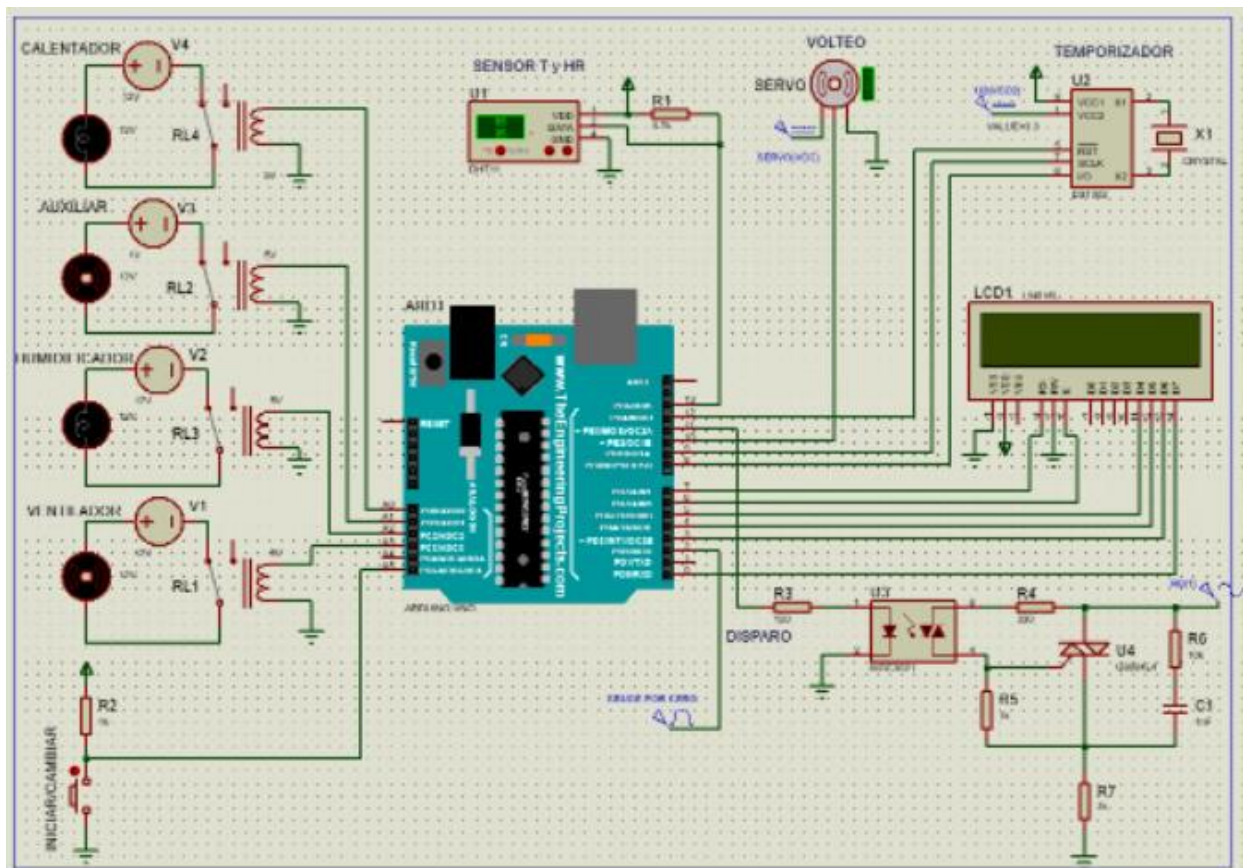


Nota. Dimmer Digital Sutagao para Arduino [Fotografía], Vistrónica,2021

Plano Eléctrico y Electrónico. En este plano se encuentra las conexiones de los dispositivos eléctricos y electrónicos para el funcionamiento de la incubadora de huevos. Se muestra en detalle las conexiones en la tarjeta controladora Arduino de las entradas de las variables y salida para los elementos finales de control.

Figura 21

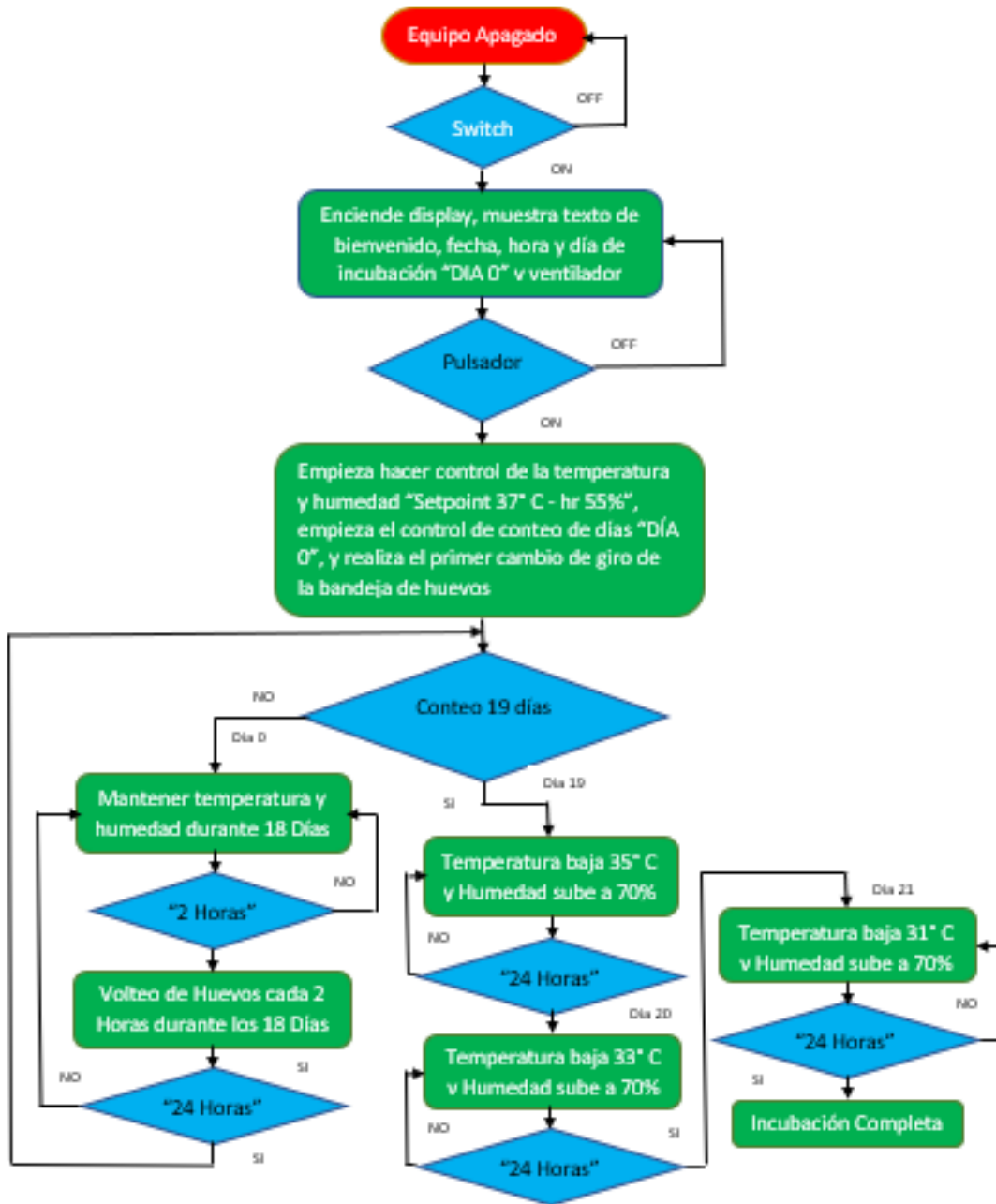
Plano Eléctrico y Electrónico



Nota. Elaboración propia.

Figura 22

Diagrama de Flujo



Nota. Elaboración propia

Al encender la incubadora, el display muestra un mensaje de “Bienvenida”, quedando lista para el proceso de incubación. Al presionar el pulsador de arranque del sistema, arranca el ventilador homogeneizador que se encuentra dentro de la cámara de incubación de forma constante y empieza a trabajar el control PI del programa Arduino controlando la temperatura encendiendo el bombillo si el equipo se encuentra por debajo de la temperatura de trabajo $37.7^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ y al alcanzar la temperatura de trabajo el bombillo se apaga. Este sistema de temperatura trabaja en conjunto con un Dimmer para poder encender el bombillo de forma controlada para hacer que la medición sea más exacta y precisa. También empieza el control ON-OFF que controla la humedad, este debe controlar la humedad interna del equipo entre $55\% \pm 2\%$ HR encendiendo el humidificador si se encuentra por debajo de este valor. Otro sistema también que arranca es el volteo de huevo, manejado por un micro servo, teniendo movimientos de ángulo de 45° cada dos horas mostrando un mensaje “Cambio de Giro” para evitar que el embrión se pegue en la cáscara del huevo. Y, por último, empieza el conteo de días, manteniendo durante 18 días los valores de ajustes de las variables mencionadas anteriormente, esto garantizando la formación del embrión.

Para la etapa final de incubación, que empieza desde el día 19 de forma autónoma, independiente del operador, cambian los valores de ajuste de los controles de las variables de temperatura y humedad, esto para evitar el choque térmico que puede sufrir los pollos al momento de nacer y de ablandar la cáscara para que en el momento de eclosionar no sufran. La temperatura en el día 19, baja dos grados Celsius de 37.7°C a $35.7^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ y la humedad sube de 55% HR a $70\% \pm 2\%$ HR. Para el día 20, la temperatura vuelve bajar dos grados Celsius más cambia el punto de ajuste de 35.7°C a $33.7^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ y la humedad sigue manteniéndose en $70\% \pm 2\%$ HR. Por último, para el día 21, la temperatura nuevamente vuelve a bajar dos grados

Celsius más cambia el punto de ajuste de 33,7°C a 31.7°C \pm 0.5°C y la humedad se mantiene 56 en 70% \pm 2% HR hasta llegar al día 22 donde sale un mensaje de “Incubación Completa”.

Enlace Video con la Explicación del Funcionamiento de la incubadora

Otero, E. [Edgar Esteban Otero] (18 de abril 2022). Funcionamiento Incubadora [Video].

YouTube. https://youtu.be/jsr_pTTz2vI

Corto Plazo

A corto plazo, se realizará una mejora en el sistema de volteo de huevo, en el soporte que transmite el movimiento de la bandeja acoplado en el servomotor, esto para evitar daño futuro por el peso de esta.

Mediano Plazo

A mediano plazo, se realizará la mejora de implementarle una tarjeta impresa para solucionar el problema de cableado en la caja donde está el control, esto para organizar y dar una mejor visión a los dispositivos utilizado en el equipo.

Plan de mantenimiento

Todo sistema en general que es utilizado para realizar un proceso, debe estar sometido en función del tiempo en un mantenimiento preventivo, cuyo objetivo es conservarlo en buen estado, también se le debe realizar un mantenimiento predictivo en función del tiempo para encontrar posibles fallas que puedan generar parada del sistema por daños. El operador del equipo, también debe realizar un mantenimiento autónomo garantizando la limpieza del equipo después de cada uso de este. El mantenimiento correctivo del equipo será programado y dependerá mucho del mantenimiento predictivo.

Plan de mantenimiento autónomo

El operador del equipo, hará limpieza de la incubadora cada vez que se termine el ciclo de incubación completa, esto para evitar producción de posibles patógenos que puedan causarles daño a los huevos nuevos a incubar. Para esta actividad, se usará agua limpia y detergentes suaves.

Para esta actividad, el técnico de mantenimiento, inspecciona el funcionamiento de cada dispositivo del equipo una vez al mes, sensor de medición de temperatura y humedad, soporte del bombillo, humidificador, relés del control de temperatura y humedad, cableado del equipo en general.

Plan de mantenimiento preventivo

Para esta actividad, será programado el equipo para un mantenimiento preventivo cada tres meses, donde se estará realizando, ajuste de borneras, limpieza de contactos de los relés de control, limpieza de electrónica, limpieza de ventilador y ajuste, y por último, la limpieza general del sistema para que quede listo para la puesta en funcionamiento nuevamente.

Plan de mantenimiento correctivo

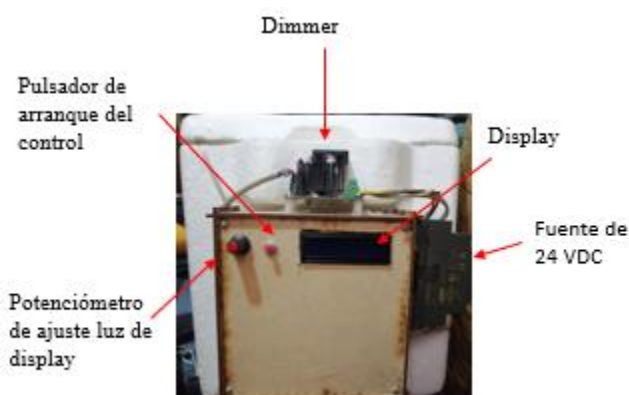
Esta actividad, dependerá de las fallas encontradas en el mantenimiento predictivo donde será programada para corregir.

Resultado

Se obtiene la implementación del programa de tecnología Arduino, realizando el cambio del valor de ajuste en las variables temperatura y humedad de forma autónoma en la etapa final de incubación de huevos los días 19, 20 y 21.

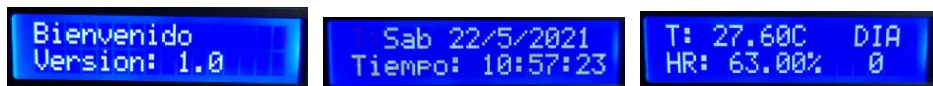
Figura 23

Estructura de la Incubadora de Huevo con el Programa Arduino

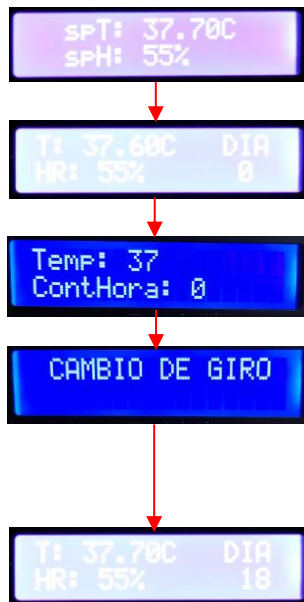


Elaboración Propia

Al encender el equipo desde el interruptor ON-OFF, muestra una bienvenida al operador, luego la fecha y la hora y por último la temperatura y humedad actual del equipo.



Al presionar el pulsador de arranque del control, el display muestra el valor de ajuste de las variables temperatura y humedad (Setpoint), muestra la temperatura y humedad actual del equipo y el día que empieza la incubación (día Cero) hasta completar los 18 días de incubación. Durante los 18 días, cada dos horas cuando se realiza el cambio de giro de la bandeja receptora de huevos, se muestra en el display “CAMBIO DE GIRO” informando que se está realizando este movimiento.



Al llegar a la etapa final, día 19, de forma autónoma se hace el cambio del valor de ajuste de las variables temperatura y humedad, mostrándose en el display.



El día 20, baja dos grados Celsius más la temperatura y la humedad se mantiene.



El día 21, baja dos grados Celsius más la temperatura y la humedad se mantiene hasta informar “Incubación Completa”.



Table 9.

Validación de las Medidas de Temperatura y Humedad últimos 4 días









Temperatura °C		Humedad HR		Imagen	Evidencia
Incubadora	Patrón	Incubadora	Patrón		
Día 18					
37,70	37	56	58		
Día 19					
35,70	36	70	74		
Día 20					
33,70	34	70	72		
Día 21					
31,60	32	70	71		

Figura 24

Patrón Usado para la Validación



Nota. Marca: Control Company, Serie:170544724, Tag:9015C0094

Se concluye que, para tener una buena incubación de huevos, las variables necesarias como temperatura, humedad, volteo y ventilación deben de trabajar de forma correcta en todas las etapas de esta.

También podemos concluir que, si no se hace un ajuste de las variables de control en la etapa final de incubación, se puede tener pérdidas embrionarias que impactan la producción.

Podemos decir que, con una investigación participativa del tema y una buena planeación, cumpliendo el cronograma de actividades y teniendo el presupuesto para la realización del proyecto, tendremos en funcionamiento el sistema.

También es importante, conocer las especificaciones de cada dispositivo que se utilice en el proyecto para garantizar el buen funcionamiento de este, el de tener planos eléctricos y electrónicos para futuras revisiones.

En base a la investigación y resultados de este proyecto, la hipótesis es afirmada ya que la implementación con tecnología Arduino para la administración en la etapa final de incubación de huevos realizando los cambios en variables de temperatura y humedad correspondientes para incubación, se pudo hacer sin intervención humana garantizando el objetivo del proyecto.

- Achterbergh, J. Vriens, D. (2010). *Set Point*. Cibernética métodos efectivos para el control de sistemas complejos. Springer Science & Business Media Recuperado de
- Amazon. (2021). 32F Ventilador de 24 VDC de 80mm x 80mm x 25mm [Fotografía].
https://www.amazon.es/dp/B087JF6S6Z/ref=sspa_dk_detail_3?psc=1&pd_rd_i=B087JF6S6Z&pd_rd_w=0oX3b&pf_rd_p=c4c9c78d-928d-4cf2-ba41-9873ab24035f&pd_rd_wg=JkBdY&pf_rd_r=MR9QGQMAY4NMJ7DXXP5F&pd_rd_r=cd8f038e-edf7-4a7b-acfd-d9105ca3beac&smid=A2A2EE65N80M4F&spLa=ZW5jcnlwdGVkUXVhbGlmaWVyPUEzS1UzTFQ0OFIZSzM5JmVuY3J5cHRIZElkPUExMDAwNDY2MkQyUkM0R1BTT0ZZTiZlbnNyeXB0ZWRBZEIkPUEwOTQ1OTc2Mk80QlpITEVJQzBDQyZ3aWRnZXROYW11PXNwX2RldGFpbCZhY3Rpb249Y2xpY2tSZWRpcmVjdCZkb05vdExvZ0NsaWNrPXRydWU=
- Barbado, R. [Finca Casarejo]. (19 de diciembre 2019). Parámetros en la Incubación Cap V Parte 1. [Video].
https://www.youtube.com/watch?v=nWeI9bbvZrg&ab_channel=FINCACASAREJO
- Barbado, R. [Finca Casarejo]. (9 de enero 2020). Parámetros en la Incubación Cap V Parte 2. [Video].
https://www.youtube.com/watch?v=usYjkA5pudo&ab_channel=FINCACASAREJO
- Central de Suministro del Caribe. (2021). Nevera de Icopor de 40 Litros [Fotografía]. Kangupor.
http://www.cdsdelcaribe.com/item-nevera_de_icopor_de_40_litros-213789
- Estrada, (2010). *Ciencias Naturales 6*. Sexto Grado de Educación Primaria: Estrada
- Fernández, Y. (03 de agosto de 2020). Qué es Arduino, cómo funciona y qué puedes hacer con uno. Xataka Basics. <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>

Gallina. España. Finca Casarejo

<https://www.fincacasarejo.com/noticias/articulos/parametros-en-la-incubacion-artificial-de-huevos-de-gallina>

Guerrero, Y. (30 de septiembre 2013). Estado del Arte. Slideshare.

<https://es.slideshare.net/yuli27g/estado-del-arte-seminario#:~:text=Estado%20del%20arte%20El%20estado,recientemente%20sobre%20e1%20tema%20seleccionado.>

Hernández, R. (14 de marzo, 2011). Bajo porcentaje de nacimientos en incubadoras [Publicación en un foro en línea Avicultura]. Mensaje publicado en

<https://www.engormix.com/avicultura/foros/bajo-porcentaje-nacimientos-incubadora-t1472/>

Iberobotics. (2021). Micro servo SG90. Iberobotics.

<https://www.iberobotics.com/producto/micro-servo-towerpro-sg90-1-8kg9g0-12seg/>

Jara, C.A. (22 de marzo 2019). *Desarrollo de un Equipo Inteligente para Controlar los Parámetros de Gestación en Huevos de Aves de Corral*. Guayaquil, Ecuador.

Universidad Católica de Santiago de Guayaquil Recuperado de

<http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/12640/1/T-UCSG-PRE-TEC-IECA-97.pdf>

Javier. Pozuelo, P. (2018). *La mejor incubadora de huevos de 2018*. FerreterGuía.

<https://ferreterguia.com/herramientas-electricas/mejor-incubadora-de-huevos/>

McDonald, D. (17 de octubre 1997). *Longest Incubation Period*. Australia. Birding Australia Mailing List Archives.

Mercado Libre. (2021). Bombillo Luz Amarilla [Fotografía].

65

https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-562805228-bombillo-luz-amarilla-10-und-_JM#position=23&type=item&tracking_id=8953918b-29b0-4ed7-abc7-8c3e8df8e568

Mercado Libre. (2021). Display 1602 [Fotografía]. [https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-](https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-516841001-modulo-pantalla-lcd-16x2-display-1602-para-arduino-_JM#position=13&type=item&tracking_id=2d10fef1-72e4-447a-bfbf-e62c372adb7d)

[516841001-modulo-pantalla-lcd-16x2-display-1602-para-arduino-](https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-516841001-modulo-pantalla-lcd-16x2-display-1602-para-arduino-_JM#position=13&type=item&tracking_id=2d10fef1-72e4-447a-bfbf-e62c372adb7d)

[_JM#position=13&type=item&tracking_id=2d10fef1-72e4-447a-bfbf-e62c372adb7d](https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-516841001-modulo-pantalla-lcd-16x2-display-1602-para-arduino-_JM#position=13&type=item&tracking_id=2d10fef1-72e4-447a-bfbf-e62c372adb7d)

Mercado Libre. (2021). Micro Servo SG 90 – Micro 9g Servo Arduino [Fotografía].

[https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-453620298-micro-servo-sg90-micro-9g-](https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-453620298-micro-servo-sg90-micro-9g-servo-arduino-_JM?matt_tool=99279475&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=11584883659&matt_ad_group_id=115595145969&matt_match_type=&matt_network=g&matt_device=c&matt_creative=478554425908&matt_keyword=&matt_ad_position=&matt_ad_type=pla&matt_merchant_id=116847301&matt_product_id=MCO453620298&matt_product_partition_id=311407048681&matt_target_id=pla-311407048681&gclid=CjwKCAjwkN6EBhBNEiwADVfya7wG5Coc_rldzWmGaZpFTaZu-0eSTPfbkeIIBx_V4QvH-fGesAZVNhoCz_kQAvD_BwE)

[servo-arduino-_JM?matt_tool=99279475&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=11584883659&matt_ad_group_id=115595145969&matt_match_type=&matt_network=g&matt_device=c&matt_creative=478554425908&matt_keyword=&matt_ad_position=&matt_ad_type=pla&matt_merchant_id=116847301&matt_product_id=MCO453620298&matt_product_partition_id=311407048681&matt_target_id=pla-311407048681&gclid=CjwKCAjwkN6EBhBNEiwADVfya7wG5Coc_rldzWmGaZpFTaZu-0eSTPfbkeIIBx_V4QvH-fGesAZVNhoCz_kQAvD_BwE](https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-453620298-micro-servo-sg90-micro-9g-servo-arduino-_JM?matt_tool=99279475&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=11584883659&matt_ad_group_id=115595145969&matt_match_type=&matt_network=g&matt_device=c&matt_creative=478554425908&matt_keyword=&matt_ad_position=&matt_ad_type=pla&matt_merchant_id=116847301&matt_product_id=MCO453620298&matt_product_partition_id=311407048681&matt_target_id=pla-311407048681&gclid=CjwKCAjwkN6EBhBNEiwADVfya7wG5Coc_rldzWmGaZpFTaZu-0eSTPfbkeIIBx_V4QvH-fGesAZVNhoCz_kQAvD_BwE)

Mercado Libre. (2021). Relé de 5V con Transistor y Led [Fotografía].

[https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-471205819-placa-de-1-canal-a-rele-5v-con-](https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-471205819-placa-de-1-canal-a-rele-5v-con-transistor-y-led-arduino-_JM?matt_tool=99279475&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=11584883659&matt_ad_group_id=115595145969&matt_match_type=&matt_network=g&matt_device=c&matt_creative=478554425908&matt_keyword=&matt_ad_position=&matt_ad_type=pla&matt_merchant_id=121830048&matt_product_id=MCO471205819&matt_product_partition_id=311407048681&matt_target_id=pla-311407048681&gclid=Cj0KCQjwsLWDBhCmARIsAPSL3_3kmvm6JZvNDIJLmeO_XUxa_4KF0eKwxcCDo9OqaA6B6UwcJHIwfH0aAh4GEALw_wcB)

[transistor-y-led-arduino-_JM?matt_tool=99279475&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=11584883659&matt_ad_group_id=115595145969&matt_match_type=&matt_network=g&matt_device=c&matt_creative=478554425908&matt_keyword=&matt_ad_position=&matt_ad_type=pla&matt_merchant_id=121830048&matt_product_id=MCO471205819&matt_product_partition_id=311407048681&matt_target_id=pla-311407048681&gclid=Cj0KCQjwsLWDBhCmARIsAPSL3_3kmvm6JZvNDIJLmeO_XUxa_4KF0eKwxcCDo9OqaA6B6UwcJHIwfH0aAh4GEALw_wcB](https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-471205819-placa-de-1-canal-a-rele-5v-con-transistor-y-led-arduino-_JM?matt_tool=99279475&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=11584883659&matt_ad_group_id=115595145969&matt_match_type=&matt_network=g&matt_device=c&matt_creative=478554425908&matt_keyword=&matt_ad_position=&matt_ad_type=pla&matt_merchant_id=121830048&matt_product_id=MCO471205819&matt_product_partition_id=311407048681&matt_target_id=pla-311407048681&gclid=Cj0KCQjwsLWDBhCmARIsAPSL3_3kmvm6JZvNDIJLmeO_XUxa_4KF0eKwxcCDo9OqaA6B6UwcJHIwfH0aAh4GEALw_wcB)

Mercado Libre. (2021). Reloj Tiempo Real RTC DS 1302 [Fotografía].

<https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-615275369-modulo-electronico-reloj-tiempo->

_JM?matt_tool=99279475&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=11584883659&matt_ad_group_id=115595145969&matt_match_type=&matt_network=g&matt_device=c&matt_creative=478554425908&matt_keyword=&matt_ad_position=&matt_ad_type=pla&matt_merchant_id=367595938&matt_product_id=MCO615275369&matt_product_partition_id=311407048681&matt_target_id=pla-311407048681&gclid=CjwKCAjwkN6EBhBNEiwADVfya-VaxH0WIQvwqW8YM9akxY_J-7aEl-cuwN9FUD_v4VnNg_4dwkKNfRoCw1kQAvD_BwE

Mercado Libre. (2021). Humidificador Ultrasonico Incubadora Cabezal [Fotografía].

<https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-595649090-humidificador-ultrasonico-incubadora-cabezal->

_JM?matt_tool=35343043&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=14630807697&matt_ad_group_id=127161131277&matt_match_type=&matt_network=g&matt_device=c&matt_creative=545369235000&matt_keyword=&matt_ad_position=&matt_ad_type=pla&matt_merchant_id=131587341&matt_product_id=MCO595649090&matt_product_partition_id=1415646768238&matt_target_id=aud-394479320594:pla-1415646768238&gclid=Cj0KCQiAwqCOBhCdARIsAEPyW9mP8uAljZfVzmHi6kSEG06C6HExFBfpRGkeT5Ihfv-AWsaPKQTB8aAvwxEALw_wcB

Mercado Libre. (2021). Tarjeta Arduino Uno [Fotografía].

<https://electronica.mercadolibre.com.co/tarjeta-arduino-uno>

Olaiz G, Franco A, Palma O, Echarri C, Valdez R, Herrera C. (2006) "Diseño metodológico de la Encuesta Nacional sobre Violencia contra las Mujeres en México", Salud Pública de México, vol. 48, suplemento 2 de 2006: S328-S335

<https://sites.google.com/site/tecninvestigacionsocial/temas-y-contenidos/tema-1-la-investigacion-social/fases-de-la-investigacion-social/disenometodologico#:~:text=El%20dise%C3%B1o%20metodol%C3%B3gico%20consiste%20pues,los%20objetivos%20de%20la%20investigaci%C3%B3n.>

Raffino, M. (19 de junio de 2020). ¿Qué es una conclusión? Concepto.

67

<https://concepto.de/conclusion/>

Salas, D. (23 de abril 2019). ¿Qué es la Justificación en la investigación? Investigalia.

<https://investigaliacr.com/investigacion/que-es-la-justificacion-en-la-investigacion/>

Sarao, R. (2017). Desarrollo y caracterización de material compuesto matriz yeso para incubadora de huevos de ave de corral energéticamente sustentable para zonas marginadas del estado de Campeche. Campeche. Universidad de Campeche.

[https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/788/1/Ram%C3%B3n%20](https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/788/1/Ram%C3%B3n%20Sarao%20Calder%C3%B3n%20MER.pdf)

[Sarao%20Calder%C3%B3n%20MER.pdf](https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/788/1/Ram%C3%B3n%20Sarao%20Calder%C3%B3n%20MER.pdf)

Solectro (2021). Sensor DHT22[Fotografía]. <https://solectroshop.com/es/sensores-de-humedad/758-dht22-am2302-sensor-temperatura-humedad-pcb-cable-arduino-digital.html>

The Man Made World. New York. (1970). *Automatización*. New York. Polytechnic Institute of Brooklyn.

Tullet, S. (mayo 2010). Investigación de las prácticas de incubación. Ross Tech.

http://es.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Spanish_TechDocs/RossTechInvestigacindelaprticasdeincubacinmayo2010.pdf

UBJ. (30 de enero 2017). ¿En qué consiste el alcance del proyecto? México. Universidad Benito Juárez. <https://www.ubjonline.mx/en-que-consiste-el-alcance-del-proyecto/>

Vera, C [Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. (2019 julio 15). El cronograma de actividades. [Video]. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/26984>

Villajulca, J (18 de junio de 2019). *Control ON/OFF o Todo/Nada*. Instrumentos y Controles.net <http://instrumentacionycontrol.net/control-on-off-o-todo-nada/>

Vistrónica. (2021). Dimmer Digital 1CH 1KW para Arduino TRIAC BTA 312 [Fotografía]. 68

<https://www.vistronica.com/potencia/modulos/dimmer-digital-1ch-1kw-para-arduino-triac-bta312-sutagao-sin-ventilador-detail.html>

West. (12 de marzo 2017). *¿Qué es el control PID? Comprenda cómo funciona y vea ejemplos.*

West Control Solution. <https://www.west-cs.com.br/blog/es/2017/03/12/o-que-e-controle-pid/>

Wright, C. Harris, C. Linden, J. (05 de agosto 2010). *Incubación Artificial.* El Sitio Avícola.

<https://www.elsitioavicola.com/articles/1802/incubacion-artificial/#:~:text=La%20incubaci%C3%B3n%20artificial%20de%20los,espont%C3%A1neamente%20en%20pilas%20de%20esti%C3%A9rcol.&text=La%20construcci%C3%B3n%20de%20uso%20y%20patente,datan%20de%20alrededor%20de%201844.>

Anexo 1: Algoritmos

```

#####
//#          CONFIGURACIÓN INICIAL          ##
#####

#####[Librerias]#####

#include <LiquidCrystal.h>
#include <ThreeWire.h>
#include <RtcDS1302.h>
#include <Servo.h>
#include <DHT.h>

#####[Definicion de pines]#####

//RTC --> IO(DAT), SCLK, CE(RST)
#define IO 8
#define SCLK 9
#define RST 12

//LCD (pantalla)
#define RS 7
#define E 6
#define D4 5
#define D5 4
#define D6 3
#define D7 0

//DHT22 (sensor de temperatura y humedad)
#define sensor 13

//Ventilador y Bombillas (calentador)
//Relé funciona con lógica invertida
#define calentador 14
#define venCalentador 15
#define humidificador 16
#define ventilador 17

//Pulsador de inicio
#define pulsador 19

#####[Declaracion de variables]#####

```

```

//Variable Servo
Servo servoBandeja;

//Variables del LCD
LiquidCrystal lcd (RS, E, D4, D5, D6, D7);

//Variables del sensor DHT22
DHT dht (sensor, DHT22);

//Variabes del Modulo RTC
ThreeWire myWire(IO,SCLK,RST);
RtcDS1302<ThreeWire> Rtc(myWire);

#####[Variables del sistema]#####

//Cadena de días de la semana
char daysOfTheWeek[7][12] = {"Dom", "Lun", "Mar", "Mie", "Jue", "Vie", "Sab"};

//Variables que lee el sensor de temperatura y humedad
volatile float temperatura;
volatile int humedad;

////Controlador PID
float Potencia = 0; // Potencia inicial enviada al dimmer en rango de 0 a 100
float Setpoint = 0;
int pin_disparo = 11;
int pin_cruce_cero = 2;
int valor = 0;
int cambio = 1;
volatile int cnt = 0;
// Constantes de PID
float Kc = 18.4095; float Tao_I = 1347.4967;
int Read_Delay = 1000; // Periodo de muestreo en milisegundos

// Variables para PID
float PID_error = 0;
float previous_error = 0;
float PID_value = 0;
float Error_INT = 0;

int detectado = 0;

//Variables de trabajo
int temporizador = 0;

```

```

int contadorHora = 0;
int contadorDia = 0;

int angulo = 0;
int estado = 1;//para el pulsador
int boton = 0;
int mostrarMensaje = 1;
float spT = 0;
int spH = 0;
int sp = 0;
int Esp = 1;

bool start = false;
bool finish = false;
bool bandera = true;
bool volteo = true;

int segundosIniciales = 0;
int minutosIniciales = 0;
int horaInicial = 0;

int segundos = 0;
int minutos = 0;
int hora = 0;

#####
//#                SETUP                ##
#####
void setup(){

  //Inicializacion de la pantalla
  lcd.begin(16, 2);
  //Mensaje de inicio del LCD
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Bienvenido");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("Version: 1.2");
  delay(1000);

  //Definicion de pines de entrada
  pinMode(pulsador, INPUT);
  pinMode(pin_cruce_cero, INPUT_PULLUP);

  //Definicion de pines de salida

```

```

pinMode(calentador, OUTPUT);
pinMode(venCalentador, OUTPUT);
pinMode(humidificador, OUTPUT);
pinMode(ventilador, OUTPUT);
pinMode(pin_disparo,OUTPUT);

digitalWrite(calentador, HIGH);
digitalWrite(venCalentador, HIGH);
digitalWrite(humidificador, HIGH);
digitalWrite(ventilador, HIGH);

//Inicializacion Servo
servoBandeja.attach(10);
delay(10);
//servoBandeja.write(angulo);
for(angulo = 0; angulo <= 90; angulo += 1){ //el eje del servo girará hasta90°
  servoBandeja.write(angulo);
  delay(25);
}

//Inicializacion del RTC
Rtc.Begin();

//Inicializacion del sensor de humedad y temperatura
dht.begin();

RtcDateTime compiled = RtcDateTime(__DATE__, __TIME__);
RtcDateTime now = Rtc.GetDateTime();
verificarRTC(compiled);

//Interrupcion externa
attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(pin_cruce_cero), Interrupcion, RISING);
}

#####
//#          LOOP          ##
#####

void loop() {
  //La redundancia de la funcion C_PI() es para tratar de emparejar el
  //cruce por cero con la señal de disparo.
  C_PI(); //Redundancia 0
  RtcDateTime now = Rtc.GetDateTime();
  //Lectura de datos DHT22 y Temperatura
  humedad = dht.readHumidity();

```



```

temperatura = dht.readTemperature();
C_PI(); //Redundancia 1

if (!start){
  printDateTime(now);
  delay(1500);
  imprimirDatos();
  delay(1500);
}
if (!now.IsValid()){
  //Causas comunes:
  //La batería del dispositivo está baja, falta
  //o se desconectó de alimentación
  lcd.print("DT no fiable!");
  delay(1000);
}

//Inicio del proceso de Incubacion
if (!start){
  estado = digitalRead(pulsador);
  digitalWrite(venCalentador, HIGH);
  digitalWrite(calentador, HIGH);
}
if (estado == 0 && !start){
  start = true;
  finish = false;
  sp = 0;
  Esp = 1;

  horaInicial = now.Hour();
  minutosIniciales = now.Minute();
  segundosIniciales = now.Second();
  contadorDia = 0;
  contadorHora = 0;

  lcd.clear();
  lcd.setCursor(3, 0);
  lcd.print("INICIANDO");
  delay(1000);
  digitalWrite(venCalentador, LOW);
  digitalWrite(calentador, LOW);
}
if (start){
  C_PI(); //Redundancia 2
  hora = now.Hour();

```

```

minutos = now.Minute();
segundos = now.Second();
if(hora >= horaInicial){
    temporizador = ((hora - horaInicial)*3600+(minutos - minutosIniciales)*60 + (segundos -
segundosIniciales));
    }else
    temporizador = ((hora - horaInicial + 24)*3600+(minutos - minutosIniciales)*60 + (segundos -
segundosIniciales));
    C_PI(); //Redundancia 3
    //cambiando el 3600 se modifica los segundos necesarios para completar la hora (útil para la
simulación)
    if (temporizador >= 3600){ //ejemplo: si "3600" se cambia a 10, significa que cada 10
segundos a pasado 1 hora
        contadorHora += 1;
        //Actualizar hora de comparación
        horaInicial = now.Hour();
        minutosIniciales = now.Minute();
        segundosIniciales = now.Second();
        if (contadorHora == 24){
            contadorDia += 1;
            contadorHora = 0;
        }
        volteo = true;
    }
    C_PI(); //Redundancia 4
    controlHT();
    if ((contadorHora % 2 == 0) && (volteo)){
        lcd.clear();
        lcd.setCursor(1, 0);
        lcd.print("CAMBIO DE GIRO");
        giro();
        volteo = false;
        imprimirSetPoint();
    }
    C_PI(); //Redundancia 5
    if (cnt >= 120){ //cnt es el contador de interrupciones 60 Hz x 2 = 120 = 1 Segundo
        Setpoint = spT;
        if (!isnan(temperatura)) {
            PID_error = Setpoint - temperatura; //Calculo del error
            Error_INT = Error_INT + PID_error*(1000/Read_Delay); //Calculo de la integral del error
            PID_value = Kc*(PID_error + (1/Tao_I)*Error_INT); //Calculo de la salida del
controlador PI
        }
        // Limite de salida del controlador
        if(PID_value < 0)

```

```

    {   PID_value = 0;   }
    if(PID_value > 100)
    {   PID_value = 100;   }
    Potencia = PID_value; //Asignacion a la entrada de la planta.
    cambio = 0;
    cnt = 0;
} else cambio = 1;
boton = digitalRead(pulsador);
delayMicroseconds(200);
C_PI(); //Redundancia 6
if (boton == 0){
    mostrarMensaje = mostrarMensaje + 1;
}
if ((mostrarMensaje == 1) && (cambio == 0)){
    imprimirSetPoint();
}
else if ((mostrarMensaje == 2) && (cambio == 0)){
    imprimirDatos();
}
else if ((mostrarMensaje == 3) && (cambio == 0)){
    imprimirTempo();
}
else if ((mostrarMensaje == 4) && (cambio == 0)){
    printDateTime(now);
}
else if (mostrarMensaje > 4){
    mostrarMensaje = 1;
    imprimirSetPoint();
}
}
C_PI(); //Redundancia 6
//imprime setpoint
if (sp == 1 && Esp == 1){
    Esp = 2;
    imprimirSetPoint();
    delay(4000);
}
if (sp == 2 && Esp == 2){
    Esp = 3;
    imprimirSetPoint();
    delay(4000);
}
if (sp == 3 && Esp == 3){
    Esp = 4;
    imprimirSetPoint();
}

```

```

    delay(4000);
}
if (sp == 4 && Esp == 4){
    Esp = 5;
    imprimirSetPoint();
    delay(4000);
}
C_PI(); //Redundancia 7
}

#####
//#                FUNCIONES                ##
#####

#####(Control de Humedad y Temperatura)#####
void controlHT(){
    //Inicio de Etapa de incubacion 18 dias
    if(contadorDia >= 0 && contadorDia <= 18){
        spT = 37.7;
        spH = 55;
        sp = 1;
        Setpoint = spT;
    }
    //Cambio de setpoint Etapa final 3 dias
    else if(contadorDia == 19){
        spT = 35.7;
        spH = 70;
        sp = 2;
        Setpoint = spT;
    }
    else if(contadorDia == 20){
        spT = 33.7;
        spH = 70;
        sp = 3;
        Setpoint = spT;
    }
    else if(contadorDia == 21){
        spT = 31.7;
        spH = 70;
        sp = 4;
        Setpoint = spT;
    }
    else if(contadorDia == 22){
        finish = true;
        start = false;
    }
}

```

```

}
else{
  start = false;
}

//control
/*if(temperatura < (spT+0.2) && start){
  digitalWrite(ventilador, HIGH);
}
else{
  digitalWrite(ventilador, LOW);
}*/
C_PI(); //Redundancia 7
if(humedad < spH+1 && start){
  digitalWrite(humidificador, LOW);
}else
digitalWrite(humidificador, HIGH);

if (contadorDia > 21 && finish){
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Incubacion");
  lcd.setCursor(12, 0);
  lcd.print("DIA");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("Completa");
  lcd.setCursor(13, 1);
  lcd.print(contadorDia, DEC);
  delay(5000);
}
}

#####(Cambio de Giro)#####

void giro(){
  detachInterrupt(digitalPinToInterrupt(pin_cruce_cero));
  if(contadorDia < 19 && start){
    if(bandera){
      angulo = 90;
      servoBandeja.write(angulo);
      for(angulo = 90; angulo >= 0; angulo -= 1){ //el eje del servo girará hasta90°
        servoBandeja.write(angulo);
        delay(25);//74
      }
      bandera = false;
    }
  }
}

```

```

}
else{
  angulo = 0;
  servoBandeja.write(angulo);
  for(angulo = 0; angulo <= 90; angulo += 1){ //el eje del servo girará hasta 90° en dirección
contraria
  servoBandeja.write(angulo);
  delay(25);//74
  }
  bandera = true;
}
}
attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(pin_cruce_cero), Interrupcion, RISING);
}

#####(Verificación RTC Inicial)#####
void verificarRTC(const RtcDateTime& compiled){
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);

  if (!Rtc.IsDateTimeValid()){
    //Causas comunes:
    // 1) La primera vez que ejecutó y el dispositivo aún no estaba funcionando
    // 2) La batería del dispositivo está baja o incluso falta
    lcd.print("RTC no fiable DT");
    Rtc.SetDateTime(compiled);
    delay(500);
  }
  if (Rtc.GetIsWriteProtected()){
    lcd.print("Escritura habili");
    Rtc.SetIsWriteProtected(false);
    delay(500);
  }
  if (!Rtc.GetIsRunning()){
    lcd.print("Iniciando");
    Rtc.SetIsRunning(true);
    delay(500);
  }
  RtcDateTime now = Rtc.GetDateTime();
  if (now < compiled){
    lcd.print("Actualizando DT");
    Rtc.SetDateTime(compiled);
    delay(500);
  }
  else if (now > compiled){

```

```

    lcd.print("DT! esperado...");
    delay(500);
}
else if (now == compiled){
    lcd.print("DT no esperado");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("pero no hay prob");
    delay(500);
}
}

#####(Imprimir Fecha)#####
void printDateTime(const RtcDateTime& dt){
    lcd.clear();

    // Se publicara el dia de la semana
    lcd.setCursor(2, 0);
    lcd.print(daysOfTheWeek[dt.DayOfWeek()]);
    lcd.print(" ");

    // Se publicaran datos de fecha, en numeros
    lcd.print(dt.Day(), DEC);
    lcd.print("/");

    lcd.print(dt.Month());
    lcd.print("/");

    lcd.print(dt.Year(), DEC);

    // Hora en formato Hora-Minutos-Segundos
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Tiempo: ");
    lcd.print(dt.Hour(), DEC);
    lcd.print(":");

    lcd.print(dt.Minute(), DEC);
    lcd.print(":");
    lcd.print(dt.Second(), DEC);
}

#####(Imprimir Datos "Contador, Humedad y Temperatura)#####
void imprimirDatos() {
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("T: ");

```

```

lcd.print(temperatura);
lcd.print("C");

lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("HR: ");
lcd.print(humedad);
lcd.print("%");

lcd.setCursor(12, 0);
lcd.print("DIA");
lcd.setCursor(13, 1);
lcd.print(contadorDia, DEC);
}

#####(Imprimir Setpoint)#####
void imprimirSetPoint(){
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(2, 0);
  lcd.print("spT: ");
  lcd.print(spT);
  lcd.print("C");
  lcd.setCursor(2, 1);
  lcd.print("spH: ");
  lcd.print(spH);
  lcd.print("%");
}

#####(Imprimir Temporizador)#####
void imprimirTempo(){
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Seg: ");
  lcd.print(temporizador, DEC);
  lcd.setCursor(10, 0);
  lcd.print("P:");
  lcd.print(Potencia, DEC);
  lcd.setCursor(2, 1);
  lcd.print("ContHora: ");
  lcd.print(contadorHora, DEC);
}

void Interrupcion() {
  cnt = cnt+1;
  detectado = 1;
}

```



```
void C_PI(){
  if(detectado == 1){
    valor = map(Potencia,0,100,5850,50);//6500
    if(valor < 5700){
      delayMicroseconds(valor);
      digitalWrite(pin_disparo,HIGH);
      delayMicroseconds(150);//500
      digitalWrite(pin_disparo,LOW);
      detectado = 0;
    }else digitalWrite(pin_disparo,LOW);
  }
  else digitalWrite(pin_disparo,LOW);
}
```