



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS

APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

TEMA:

INCUBADORA DE BAJO COSTO PARA LA INDUSTRIA AVÍCOLA

AUTOR:

ALEX DAVID FLORES MORENO

DIRECTOR:

ING. DANIEL ÁLVAREZ

IBARRA - ECUADOR

2018



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DEL CONTACTO	
Cédula de Identidad	172060613-4
Apellidos y Nombres	ALEX DAVID FLORES MORENO
Email	adflores@utn.edu.ec
Teléfono Fijo	062530434
Teléfono Móvil	0960025225
DATOS DE LA OBRA	

Título	INCUBADORA DE BAJO COSTO PARA LA INDUSTRIA AVICOLA
Autor	ALEX DAVID FLORES MORENO
Fecha	27 de febrero del 2018
Programa	Pregrado
Título por el que aspira	Ingeniero en Mecatrónica
Director	ING. DANIEL ALVAREZ

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

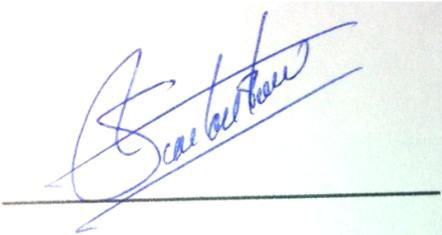
Yo, ALEX DAVID FLORES MORENO, con cédula de identidad N° 172060613-4, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad de material y como apoyo a la educación, investigación y extensión, en concordancia con la Ley de educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asumo la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamos por parte de terceros.

Ibarra, a los 27 días del mes de febrero del 2018

EL AUTOR:



Firma
Nombre: ALEX DAVID FLORES MORENO
Cédula: 172060613-4
Ibarra, 27 de febrero del 2018



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

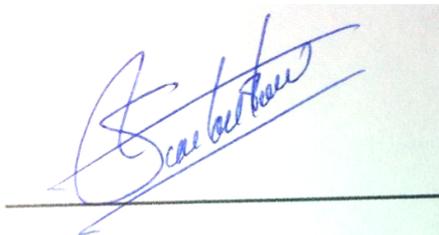
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, ALEX DAVID FLORES MORENO, con cédula de identidad N°. 172060613-4, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, Artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor del trabajo de grado denominado:

INCUBADORA DE BAJO COSTO PARA LA INDUSTRIA AVICOLA, que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero en Mecatrónica, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En mi calidad de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada.

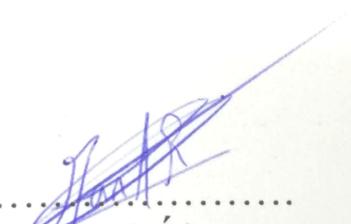
En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en el formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.



Firma
Nombre: ALEX DAVID FLORES MORENO
Cédula: 172060613-4
Ibarra, 27 de febrero del 2018

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente Trabajo de Grado “INCUBADORA DE BAJO COSTO PARA LA INDUSTRIA AVICOLA”, fue desarrollado por el egresado ALEX DAVID FLORES MORENO, bajo mi supervisión, lo cual certifico en honor a la verdad.



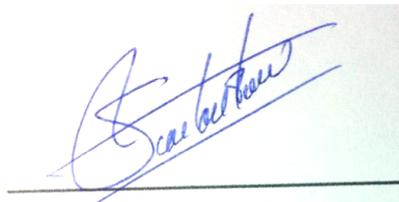
.....
Ing. Daniel Álvarez
DIRECTOR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DECLARACIÓN

Yo, ALEX DAVID FLORES MORENO declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que este no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.



Firma
Nombre: ALEX DAVID FLORES MORENO
Cédula: 172060613-4

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por brindarme su apoyo incondicional, a lo largo de todos estos años de estudio.

A la Universidad Técnica del Norte, pilar fundamental en mí como profesional y persona.

Al personal docente y administrativo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, en especial al Ing. Daniel Álvarez por sus conocimientos compartidos, además del apoyo brindado durante el desarrollo del proyecto.

DEDICATORIA

A mis padres Bolívar Napoleón Flores y Rosario del Carmen Moreno, por su apoyo incondicional, por su confianza depositada en mí, por sus consejos, motivación y palabras de aliento brindadas, siempre estuvieron a mi lado en los buenos y malos momentos.

A mi querida esposa a mis hermanas y hermano por estar siempre conmigo ayudándome y apoyándome en todo momento, y sobre todo a mi hijo Derick que es mi fuente de inspiración día a día.

Alex David.

INCUBADORA DE BAJO COSTO PARA LA INDUSTRIA AVÍCOLA

Autor: David Flores

RESUMEN

Este trabajo de titulación presenta el diseño y construcción de una incubadora de bajo costo para industria avícola, conformada por dos secciones independientes y totalmente automatizadas.

La metodología empleada para el desarrollo del proyecto inicia con la recopilación bibliográfica sobre los diferentes tipos de incubadoras existentes, sistemas de calefacción, humidificación, volteo y ventilación.

Mediante tablas de selección se comparan los diferentes materiales existentes en el mercado y se eligen los de mejores características para el desarrollo del presente proyecto, tomando en consideración como puntos fundamentales el costo y la vida útil de los elementos.

Se realizan las primeras pruebas de funcionamiento obteniéndose valores con temperaturas erróneas en diferentes puntos al interior de la incubadora, por lo que se procede a corregir fallas localizadas en las nacedoras, con esto se logra una mejor distribución calórica. El índice de natalidad aumenta notablemente en la incubadora.

Palabras clave: Incubadora, Control, Bajo Costo.

LOW COST INCUBATOR FOR THE POULTRY INDUSTRY

Author: David Flores

ABSTRACT

This titling work presents the design and construction of a low cost incubator for the poultry industry, is conformed of two independent and fully automated sections.

The methodology used for the development of the project begins with the bibliographic compilation on the different types of existing incubators, heating systems, humidification, turn and ventilation.

Through selection tables it is compared the different materials existing in the market and they are chosen the best characteristics for the development this project, taking into account as a fundamental points the cost and the useful life of the elements.

Are done test of operation getting wrong temperature values in different points inside the incubator so it is proceeded to correct failures located in hatcher, with this are get a better calorific distribution. The birth rate increases notably in the incubator.

Keywords: incubator, control, low cost.

TABLA DE CONTENIDO

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA.....	II
2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD.....	III
3. CONSTANCIAS	IV
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.....	IV
CERTIFICACIÓN	V
DECLARACIÓN.....	VI
AGRADECIMIENTO	VII
DEDICATORIA	VIII
INCUBADORA DE BAJO COSTO PARA LA INDUSTRIA AVÍCOLA.....	IX
RESUMEN	IX
ABSTRACT.....	X
INTRODUCCIÓN	XVI
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	XVI
OBJETIVO GENERAL	XVI
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	XVI
ANTECEDENTES.....	XVII
JUSTIFICACIÓN	XVIII
ALCANCE.....	XIX
LIMITACIÓN	XIX
CAPITULO I	1
MARCO TEÓRICO	1
1. GENERALIDADES DE LAS INCUBADORAS.....	1
1.1. DEFINICIÓN DE INCUBACIÓN	1
1.2. DEFINICIÓN DE INCUBADORA.....	1
1.3. TIPOS DE INCUBADORAS.....	2
1.3.1. INCUBADORAS MANUALES	2
1.3.2. INCUBADORA SEMIAUTOMATICA.....	2
1.3.3. INCUBADORA AUTOMATICA.....	3
1.4. PARÁMETROS A TOMAR EN CUENTA PARA UNA CORRECTA INCUBACIÓN.....	4
1.4.1. TEMPERATURA.....	4
1.4.2. HUMEDAD RELATIVA	5
1.4.3. VENTILACIÓN	6
1.4.4. POSICIÓN	7
1.4.5. VOLTEO	7
1.5. SELECCIÓN DEL MATERIAL A USAR EN LA ESTRUCTURA.....	8
1.6. ELEMENTOS ELECTRÓNICOS A USARSE EN EL PROYECTO Y TABLAS DE COMPARACIÓN	9
1.6.1. ARDUINO MEGA 2560.....	9
1.6.2. MOTOR DC DE 2 RPM.....	10
1.6.3. MÓDULO DE RELOJ	11
1.6.4. PANTALLA INTELIGENTE TÁCTIL NEXTION NX4024T032.....	11
1.6.5. SENSOR DE HUMEDAD Y TEMPERATURA DHT22.....	12
1.6.6. NIQUELINAS	13
1.6.7. VENTILADORES.....	13
1.6.8. FUENTE DE ALIMENTACIÓN.....	14

1.6.9.	MINI BOMBA DE AGUA.....	14
1.7.	CONTROL PID	15
1.8.	MECANISMO DE YUGO ESCOCÉS.....	15
1.9.	TIPOS DE SISTEMAS DE TRANSFERENCIA DE CALOR.....	16
1.10.	CONSEJOS ÚTILES EN LA INCUBACIÓN ARTIFICIAL	17
CAPITULO II.....		19
2.	METODOLOGÍA.....	19
2.1.	INVESTIGACIÓN Y RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN BIBLIOGRÁFICA....	19
2.2.	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE INCUBACIÓN	19
2.3.	PARÁMETROS DE DISEÑO.....	20
2.4.	SELECCIÓN DE MATERIALES.....	20
2.5.	MODELADO DEL DISEÑO.....	27
2.6.	DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE LA INCUBADORA	28
2.7.	DISEÑO DEL SISTEMA DE INCUBACIÓN.....	29
2.8.	DISEÑO DEL SISTEMA DE VOLTEO.....	30
2.9.	DISEÑO DE LAS BANDEJAS PORTA HUEVOS	31
2.10.	DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN PARA EL VOLTEO.....	35
2.11.	CONTROL DEL VOLTEO CON MOTOR DC.....	37
2.12.	DISEÑO DE CONTROL PARA EL SISTEMA DE CALEFACCIÓN	37
2.13.	CONTROL ON/OFF PARA LA HUMEDAD RELATIVA	39
2.14.	CALCULO PARA DETERMINAR LA POTENCIA REQUERIDA POR LA INCUBADORA	39
2.15.	CÁLCULOS PARA DETERMINAR EL CONSUMO DEL SISTEMA ELECTRÓNICO	41
2.16.	PROGRAMACIÓN	43
2.17.	INTERFAZ HMI.....	48
2.18.	ENSAMBLAJE.....	50
CAPITULO III.....		57
3.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	57
3.1.	DISEÑO MECÁNICO.....	57
3.2.	MATERIAL.....	57
3.3.	MANUFACTURA.....	58
3.4.	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA	59
3.5.	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE VOLTEO.....	59
3.6.	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO EN EL SISTEMA DE HUMIDIFICACIÓN....	60
3.7.	MATERIALES Y COSTOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO.....	60
3.8.	PRUEBAS DE INCUBACIÓN	62
3.9.	CORRECCIÓN DE FALLAS EN LA INCUBADORA	66
CAPITULO IV.....		70
	CONCLUSIONES.....	70
	RECOMENDACIONES	71
BIBLIOGRAFÍA		72
ANEXOS		74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Estructura de una incubadora automática. Figura 1.2. Estructura básica de una incubadora.	1
Figura 1.3. Incubadora manual.....	2
Figura 1.4. Incubadora semiautomática.....	3
Figura 1.5. Incubadora automática.....	3
Figura 1.6. Arduino mega 2560.....	10
Figura 1.7. motor de 2 rpm.....	10
Figura 1.8. módulo de reloj para arduino.....	11
Figura 1.9. Pantalla inteligente Nextion NX4024T032.....	12
Figura 1.10. Sensor de humedad y temperatura DHT22.....	12
Figura 1.11. Calentador de cartucho de cerámica.....	13
Figura 1.12. Ventilador de pc.....	13
Figura 1.13. Fuente de poder.....	14
Figura 1.14. Bomba de agua.....	14
Figura 1.15. Mecanismo yugo escocés.....	16
Figura 2.1. Diseño final de la incubadora.....	28
Figura 2.2. Diseño del sistema de incubación, Vista frontal.....	29
Figura 2.3. Vista posterior interna de la incubadora.....	30
Figura 2.4. Sistema de volteo a utilizar en la incubadora.....	31
Figura 2.5. Diagramas de corte y momento.....	32
Figura 2.6. Simulación de cargas en la bandeja.....	33
Figura 2.7. Simulación de la bandeja.....	33
Figura 2.8. Factor de seguridad de la bandeja.....	34
Figura 2.9. Sistema de volteo a utilizar en la incubadora.....	34
Figura 2.10. Sistema de volteo yugo escocés.....	35
Figura 2.11. Análisis estático por método de Von Mises.....	36
Figura 2.12. Factor de seguridad en los rieles.....	36

Figura 2.13. Estructura del sistema o planta.....	38
Figura 2.14. Pantalla principal.	48
Figura 2.15. Pantalla principal.	49
Figura 2.16. Pantalla de configuración de los días de incubación.	49
Figura 2.17. Estructura del sistema	50
Figura 2.18. Montaje de la estructura del sistema	51
Figura 2.19. Montaje de la bandeja porta huevos.....	53
Figura 2.20. Cableado eléctrico.....	56
Figura 3.1. Sistema de movimiento.....	60
Figura 3.2. Pollitos en la nacedora primer día.....	63
Figura 3.3. Pollitos primer día de nacidos.....	65
Figura 3.4. Base de la bandeja con madera.....	66
Figura 3.5. Base de la bandeja con malla plástica.....	66
Figura 3.6. Pollitos primer día de nacidos en la incubadora.....	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Análisis de criterios para la estructura.....	22
Tabla 2.2. Análisis de criterios para seleccionar el motor	23
Tabla 2.3. Análisis de criterios para seleccionar las niquelinas.....	24
Tabla 2.4. Análisis de criterios para seleccionar los sensores de humedad y temperatura.	25
Tabla 2.5. Análisis de criterios para seleccionar la bomba de agua.	26
Tabla 2.6. Análisis de criterios para seleccionar la fuente de alimentación.	27
Tabla 3.1. Procesos de fabricación para la incubadora.....	58
Tabla 3.2. Materiales y costos	61
Tabla 3.3. Primeras pruebas	62
Tabla 3.4. Segunda prueba	64
Tabla 3.5. Tercera prueba.....	67

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Formula para calcular la cantidad de calor.	40
Ecuación 2. Ecuación para calcular la potencia eléctrica.	41
Ecuación 3. Ecuación calcular la potencia.	41

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. PID.....	74
Anexo 2. Tabla de propiedades térmicas.....	78
Anexo 3. Pantalla Nextion 3,2”	82
Anexo 4. Tabla psicométrica.....	83
Anexo 5. Modulo humedad y temperatura.	84
Anexo 6. Motor dc 12v 2rpm	85
Anexo 7. Programación en arduino	86
Anexo 8. Diseño PCB para realizar placa de conexiones.....	100
Anexo 9. Manual de usuario.....	101
Anexo 10. Guía de mantenimiento.....	105
Anexo 11. Planos.	107

INTRODUCCIÓN

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Desde tiempos muy remotos se han usado las aves como una fuente de alimento, en vista de su gran demanda se han utilizado técnicas o métodos para la incubación de estas y así satisfacer la necesidad existente en el mercado ecuatoriano.

Las técnicas y métodos para la incubación de estas aves han sido muy variados en el transcurso de la historia, desde pequeños espacios ayudados de paja o materiales aislantes y térmicos hasta las grandes incubadoras que existen hoy en día.

Con el gran avance tecnológico que hay en estos tiempos, el control de los parámetros que mejoran las condiciones de vida de los pollitos, se puede lograr de mejor manera, ya que ayuda a optimizar el control de la temperatura, la humedad, el volteo y ventilación. Además de contar con una mejor interfaz gráfica para el usuario.

La problemática que se pretende satisfacer, es generar una incubadora de bajo costo y con un óptimo control de sus parámetros, que puedan ser empleados en la incubación de huevos de gallina y ayuden al fortalecimiento de la pequeña industria avícola y de los pequeños emprendedores ayudando con el desarrollo de la sociedad.

OBJETIVO GENERAL

Construir una incubadora de bajo costo para la industria avícola

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los parámetros y requisitos de funcionamiento de la incubadora.

- Diseñar las respectivas partes de la incubadora con su respectivo sistema de control.
- Construir la incubadora de bajo costo para la industria avícola.
- Realizar pruebas de funcionamiento y ajustes pertinentes.

ANTECEDENTES

Una incubadora es, según definición de la Real Academia Española de la lengua, “Un aparato o local que sirve para la incubación artificial”. Incubar, según el diccionario de esta misma Real Academia, dicho de un ave es “Calentar los huevos, generalmente con su cuerpo, para sacar pollos” y esto es, básicamente, lo que se pretende con una incubadora, brindar un medio ambiente adecuado y controlado para que se desarrollen las crías de aves, calentar artificialmente los huevos de un ave para lograr el nacimiento del pollito.

Actualmente en el mercado se venden varios modelos de incubadoras que van desde pequeñas incubadoras manuales hasta grandes incubadoras industriales, siendo estas últimas difícilmente accesibles para los pequeños productores.

Una de las grandes empresas en distribuir pollitos es Incubandina S.A. ubicada en Ambato, en la cual se incuban grandes cantidades de huevos para satisfacer la demanda nacional.

De la tesis de Carlos Álvarez sobre “Evaluación de dos tipos de incubadoras artesanales, sobre el porcentaje de nacimientos y peso al nacer en pollos de engorde” realizada en 2007, se llega a la conclusión que la madera es un buen material y de menor costo en la elaboración de incubadoras, obteniendo resultados similares o mejores a incubadoras que usan duroport.

Según el paper descrito por Toro Yasmín, Rangel Alba y Rojas Diana (2011), se llega a la conclusión de que es viable construir una incubadora con materiales de bajo costo o reciclados siempre y cuando se tomen en cuenta los aspectos de incubación que son temperatura entre 37 y 38 grados, humedad relativa entre el 60 y 70% y el volteo para evitar que el embrión se adhiera al cascaron.

De la tesis de Francisco Cevallos “Construcción de una incubadora” (2005), se concluye que se puede emplear diferentes métodos para el control de los parámetros necesarios para el desarrollo del pollito, en este caso la programación se la realiza con un PLC. Además, se indica que la inversión para adquisición de la incubadora se la recupera en menos de un año, por lo que la propuesta es viable.

Actualmente con el uso de las redes sociales es más fácil acceder a estas máquinas ya que se las puede encontrar de venta en páginas como mercado libre, OLX y más páginas relacionadas a ventas.

JUSTIFICACIÓN

El uso de incubadoras automáticas actualmente es muy común en las industrias, por la gran producción que demanda el mercado y por la precisión con la que cuentan a la hora de ejecutar los procesos de incubación que se requiere para obtener los pollitos.

El uso de tecnologías en el área avícola ha logrado maximizar la producción de estas aves que son fundamentales en la dieta alimenticia del ecuatoriano, también ha contribuido a generar mejoras genéticas en las aves, como lo es una mejor salud después del nacimiento, mayor índice de natalidad, aves más grandes y en un menor tiempo de producción.

El diseño y construcción de una incubadora de fácil uso y de bajo costo para el sector de los pequeños emprendedores, ayuda a fortalecer la pequeña industria avícola en el Ecuador.

De la biografía revisada para la elaboración de este proyecto se constata que la inversión para la adquisición de una incubadora, se la puede recuperar en menos de un año, ya que el costo de operación con el valor de la materia prima (en este caso los huevos), tranquilamente se triplica en 22 días. Puesto que un huevo cuesta aproximadamente 0,25 dólares más el costo de producción que es alrededor de 0,15 dólares, tenemos que se invierte más o menos unos 0,40 dólares y un pollito está costando entre 1y 1,25 dólares.

La elaboración de este proyecto abarca varios conocimientos que se fueron adquiriendo a lo largo de la estancia en la Universidad, cabe recalcar que no influye, deteriora o contamina el medio ambiente y consta de dispositivos disponibles en el mercado.

ALCANCE

La construcción de la incubadora de bajo costo para la industria avícola, se realiza de tal manera que el usuario pueda incubar los huevos de la gallina en dos secciones diferentes con el fin de poder incubar la mitad de la capacidad en un tiempo y la otra parte posteriormente, o su máxima capacidad al mismo tiempo. La incubadora cuenta con sensores de humedad y de temperatura que ayudan a ejecutar el control de la incubadora, así como de motores de 2 rpm para realizar el giro que requieren los huevos para mejorar las condiciones de incubación. En el panel cuenta con una pantalla táctil de 3,2 pulgadas en la cual se puede visualizar el progreso de la incubación además de ver la temperatura y la humedad a la que se encuentra la incubadora.

La incubadora está diseñada para trabajar con una capacidad máxima de incubación de 252 huevos de gallina, pudiendo trabajar con 126 huevos por sección las cuales pueden trabajar de forma independiente.

La incubadora está construida de la forma que sea fácil realizar un mantenimiento y limpieza de la misma, permitiendo así al usuario una ventaja a la hora de realizar las respectivas labores de limpieza y mantenimiento.

LIMITACIÓN

Disponibilidad de Materiales en el País

En el Ecuador no existen empresas que se dedican al diseño y construcción de varios componentes que requiere la incubadora siendo esto uno de los principales inconvenientes a la hora de realizar un proyecto de esta clase, por lo que se genera la necesidad de importar estos

productos del extranjero y esto a su vez provoca que el tiempo de ejecución del proyecto se alargue y su costo incremente.

Las pantallas son otro inconveniente en el mercado ecuatoriano, por lo que se ha visto en la necesidad de importar estos productos del extranjero al igual que los motores y sensores necesarios para la construcción de la misma.

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1. GENERALIDADES DE LAS INCUBADORAS.

1.1. DEFINICIÓN DE INCUBACIÓN

La incubación es el tiempo o periodo en el que los animales ovíparos tardan en desarrollarse hasta convertirse en un individuo adulto (pollito).(North & Bell, 1993)

1.2. DEFINICIÓN DE INCUBADORA

Una incubadora es una máquina o aparato que sirve para realizar la incubación de manera artificial, esto quiere decir sin la necesidad de que la gallina intervenga en este proceso.



Figura 1.1.Estructura de una incubadora automática. Figura 1.2.Estructura básica de una incubadora.

Fuente: (González Zambrano, 2009)

1.3. TIPOS DE INCUBADORAS.

Las incubadoras se clasifican de acuerdo a su complejidad en el diseño, estructura y control, siendo estas:

- **Incubadoras manuales.**
- **Incubadoras semiautomáticas.**
- **Incubadora automática.**

1.3.1. INCUBADORAS MANUALES

Las incubadoras manuales son de bajo costo y fáciles de fabricar, como su nombre indica son de accionamiento manual (Ver *Figura 1.3*), es decir, el volteo de las bandejas de huevos son realizador por el operador de 3 a 4 veces por día y carecen de un control de temperatura adecuado para el incubamiento. Teniendo el operador estar pendiente de su temperatura para activar o desactivar el elemento calefactor que interviene en el proceso.



Figura 1.3. Incubadora manual.

Fuente: (Barrientos, 1997)

1.3.2. INCUBADORA SEMIAUTOMATICA

En este tipo de incubadoras el control de temperatura se lo realiza por medio de un termostato, el cual tiene la función de regular la temperatura indicada para el correcto funcionamiento de la misma, pero otros parámetros como la humedad y el volteo de los huevos se los realiza de

forma manual siendo un proceso igual de tedioso para el avicultor como el caso de las incubadoras manuales.



Figura 1.4. Incubadora semiautomática.

Fuente: (Barrientos, 1997)

1.3.3. INCUBADORA AUTOMATICA

En este tipo de incubadoras los controles de todos los parámetros de la misma son totalmente automáticos, siendo más confiables y más precisos, además de resultar de gran ayuda para los avicultores que no deben estar monitoreando constantemente el proceso de incubación y solamente de vez en cuando para verificar que todo esté en correcto funcionamiento.



Figura 1.5. Incubadora automática.

Fuente: (chile incubadoras, 2017)

1.4. PARÁMETROS A TOMAR EN CUENTA PARA UNA CORRECTA INCUBACIÓN

Los parámetros que se deben tomar en cuenta para realizar una correcta incubación y de esta manera mejorar las condiciones para el desarrollo del embrión son: Temperatura, Humedad, Ventilación, Posición y Volteo.

Cabe recalcar que estos parámetros ayudan a una eficaz incubación, el porcentaje de nacimiento de los pollitos también depende de otros parámetros como la calidad de los huevos, una correcta selección de los mismos (estos deben ser de un porte adecuado, no muy grandes ni muy pequeños, además de no presentar fisuras en su cascara), un dato más a tener en cuenta es que los huevos deben tener una adecuada limpieza y desinfección con fungicidas para evitar posibles reproducciones de hongos o bacterias que puedan perjudicar en el correcto desarrollo del embrión.

1.4.1. TEMPERATURA

La temperatura de incubación de las especies domésticas se sitúa en un estrecho margen, entre los 37 y los 38°C. Para las gallinas en concreto, la temperatura ideal de incubación es de 37,3 a 37,8°C (Sauveur, 1988).

Manteniendo una correcta temperatura del embrión durante la incubación, se consigue:

Menor número de pollitos de desecho

Reducir las lesiones embrionarias en cráneos y ombligos

Reducir la mortalidad embrionaria

Mejorar la calidad del pollito de 1 día

Reducir la mortalidad durante la primera semana

Mejorar el peso del pollito a su nacimiento

Mejorar los índices productivos durante la 1ª semana de vida

Mejorar el arranque del pollito

1.4.2. HUMEDAD RELATIVA

La humedad del espacio en el que se desarrolla la incubación requiere un riguroso control, en aras a obtener una óptima tasa de eclosión y un tamaño correcto del polluelo, ya que ambos parámetros están afectados por la pérdida de peso que sufre el huevo durante la incubación.

El procedimiento habitual es regular la humedad en la incubadora de modo que dicha pérdida de peso se sitúe entre el 12 y el 14%. Esta pérdida de peso se debe únicamente a la pérdida de agua, puesto que el intercambio respiratorio del embrión no implica cambios en la masa del huevo. Esta pérdida de agua depende de:

La humedad de la incubadora.

La conductividad de la cáscara.

La humedad relativa durante el proceso de incubación debe situarse entre el 50 y el 55%

Para conseguir la humedad necesaria se suelen emplear o bien boquillas nebulizadoras o bien palas móviles. Las primeras operan reguladas mediante una válvula solenoide, aunque tienen el inconveniente de que pueden obturarse con aguas muy duras. De ahí que sean preferibles los sistemas basados en unas palas móviles, accionadas automáticamente y situadas sobre una cubeta llena de agua, la que proyectan en el interior de las máquinas cuando ello se requiere.

Quedan olvidadas ya las antiguas bandejas de evaporación, de manejo engorroso y control lento.

En cuanto a los elementos de control de la humedad, los antiguos higrómetros de cabello ya hace años dejaron paso a los termómetros de mercurio de ampolla húmeda y más tarde a los de fibra de algodón. Hoy día, son electrónicos. Al igual que con el control de la temperatura, el de la humedad también se puede realizar a distancia, desde un ordenador central, si en la incubadora se instalan los sensores adecuados.

Las regulaciones de humedad en la nacedora deben tener en cuenta las distintas exigencias del embrión a lo largo de estos últimos 3 días: así, en un primer momento, la humedad debe

aumentar para favorecer la rotura de la cáscara y, una vez nacido el pollito, debe disminuir para garantizar su secado (40%). (Visschedik, 1991).

1.4.3. VENTILACIÓN

La ventilación es necesaria durante la incubación para proporcionar el oxígeno que el embrión va consumiendo y para eliminar el CO₂, el vapor de agua y exceso de temperatura que se produce en su interior; además de lograr una correcta distribución del aire una vez llena la máquina y que todos los embriones alcancen la temperatura adecuada y, en consecuencia, también el aire tenga la misma HR en todo el volumen de la incubadora.

Durante la 1^a semana de incubación, el embrión es particularmente sensible a un incremento en la concentración de CO₂ en la atmósfera de la incubadora. En general, esta proporción de CO₂ no debe superar el 0,5%, admitiéndose hasta el 1% durante la eclosión. La falta de oxígeno también es crucial durante la última semana del desarrollo embrionario, provocando el agotamiento del embrión ya formado. El pollito muere si no puede romper la cáscara.

El sistema de ventilación de las máquinas debe ser independiente del sistema de la sala, aunque éste es un hecho todavía infrecuente en un gran número de salas de incubación. En cualquier caso, lo que sí es imprescindible para el buen funcionamiento de las máquinas y, en suma, de la incubación, es que el aire llegue a las máquinas atemperado a 23°C, por lo que deberá ser caldeado o refrigerado, según la época del año.

Partiendo de un contenido de O₂ en el aire del 21%, el Cuadro muestra los niveles adecuados de ventilación que se requieren, así como el CO₂ expulsado por los embriones.

Tabla 1.1.

Intercambios gaseosos durante la incubación, por mil huevos (Martinez-Aleson, 2003)

Día de incubación	1	5	10	15	18	21
Aire (m^3/dia)	0,07	0,16	0,51	3,06	4,04	6,12
CO2 (m^3/dia)	0,008	0,016	0,054	0,325	0,436	0,651

Por cuanto la respiración pulmonar del embrión se inicia el 19° día, el control de los intercambios gaseosos se hace especialmente importante en la nacedora.

1.4.4. POSICIÓN

Durante la fase de incubación, los huevos de gallina deben estar colocados imprescindiblemente con el polo fino hacia abajo. En caso contrario, se dificulta la orientación de la cabeza del embrión hacia la cámara de aire en el 16° día. (Sauveur, 1988)

1.4.5. VOLTEO

El volteo de los huevos resulta una de las principales operaciones a efectuar durante el período de incubación para asegurar que los huevos no se adhieran al cascara y así obtener buenos resultados. La ausencia de volteo en los huevos conlleva la adherencia de las membranas embrionarias a la membrana de la cáscara, a la yema o a otras membranas, además de una mayor incidencia de mal posiciones. Parece ser que los huevos de gallinas más viejas sufren más daños por un volteo insuficiente durante la incubación ya que, al ser la cáscara más delgada, hay mayores posibilidades de adherencias debido a la mayor pérdida de agua. No obstante, de estudios recientes (Deeming, 1989; et al Pullet, 1991) se desprende que no son

éstas las principales causas de problemas embrionarios por una falta de volteo. Parece ser que las peores consecuencias se dan por:

Una menor utilización del albumen.

Una deficiencia de fluido embrionario.

Una menor superficie de intercambio de oxígeno del corioalantoide.

Un desarrollo vascular más lento.

El volteo, automático, se hace entre las dos posiciones posibles del huevo a 45° con respecto a la vertical y alrededor del eje corto del huevo. Pero en el caso de la gallina esto lo hace a lo largo del día y sin tener en cuenta el grado o la posición de estos.

1.5. SELECCIÓN DEL MATERIAL A USAR EN LA ESTRUCTURA

Entre los materiales que tenemos a tomar en cuenta para la realización de este proyecto tenemos:

La madera (roble)

El aluminio

El acero inoxidable

La espuma de poliuretano

1.5.1. LA MADERA

Las maderas son uno de los materiales más aptos para este tipo de trabajos ya que la madera posee una propiedad física que no posee ningún otro tipo de los materiales mencionados anteriormente y es la higroscopia, propiedad que regula la humedad, con la cual esta se dilata o se contrae para absorber o ceder humedad.

Entre las maderas tenemos un sin fin de tipos, pero una de las más indicadas para este tipo de trabajos es el roble ya que es una de las más usadas en la industria naval por su gran dureza y

resistencia a la humedad, además, el roble es usado en la elaboración de barriles para añejar vinos y licores.

1.5.2. EL ALUMINIO

El aluminio es un metal no ferroso con una conductividad muy buena utilizada muy comúnmente como disipador de calor.

1.5.3. EL ACERO INOXIDABLE

El acero inoxidable es uno de los metales más usados en la industria de los alimentos y a la hora de sanidad, es un material que no se oxida haciéndolo ideal para una limpieza de todas sus partes sin correr peligro de la proliferación de bacterias u hongos.

1.5.4. LA ESPUMA DE POLIURETANO

La espuma de poliuretano es uno de los mejores aislantes que existe en el mercado, pero tiene el inconveniente de que es muy suave y no resiste cargas por lo que para usar este material debemos usar otro tipo de material que sirva como estructura, siendo un inconveniente ya que será necesario un gasto adicional para la estructura que sostenga este material.

1.6. ELEMENTOS ELECTRÓNICOS A USARSE EN EL PROYECTO Y TABLAS DE COMPARACIÓN

Se escoge los elementos electrónicos, eléctricos y mecánicos para la elaboración de este proyecto, en el caso de los materiales que existen de varios tipos y características se realiza tablas de comparación y se escoge la más adecuada para el desarrollo del proyecto.

1.6.1. ARDUINO MEGA 2560

El Arduino Mega 2560 es un tablero del microcontrolador basado en el ATmega2560. Cuenta con 54 pines digitales de entrada / salida (de los cuales 15 se pueden utilizar como salidas

PWM), 16 entradas analógicas, 4 UART (puertos serie de hardware), un oscilador de cristal de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP, Y un botón de reinicio. Contiene todo lo necesario para dar soporte al microcontrolador; Simplemente conéctelo a un ordenador con un cable USB o conéctelo con un adaptador de CA a CC o batería para empezar. La placa Mega 2560 es compatible con la mayoría de los escudos diseñados para el Uno y las tablas anteriores Duemilanove o Diecimila.

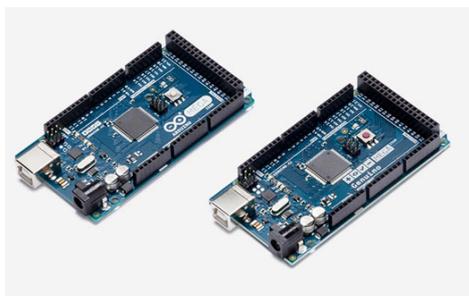


Figura 1.6. Arduino mega 2560.

Fuente: (arduino, 2017)

1..6.2. MOTOR DC DE 2 RPM

Motor de 2 rpm de corriente directa a 12 V, con caja reductora de engranes metálicos, ideal para generar un alto torque.



Figura 1.7. motor de 2 rpm.

Fuente: (terapeak, 2017)

1.6.3. MÓDULO DE RELOJ

El módulo DS3231 permite llevar un registro detallado del transcurso del tiempo en nuestro microcontrolador. Los proyectos que se pueden llevar a cabo con este módulo van desde estaciones de sensores hasta alarmas y sondas de registro de datos.

Este módulo incluye un circuito integrado, el DS3231, además de un regulador de tensión, una batería de 3.6 voltios (de las que se encuentran en las tarjetas madre de las computadoras), entre otras cosas (es capaz de medir temperatura).

Se comunica con Arduino utilizando el protocolo I2C, por lo que encontraremos los pines VCC, GND, SCL y SDA.

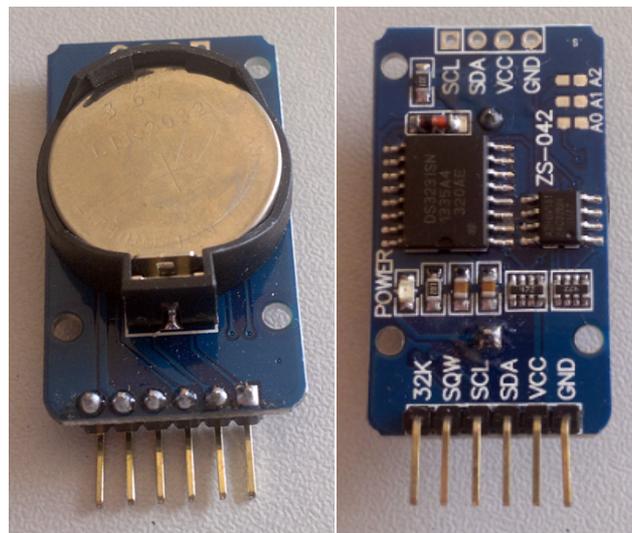


Figura 1.8. módulo de reloj para arduino

Fuente: (panamahitek,2017)

1.6.4. PANTALLA INTELIGENTE TÁCTIL NEXTION NX4024T032

La pantalla inteligente táctil LCD 3.2" Nextion NX4024T032 proporciona una interfaz de control y visualización muy amigable con el usuario es la mejor solución para reemplazar el LCD tradicional. Parte de hardware es de la serie de placas de TFT y parte de software de

Nextion. Utiliza un único puerto serie para hacer la comunicación. Le permiten deshacerse de los problemas de cableado. Es fácil de adaptar a proyectos existentes. Es un operador poderoso de 3.2", la pantalla TFT de 400x240 pantalla resistiva de 3.2" de pantalla táctil, 4MB Flash, 2 KBytes de memoria RAM, 65 mil colores.

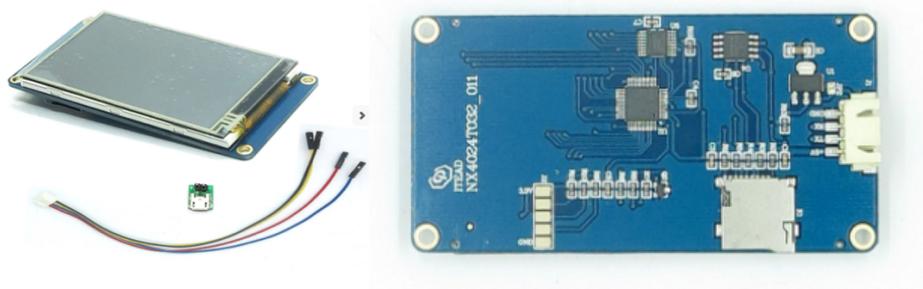


Figura 1.9. Pantalla inteligente Nextion NX4024T032

Fuente: (hetpro-store, 2017)

1.6.5. SENSOR DE HUMEDAD Y TEMPERATURA DHT22

El DHT22 es un sensor digital de humedad y temperatura digital de bajo costo y fácil de usar. Este sensor es ideal para la detección del medio ambiente y registro de datos y es perfecto para estaciones meteorológicas o sistemas de control del humidificador. Todo lo que necesita para la comunicación es la línea de datos ADC para obtener lecturas de humedad relativa y lecturas de temperatura muy precisas.



Figura 1.10. Sensor de humedad y temperatura DHT22

Fuente: (sparkfun, 2017)

1.6.6. NIQUELINAS

Niquelina tubular 110V 300W especialmente diseñado para aplicaciones de calefacción, son elementos que se fabrican a base de níquel, donde la energía eléctrica se transforma en calor.



Figura 1.11. Calentador de cartucho de cerámica.

Fuente: (termokew, 2017)

1.6.7. VENTILADORES

Un ventilador es un conjunto de motor y álabes que tiene como función principal desplazar un gas (normalmente aire) de un lugar a otro.



Figura 1.12. Ventilador de pc.

Fuente: (computerhoy, 2017)

1.6.8. FUENTE DE ALIMENTACIÓN

La fuente de alimentación o fuente de poder como también se le conoce, se define dentro del ámbito de la electrónica, como el instrumento que transforma en corriente alterna, en una o varias corrientes continuas o directas, las cuales son utilizadas para alimentar los diferentes aparatos electrónicos, tales como televisores, computadoras, impresoras, etc.



Figura 1.13. Fuente de poder.

Fuente: (computerhoy, 2017)

1.6.9. MINI BOMBA DE AGUA

Se denomina bomba de agua al dispositivo que consigue convertir la energía mecánica que posibilita su accionar en energía de un fluido incompresible que ella misma consigue desplazar. Cuando aumenta la energía del fluido (el agua), además logra incrementar su presión, su altura o su velocidad.



Figura 1.14. Bomba de agua.

Fuente: (Amazon, 2017)

1.7. CONTROL PID

El control pid es un tipo de controlador que dispone de tres acciones, la acción proporcional, la acción integral y la acción derivativa, con la cual el sistema se ajusta de mejor manera a la planta siendo uno de los sistemas más usados a la hora de realizar controles que requieren de una exactitud más precisa.

En este capítulo no se extiende en este tema ya que abarca varios puntos por aclarar, solo se da una breve explicación del sistema que se emplea para el control de la temperatura, cabe recalcar que la información pertinente para este caso se encuentra detallada en el *ANEXO 1*.

1.8. MECANISMO DE YUGO ESCOCÉS

El sistema yugo escocés es un mecanismo capaz de convertir el movimiento rotacional en desplazamiento longitudinal o viceversa, este sistema se utiliza con mayor frecuencia en los actuadores de válvulas de alta presión y tuberías de gas. (fundamentos de máquinas, 2010).

Entre las ventajas de este sistema tenemos:

Utiliza menos piezas móviles.

Tiene un funcionamiento más fluido y delicado.

Alto esfuerzo de torsión de salida con un tamaño pequeño del cilindro.

A diferencia del sistema biela-manivela este no realiza el recorrido circular completo.

Las desventajas que presenta este sistema son:

Alto desgaste de la ranura.

Altas presiones de contacto.

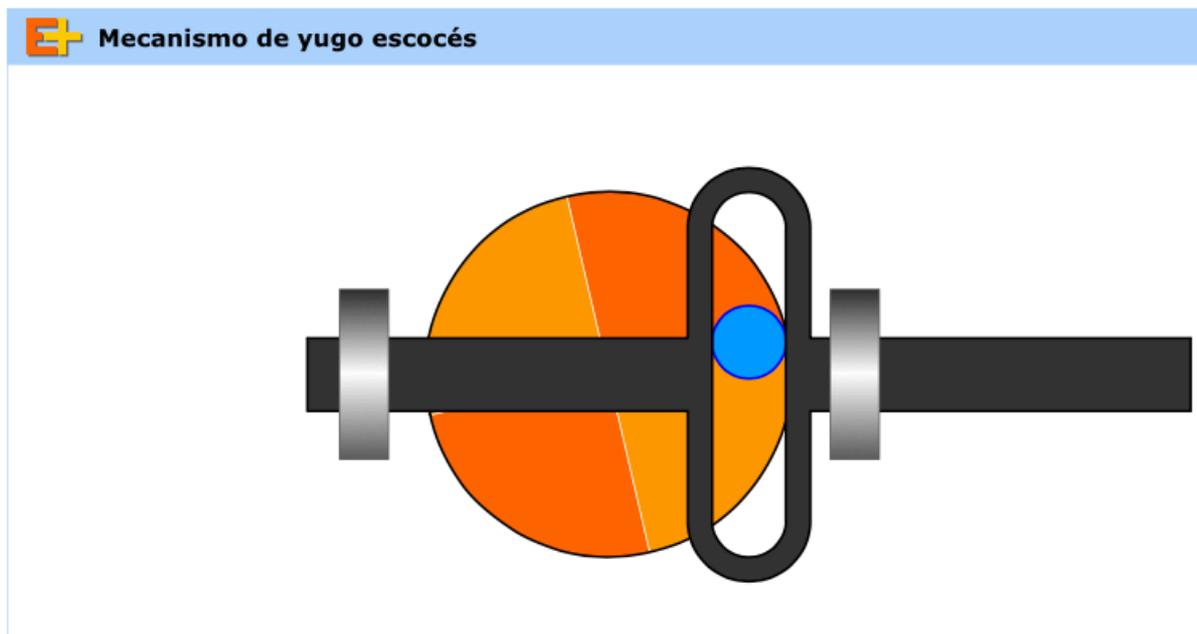


Figura 1.15. Mecanismo yugo escocés.

Fuente: (educaplan.org, 2018)

1.9. TIPOS DE SISTEMAS DE TRANSFERENCIA DE CALOR

La transferencia de calor se la puede realizar de distintas formas, pero se selecciona una dependiendo del sistema y la aplicación que se le va a dar.

- Transferencia por conducción
- Transferencia por convección
- Transferencia por radiación

1.9.1. TRANSFERENCIA POR CONDUCCIÓN

La transferencia de calor por conducción es la transferencia de energía debida a las interacciones entre las partículas en el interior de un material. La transferencia de calor por

conducción está directamente relacionada con el gradiente de temperatura dentro del cuerpo y está gobernada por la ley de Fourier de conducción de calor. (Kenneth Wark).

1.9.2. TRANSFERENCIA POR CONVECCIÓN

La transferencia de calor por convección es la transferencia de energía entre la superficie de un sólido y un líquido o un gas debido al movimiento del fluido. El mecanismo real es una combinación de conducción en la entre fase sólido-fluido y el movimiento del fluido que se lleva la energía. (Kenneth Wark).

1.9.3. TRANSFERENCIA POR RADIACIÓN

La transferencia de calor por radiación es la transferencia de energía mediante radiación electromagnética. La energía transferida por radiación puede emitirse desde una superficie o desde el interior de fluidos transparentes y sólidos. A diferencia de la transferencia por conducción y convección la transferencia por radiación puede producirse en el vacío. (Kenneth Wark).

1.10. CONSEJOS ÚTILES EN LA INCUBACIÓN ARTIFICIAL

- Los huevos deben estar limpios y libres de bacterias.
- Los huevos deben mantenerse fríos desde el momento de su recolección hasta ser colocados en la incubadora. Cualquier incremento en la temperatura (ej.: 80 F o 26,6 C en las gallinas) ayudara a un verdadero desarrollo del embrión. Si llega alguna vez a esta temperatura, no deben ser enfriados nuevamente pues los embriones en desarrollo pueden ser aniquilados.
- Al almacenarse los huevos debe mantenerse una humedad relativa entre 75% y 80 %.
- Es aconsejable no almacenar los huevos más de 7 u 8 días, ya que a partir de este tiempo el índice de natalidad va disminuyendo paulatinamente.

- Se debe rechazar como huevos no aptos para la incubación a huevos quebrados o rotos por más pequeña que esta rotura sea; esto puede detectarse por tanteo o a la luz de una vela. También se debe rechazar los huevos con cascarones muy finos, que no soporten una vibración considerable.
- Los embriones toman calcio del cascaron para el desarrollo del esqueleto, por lo tanto, los cascarones se debilitan conforme el periodo de incubación avanza, por eso es necesario tener mucho cuidado al manejarlos o moverlos especialmente al final de la incubación.

CAPITULO II

2. METODOLOGÍA

2.1. INVESTIGACIÓN Y RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN BIBLIOGRÁFICA.

Para el desarrollo de este proyecto se realiza una búsqueda y recopilación de información que se pueda encontrar de trabajos realizados anteriormente, en artículos científicos, revistas especializadas, paginas especializadas, blogs, libros, tesis, entre otros.

Se realiza la investigación acerca de las incubadoras existentes en el mercado, sus usos, el tipo de control que los caracterizan, además de su relación precio servicio.

Se elabora tablas de comparación de incubadoras y se escoge las mejores prestaciones para incorporarlo en el proyecto.

2.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE INCUBACIÓN

Para un óptimo proceso de incubación existen parámetros fundamentales a controlar, estos parámetros son: Temperatura, humedad, volteo y ventilación.

Con la información obtenida en las diferentes referencias bibliográficas se llega a la conclusión que la temperatura ideal a la que tiene que estar la incubadora es, en un rango entre 37,3°C y 37,7°C, de igual manera se debe alcanzar niveles de humedad relativa entre el 50% y 70%, el volteo de los huevos de igual manera es importante ya que de esta manera se evita la adherencia del embrión al cascaron y también interviene una correcta ventilación ya que existe un intercambio de gases en el proceso.

2.3. PARÁMETROS DE DISEÑO

El diseño que se escoge para realizar la incubadora es automático conformado por dos secciones las cuales permite realizar la incubación de los huevos en dos etapas, pudiendo incubar primero 126 huevos y luego 126 más, o a su vez los 252 huevos en una sola etapa.

Funcionabilidad: Para el control de la humedad y de la temperatura se ha escogido el sensor de temperatura y humedad dht22 por ser muy preciso a la hora de realizar mediciones, además de su bajo costo, como fuente de calefacción se usa niquelinas de 300W que son accionadas mediante un control PID. Para mejor distribución de calor se usa ventiladores y de esta manera se obtiene una circulación de aire consiguiendo así, la uniformidad de la temperatura dentro de la incubadora.

Para el volteo de los huevos se utiliza motores de 2 rpm ya que el movimiento debe ser muy delicado.

Longitud: La longitud aproximada de la incubadora es de 100 centímetros.

Altura: la altura aproximada es de 95 centímetros.

Ancho: el ancho es aproximadamente de 55 centímetros.

Manufactura: Los procesos de manufactura son de un bajo nivel de dificultad, asegurando un fácil mantenimiento de sus partes.

2.4. SELECCIÓN DE MATERIALES.

La selección de los materiales se lo realiza en base costos servicio, comparado las características del elemento con su costo y disponibilidad en el mercado ecuatoriano.

2.4.1. PONDERACIÓN PARA SELECCIONAR EL MATERIAL O COMPONENTE A USARSE EN ESTE PROYECTO

Este proyecto tiene como objetivo realizar una incubadora de bajo costo para la industria avícola, por lo que los costos de los materiales tienen una validez importante en el proyecto.

Para analizar los diferentes tipos de materiales a usarse se toma en cuenta los siguientes parámetros: (se evalúa en un rango del 1 al 10).

COSTOS. - Mientras el material o producto tenga un costo más elevado obtiene una puntuación más baja, mientras si tiene un costo más bajo su puntuación es más alta.

RESISTENCIA. - Si el material tiene una gran vida útil obtiene mayor puntaje mientras que si su vida útil es más reducida este obtiene una puntuación más baja.

DISPONIBILIDAD EN EL MERCADO. - Si el producto es de origen ecuatoriano o es fácilmente encontrado en el país este obtiene más puntuación, mientras que si se requiere importar el componente del exterior este obtiene un menor puntaje.

MAQUINABILIDAD. - Si el producto es más fácil de trabajar tiene una puntuación más alta, mientras que si tiene un grado de dificultad más alto para ser maquinado este es evaluado con una puntuación más baja.

SISTEMA DE CONTROL. - Aquí se evalúa el sistema de control que se usa para manipular los componentes.

MANTENIMIENTO. – Para evaluar este parámetro se toma en cuenta cuan fácil es darle un mantenimiento o si se requiere un cuidado especial para su limpieza y desinfección, siendo el puntaje más alto para el material que menos cuidado requiera.

CONFIABILIDAD. - Mientras el material o componente tenga una confiabilidad o precisión más alta este obtiene una puntuación más alta, mientras menos confiable sea este menor es su puntaje.

CAPACIDAD. - Para los elementos que se necesite evaluar la capacidad se obtiene un puntaje más alto en comparación de los que ofrecen menos capacidad.

POTENCIA. - Para evaluar los componentes que operen bajo una potencia se las califica de acuerdo a la necesidad del proyecto comparando costo servicio.

SISTEMA DE CONTROL. – El puntaje más alto es para el componente que tenga mayores opciones de control.

2.4.1.1. ESTRUCTURA

Tabla 2.1.
Análisis de criterios para la estructura

Material	Madera (roble)	Aluminio	Acero inoxidable
Costo	9	6	6
Resistencia	8	9	9
Maquinabilidad	9	7	7
Disponibilidad	9	7	6
Mantenimiento	8	8	8
Total	43	37	36

Como se puede observar en la *Tabla 2.1.* se escoge la madera de roble para la elaboración de este proyecto, se observa que la madera cumple con los requisitos de desarrollo, así como tener un costo menor a los otros materiales.

2.4.1.2.MOTORES

Los motores sirven para generar el movimiento de las bandejas de los huevos que se realiza cada dos horas.

Tabla 2.2.
Análisis de criterios para seleccionar el motor

Componente			
Nombre	Motor paso a paso	Motor dc	Servomotor
Costo	6	8	6
Disponibilidad	6	6	6
Confiabilidad	9	8	9
Sistema de control	10	10	10
Total	31	34	31

Se comparan los diferentes tipos de componentes y se escoge los motores dc ya que no se necesita precisión que tiene un motor a pasos o un servomotor, pero tiene gran torque y un costo reducido, además que la implementación del control es más sencillo.

2.4.1.3.CALENTADORES O NIQUELINAS

Los calentadores o niquelinas ayudan a generar el calor necesario para el funcionamiento de la incubadora.

Tabla 2.3.
Análisis de criterios para seleccionar las niquelinas.

Componente		
Nombre	Niquelina tubular de acero.	Niquelina con ventilador.
Costo	8	8
Disponibilidad	9	6
Confiabilidad	9	9
Sistema de control	8	9
Potencia	9	8
Total	43	40

Se escoge las niquelinas tubulares de acero por su gran durabilidad y su costo en comparación a las niquelinas con ventilador incluido, si solo se necesitase uno sería mejor el que tiene incorporado el ventilador, pero en este caso se usan 4 ventiladores por sección resultando muy caros para el proyecto.

2.4.1.4.SENSORES

Los sensores sirven para medir la humedad, así como la temperatura del interior de la incubadora.

Tabla 2.4.
Análisis de criterios para seleccionar los sensores de humedad y temperatura.

Componente		
		
Nombre	HTU21D	DHT22
Costo	9	9
Confiabilidad	9	9
Disponibilidad	8	9
Sistema de control	9	9
Total	35	36

Se escoge el sensor DHT22 por ser más fácil de encontrar en el mercado ecuatoriano, cuenta con características bastante aceptables para el proyecto, el sensor HTU21D tiene el problema de compartir la misma dirección ya que es un sensor de comunicación I2C por lo que no se puede usar más de un sensor y en este caso se requiere de dos.

2.4.1.5.BOMBA DE AGUA

La bomba de agua sirve para mantener los niveles de agua dentro de la incubadora y así generar la humedad necesaria para el proyecto.

Tabla 2.5.
Análisis de criterios para seleccionar la bomba de agua.

Componente		
Nombre	Bomba de agua de limpiaparabrisas.	Mini bomba de agua.
Costo	9	8
Capacidad	9	0
Sistema de control	9	9
Confiabilidad	9	9
Disponibilidad	9	9
Total	45	35

Se emplea una bomba de agua de las que se usa en los automóviles para limpiar los parabrisas ya que estos cuentan con el tanque de agua y tienen el mismo precio de una mini bomba de agua que no tiene el tanque, con lo que resulta mejor para el proyecto porque se ahorra un gasto adicional en la adquisición de recipientes para almacenar el agua.

2.4.1.6.FUENTE DE ALIMENTACIÓN

La fuente de alimentación sirve para proveer de corriente los diferentes circuitos electrónicos de la incubadora.

Tabla 2.6.
Análisis de criterios para seleccionar la fuente de alimentación.

Componente		
Nombre	Fuente de alimentación de ordenadores.	Fuente de alimentación conmutada.
Costo	9	7
Disponibilidad	9	7
Confiabilidad	9	9
Potencia	8	9
Total	35	32

La fuente de alimentación que se escoge es una sencilla de las que se encuentran en los computadores ya que la potencia que necesita el sistema no es muy elevada, los cálculos para seleccionar la potencia que requiere la fuente se encuentra en el *Capítulo II*.

Una vez que se exponen los diferentes elementos a usarse, se procede a seleccionar los elementos que obtienen una mejor puntuación y se detallan las características más relevantes de estos a continuación.

2.5.MODELADO DEL DISEÑO.

Con la información recopilada de los diferentes tipos de incubadoras existentes y conociendo los materiales y componentes que se usarán en el proyecto se procede a realizar una simulación térmica de la incubadora y así comprobar los parámetros de funcionamiento.

Posteriormente se procede a realizar el ensamblaje de la incubadora, para luego realizar las respectivas pruebas y así comprobar la distribución térmica a las que se encuentra sometido, asegurando la fiabilidad del diseño.

Una vez que se verifica el diseño se procede a la adquisición de los materiales necesarios para la elaboración del proyecto.

2.6.DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE LA INCUBADORA

El diseño de la incubadora es realizado de tal manera que disponga de dos secciones para incubar, con la finalidad de poder incubar de forma escalonada en el caso de no contar con la capacidad máxima de huevos para la incubación.

Para el diseño de la incubadora se toma como referencia varios tipos y modelos de incubadoras existentes en el mercado tal como se muestra en el *Capítulo I*, con la finalidad de proponer mejoras en las existentes y para poder contar con los respectivos repuestos a la hora de realizar el ensamble de la incubadora.

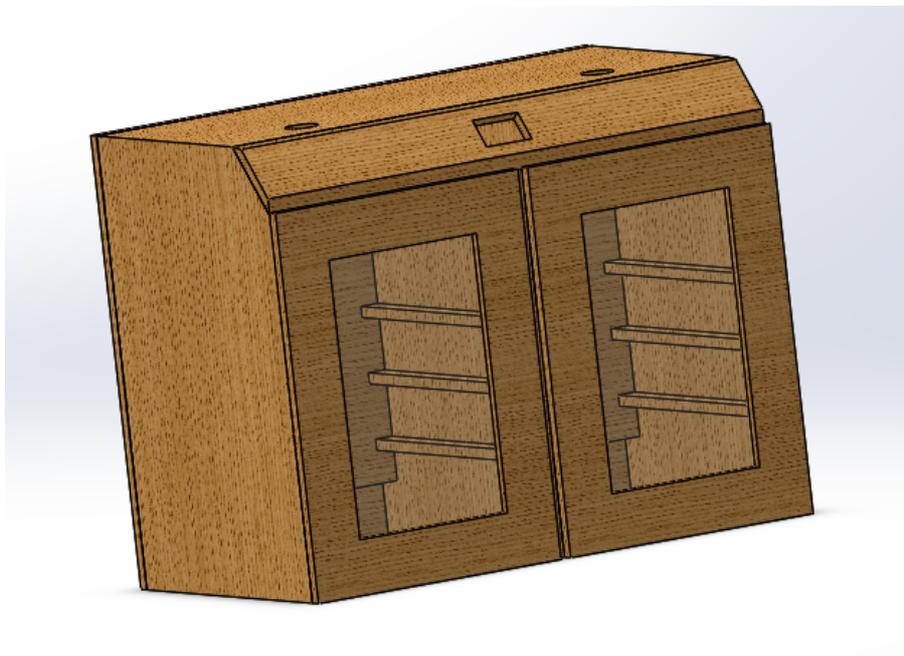


Figura 2.1. Diseño final de la incubadora.

2.7.DISEÑO DEL SISTEMA DE INCUBACIÓN

Para el diseño del sistema de incubación se ha escogido un sistema de ventilación forzada con la finalidad de disponer de toda la parte electrónica en un solo lugar y de esta manera exista una circulación de aire forzada que mantenga los niveles de temperatura y de humedad estable en todo el sistema.

El sistema de incubación cuenta con un único microcontrolador para las dos secciones con la finalidad de optimizar recursos y de esta manera reducir costos de elaboración de la misma.

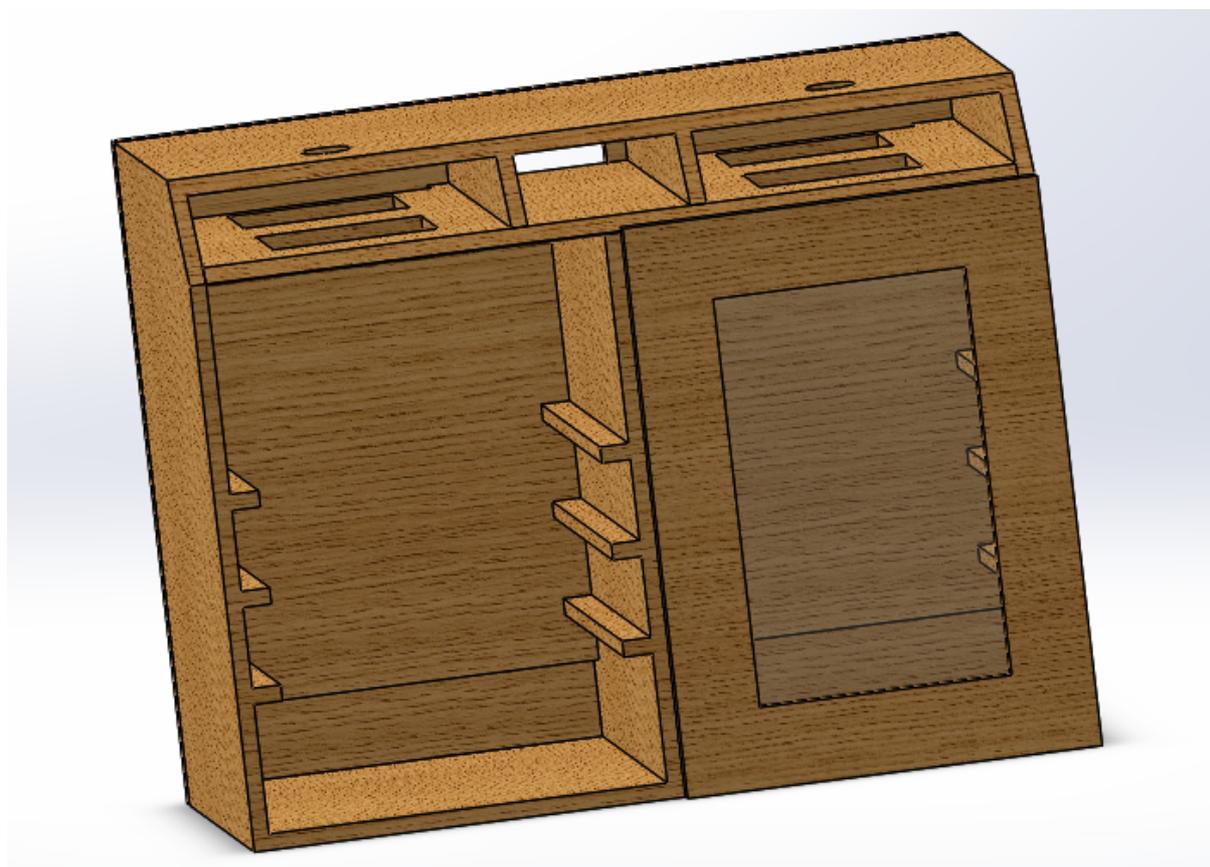


Figura 2.2. Diseño del sistema de incubación, Vista frontal.

En la *Figura 2.2.* se puede apreciar la vista frontal del diseño que se opta para la incubación, aquí se ve que la incubadora consta de dos secciones con un control independiente.

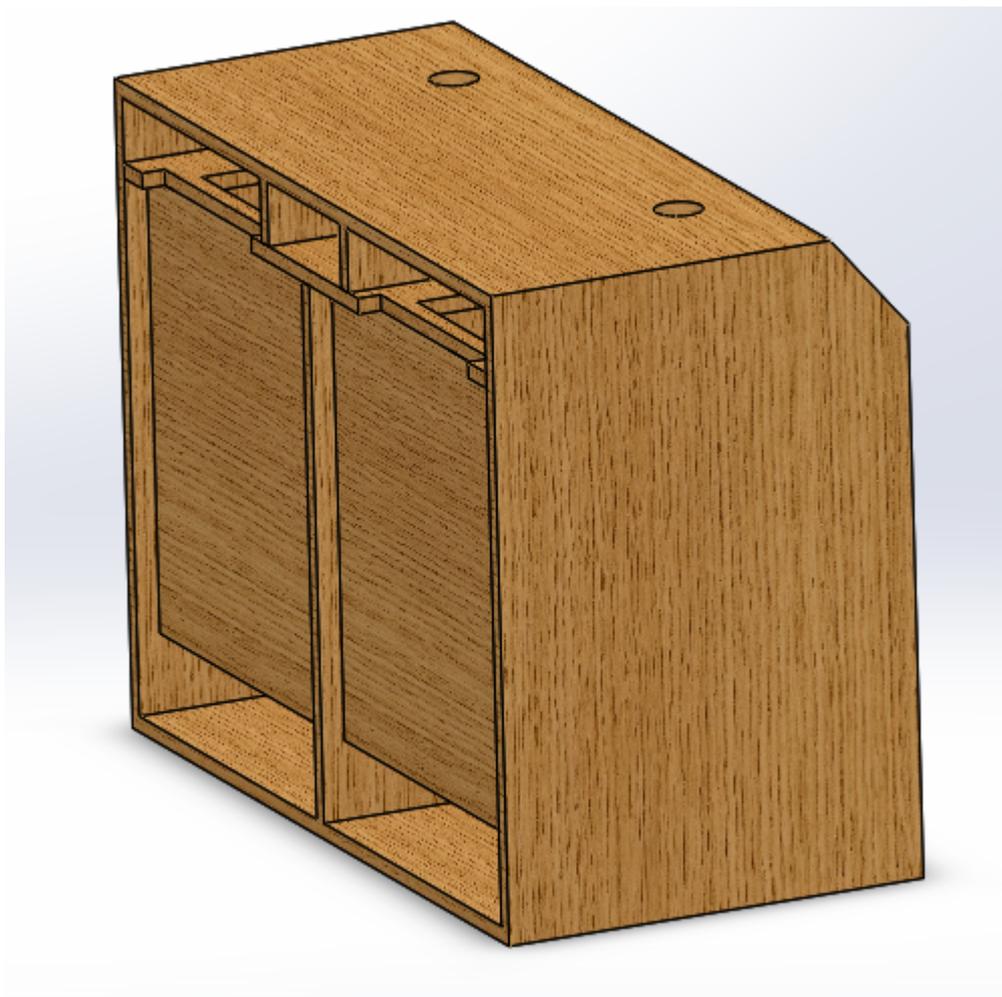


Figura 2.3. Vista posterior interna de la incubadora.

En la *Figura 2.3.* se observa que la parte trasera de la incubadora consta de dos tapas, la una que es la tapa trasera y la otra que es la que divide la sección por donde se produce la circulación de aire de la parte superior a la parte inferior de la incubadora.

2.8. DISEÑO DEL SISTEMA DE VOLTEO

Se determina que la mejor opción para realizar el volteo que requieren los huevos es usar un motor de 2 rpm ya que este ayuda a realizarlo de una forma más delicada, también se escoge un sistema de movimiento en el cual se mueven individualmente los soportes que se encuentran en la bandeja principal ayudando a economizar espacio ya que si se voltea toda la bandeja se

requiere de mayor espacio en la misma, además su ubicación es estable lo que permite realizar un mejor control de la humedad y de la temperatura.

2.9.DISEÑO DE LAS BANDEJAS PORTA HUEVOS

Para las bandejas porta huevos se opta por un diseño que permita incubar hasta 7 huevos de gallina, se usa acrílico para dar una correcta limpieza antes y después de cada etapa de incubación, con la finalidad de no proliferar bacterias u hongos, ya que estos soportes están en contacto directo con los huevos.

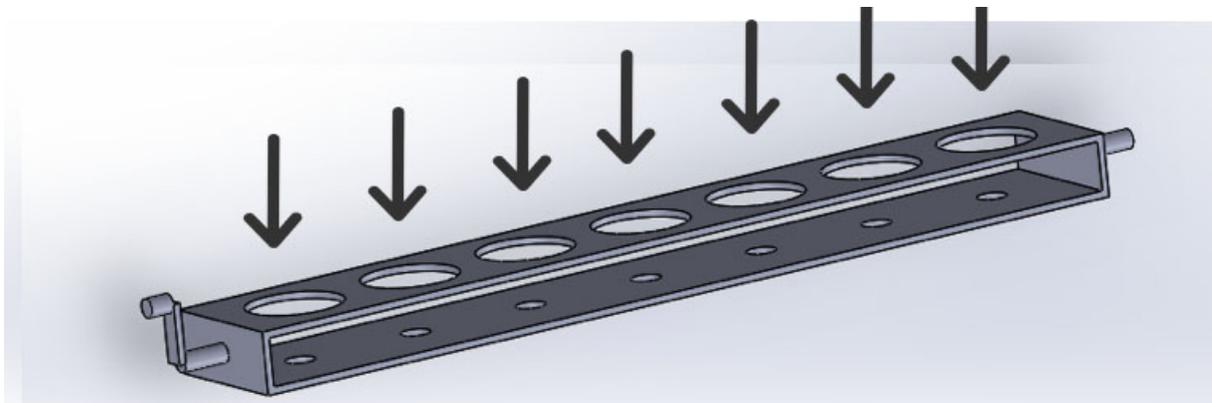


Figura 2.4.Sistema de volteo a utilizar en la incubadora.

Se realiza un diagrama de cortes y momentos como se muestra en la *Figura. 2.5*.

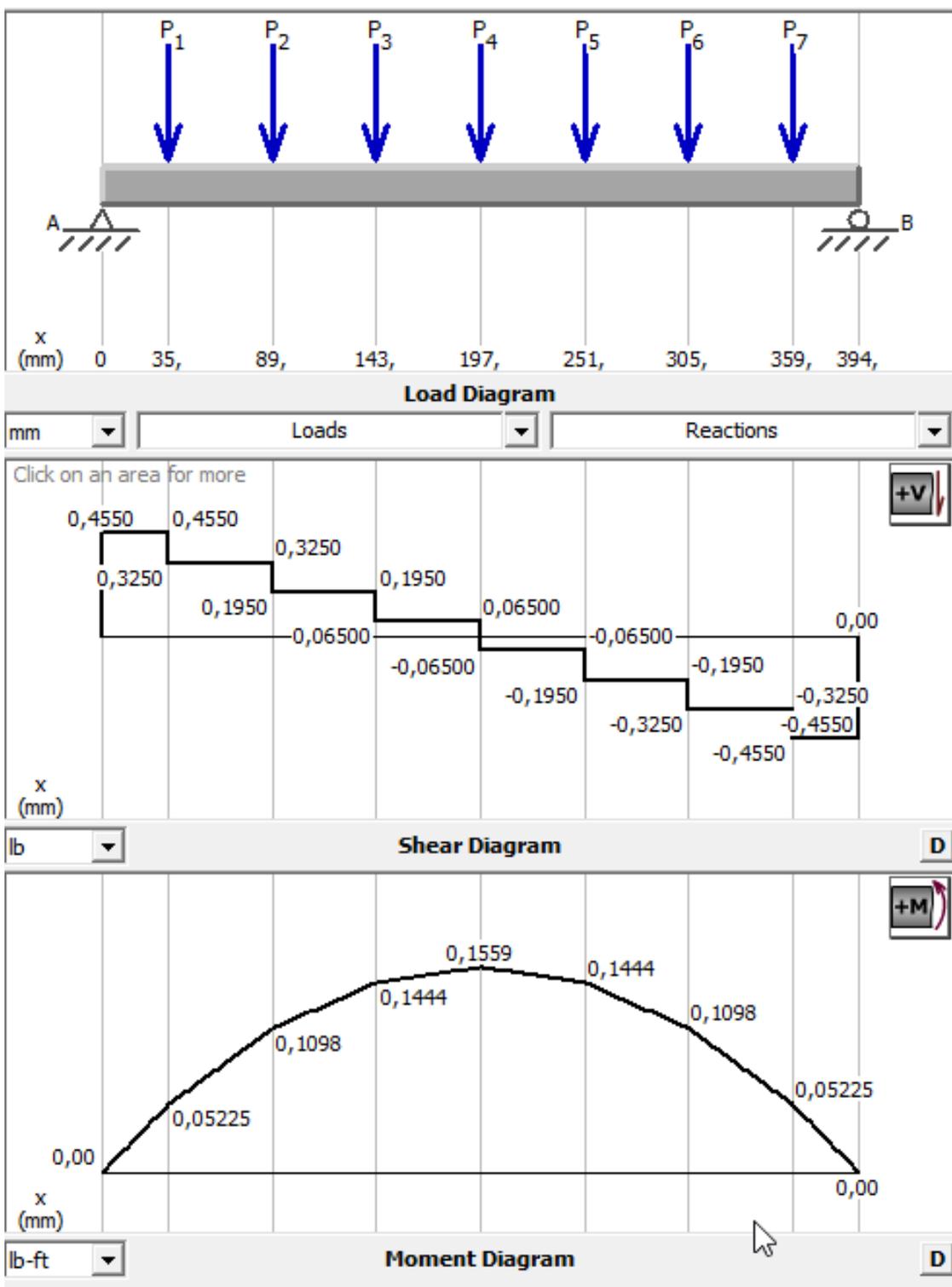


Figura 2.5. Diagramas de corte y momento.

En la *Figura 2.4.* se observa el diseño que se opta para la generación del movimiento y de sujeción de los huevos, se aprecia que cada bandeja puede almacenar 7 huevos.

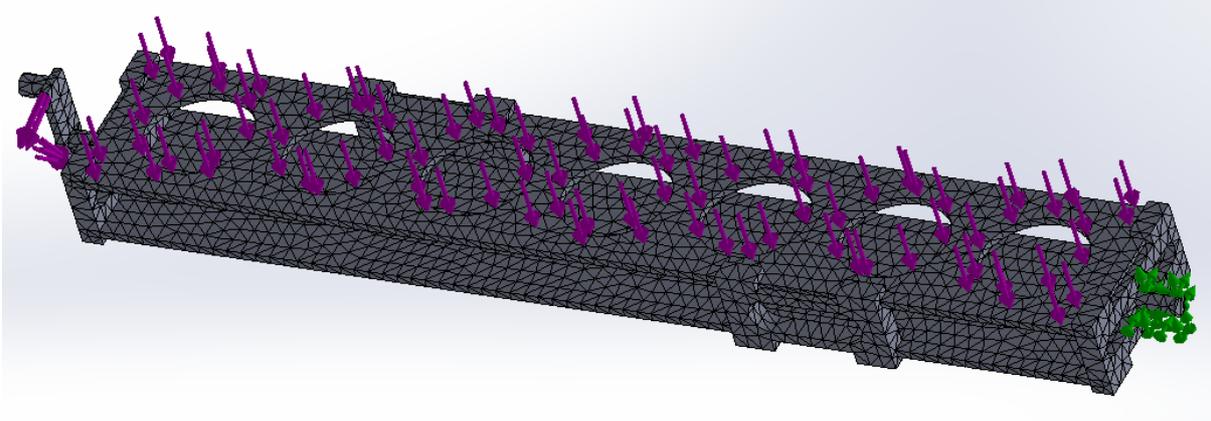


Figura 2.6.Simulación de cargas en la bandeja.

En la *Figura 2.6.* se realiza una simulación de las cargas puntuales que se aplican a las bandejas para ver el comportamiento de las mismas.

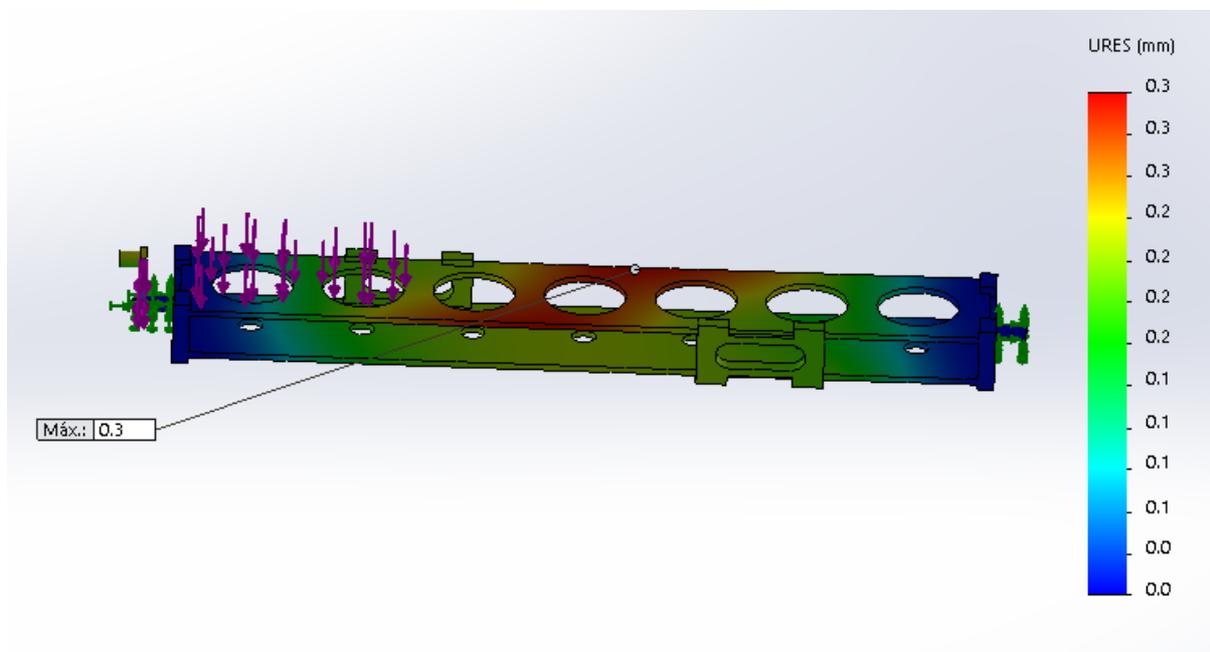


Figura 2.7.Simulación de la bandeja.

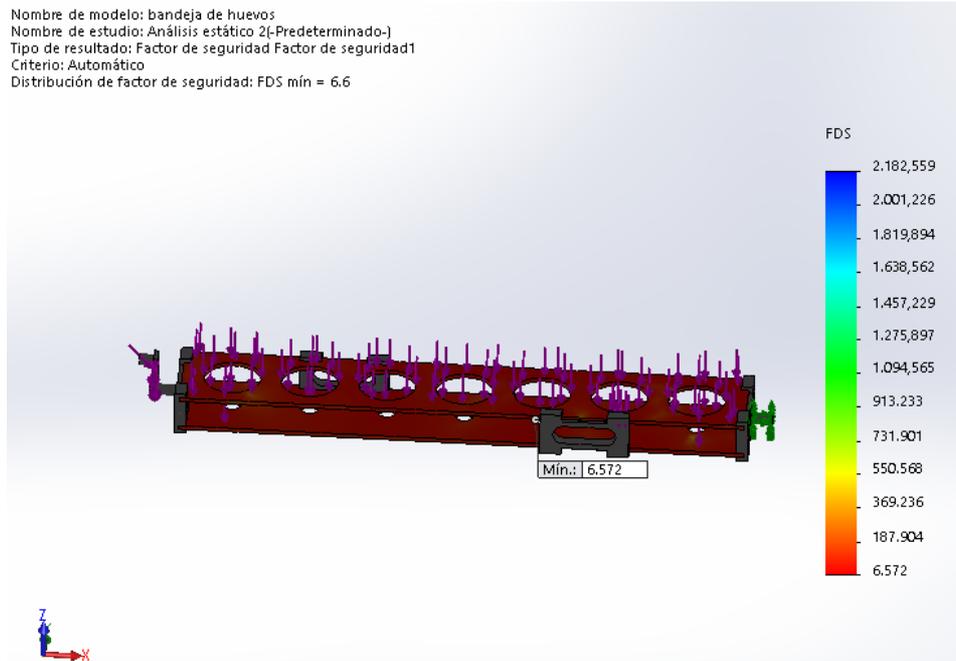


Figura 2.8. Factor de seguridad de la bandeja.

En la *Figura 2.8.* se observa que las bandejas tienen un factor de seguridad de 6.6, con lo cual se comprueba que si soportan la carga generada por los huevos.

En la *Figura 2.9.* se observa que la bandeja general consta de 6 bandejas porta huevos dando un total de 42 huevos por bandeja.

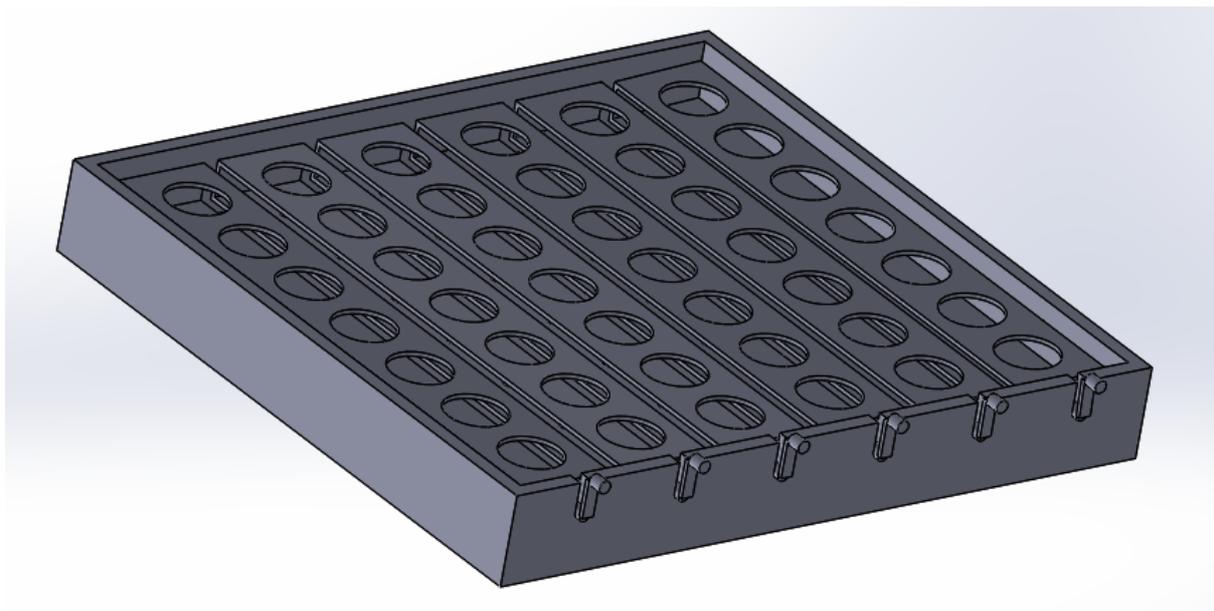


Figura 2.9.Sistema de volteo a utilizar en la incubadora.

2.10. DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN PARA EL VOLTEO

Se utiliza el sistema de movimiento yugo escocés, que funciona de forma similar a un sistema de biela-manivela, que tiene como objetivo convertir el movimiento rotacional en desplazamiento longitudinal, el volteo de los huevos con este sistema proporciona un movimiento más delicado donde la bandeja porta huevos gira sin tener que mover toda la bandeja, con esto se consigue una mayor eficacia en la transferencia de calor ya que la circulación del aire es uniforme.

Otra de las causas es que este sistema ocupa menos espacio que el sistema de volteo de toda la bandeja.

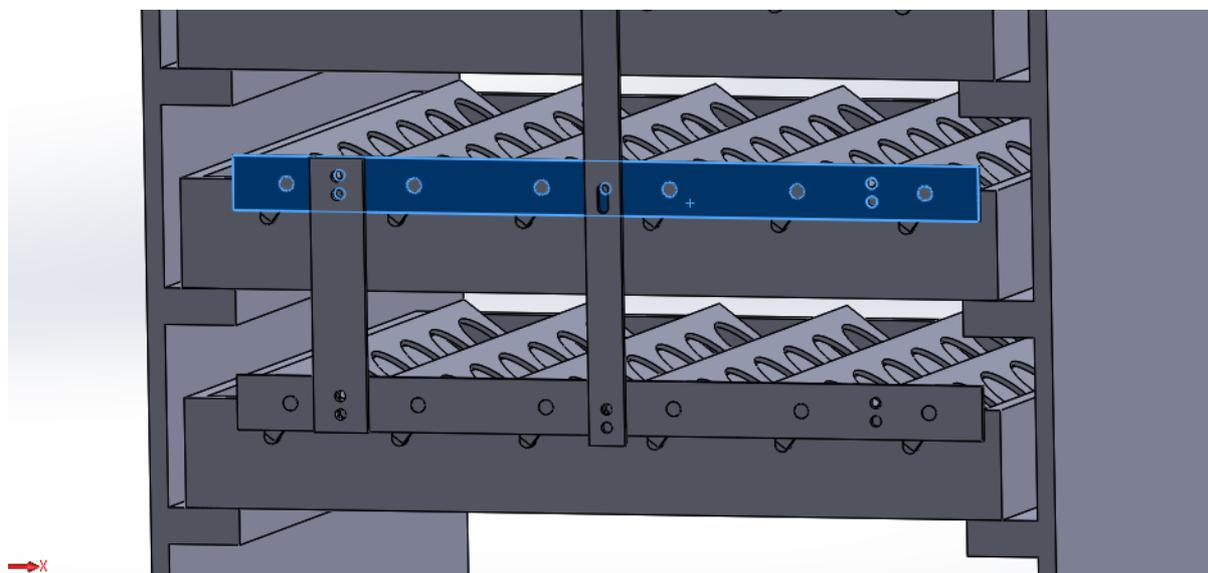


Figura 2.10. Sistema de volteo yugo escocés.

En la zona azul de la *Figura 2.10.* se aplica el torque para realizar el giro de las 3 bandejas con la ayuda del motor dc de 2rpm, el movimiento que se produce es semicircular ya que el motor tiene un acople tipo biela, provocando el desplazamiento de las bandejas en el eje horizontal, el movimiento que se consigue es aproximadamente de 45° con respecto a su eje, movimiento suficiente para evitar que el embrión se adhiera al cascaron.

Para ver la resistencia que tienen los rieles donde se apoyan las bandejas se realiza una simulación en SolidWorks, y se obtiene un factor de seguridad de 13, con lo que se asegura su óptimo funcionamiento. En la Figura 2.11. se aprecia el análisis estático. Y en la Figura 2.12. se aprecia el factor de seguridad.

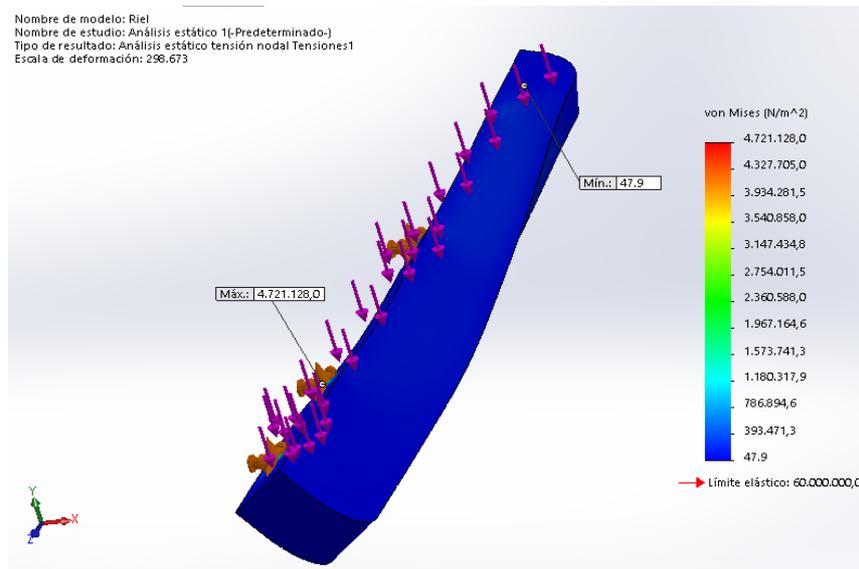


Figura 2.11. Análisis estático por método de Von Mises.

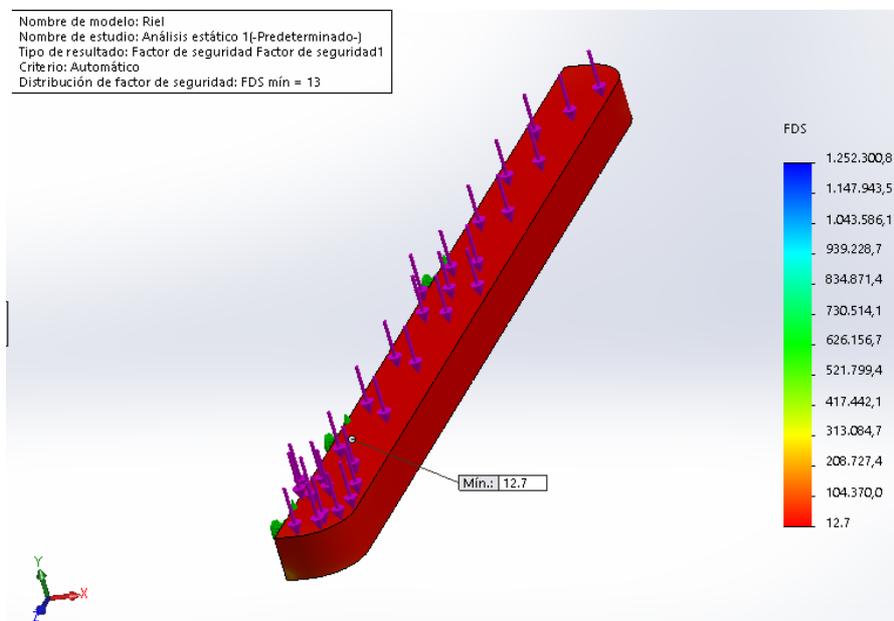


Figura 2.12. Factor de seguridad en los rieles.

2.11. CONTROL DEL VOLTEO CON MOTOR DC.

El motor dc es un actuador de tipo eléctrico que puede ser utilizado para la generación de movimiento y locomoción.

Para poder controlar a un motor DC es necesario realizar un sistema de control en lazo cerrado, el giro de los huevos se lo realiza con la ayuda de un motor dc de 2 rpm y un torque de 1N.m capacidad suficiente para mover los rieles que están unidas a las bandejas de los huevos, para controlar la posición se utiliza dos finales de carrera en cada lado de las bandejas, y para que la posición de la bandeja sea horizontal se emplea un encoder en el centro de la sección de incubación. Se hace necesaria también la implementación de un puente H. (Beristian López & Espinos Vázquez, 2010).

Este proceso se lo realiza cada dos horas desde el primer día de incubación, hasta el día 18, de ahí en adelante la posición de los huevos es horizontal para esperar el nacimiento de los pollitos.

2.12. DISEÑO DE CONTROL PARA EL SISTEMA DE CALEFACCIÓN

Para este proyecto se considera el diseño de un control PID de tuneado automático ya que el control no se ve afectado por el tiempo de respuesta, esto es debido a que los sensores dan lecturas cada dos segundos, esto es una de las desventajas del sensor empleado pero que no afectan al sistema ya que la temperatura no tiene cambios bruscos.

Cabe recordar que la variación de temperatura debe mantenerse en el rango de 37,3 grados centígrados como mínimo y a 37,7 grados centígrados como máximo, ya que pasada esta temperatura el porcentaje de nacimientos se verá seriamente reducido.

El diseño del sistema es el típico de un servosistema de una entrada y una salida, con un controlador en cascada con la planta. (C. Betancor).

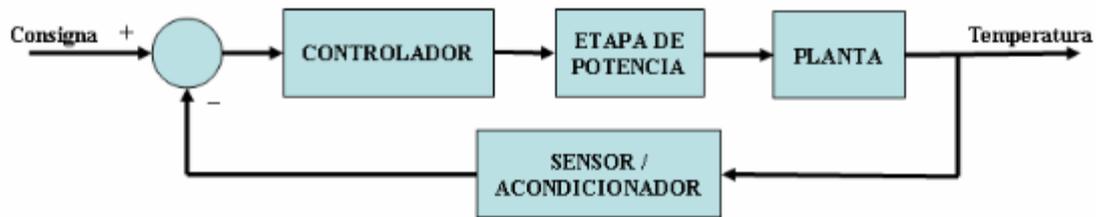


Figura 2.13. Estructura del sistema o planta.

El sistema que se muestra en la *Figura 2.13.* está conformado por un sistema térmico y como tal posee una dinámica lenta, siendo esto una ventaja para la aplicación que se realiza ya que el cambio de temperatura no debe ser brusco.

El sistema está constituido por el sensor DHT22 y por una niquelina de 300W/110V, implementándose así una etapa de potencia que es controlada por el microcontrolador, este envía una señal PWM al transistor 2n222, el que está conectado a un relé de estado sólido que controla el paso de corriente a las niquelinas. El sensor de temperatura está ubicado dentro de la incubadora en la zona donde van los huevos, el mismo que mide la temperatura del sistema para poder controlarlo.

Para el tipo de planta que se controla es suficiente una identificación clásica, utilizando el escalón como señal de prueba. La función escalón es la señal que más se ha aplicado en la práctica convencional del control automático, obteniéndose con ella modelos sencillos suficientemente exactos. En el *ANEXO 1* se encuentra detallada la información pertinente al PID utilizado en el proyecto.

2.13. CONTROL ON/OFF PARA LA HUMEDAD RELATIVA

Para el control de la humedad relativa se utiliza un control on /off, ya que la capacidad de incubación no es muy grande y no se requiere de un control más exacto de este parámetro, ya que la humedad relativa se mantiene en estos rangos (60% - 70%) sin necesidad de un control adicional y lo único que se requiere es mantener el nivel de agua en las bandejas de agua.

El control para obtener la humedad relativa dentro de la incubadora consiste en un sensor de nivel de agua y una bomba de agua, las que tienen como objetivo mantener los niveles de agua dentro de la bandeja de agua que se encuentra en la zona superior de la incubadora.

A partir del día 18 se prende una niquelina dentro del recipiente de agua para aumentar su índice de evaporización con lo que se aumenta la humedad relativa dentro de la incubadora para que este alcance una humedad entre el 70% y 80% ayudando a que los cascarones se rompan con mayor facilidad el día del nacimiento de los pollitos.

2.14. CALCULO PARA DETERMINAR LA POTENCIA REQUERIDA POR LA INCUBADORA

Para calentar la incubadora se escoge un sistema de calentamiento por convección forzada , ya que la transferencia se la realiza por forzamiento de aire, el cual mediante los ventiladores conducen el aire caliente desde la zona más caliente de la incubadora ubicada en la parte superior de la misma hasta la zona baja para que esta circule por la incubadora y salga por la parte superior manteniendo una uniformidad de la temperatura dentro de está cumpliendo así el objetivo de mantener todos los huevos a una temperatura de 37.5 ° C para mejorar las condiciones de desarrollo de los embriones.

Datos necesarios para cálculos

Considerando los principios de la termodinámica se tiene que la transferencia de calor se da por diferencia de temperatura, como se demuestra en la siguiente fórmula:

Ecuación 1. Formula para calcular la cantidad de calor.

$$Q = m * c * \Delta T$$

Donde:

Q= cantidad de calor transferida

m= masa del cuerpo

c= calor específico del material

ΔT = diferencia de temperatura

Dimensiones de cada sección de la incubadora 59cm x 66 cmx 56cm

Volumen de la incubadora = 218064 cm³

De aquí obtenemos que la incubadora tiene 0,218 m³ de volumen de aire

Densidad del aire = 1,2 kg/m³

Masa total del aire en la incubadora 0,261 kg dentro de la incubadora

Temperatura inicial = entre los 20° C y 22° C

Temperatura final = 37,5 ° C

Calor específico a volumen constante para el aire es de $C_v = 1.007 \text{KJ} * \text{Kg}^{-1} * ^\circ\text{C}^{-1}$

Para realizar un balance de la energía al interior de la incubadora se usa la formula mencionada anteriormente:

$$Q = 0,218Kg * 1,007 \frac{KJ}{Kg * ^\circ C} * (37,5^\circ C - 20^\circ C)$$

$$Q = 3.842KJ$$

$$Q = 914,4 \text{ calorías}$$

A esto se aplica la ley de joule la cual tiene como fórmula la siguiente:

Ecuación 2. Ecuación para calcular la potencia eléctrica.

$$P = I^2 * R$$

$$Q = P * t * 0,24(\text{calorías})$$

Se considera un tiempo de 30 segundos para el cálculo y se obtiene:

$$P = \frac{Q}{0,24 * t} = \frac{914,4cal}{0,24 * 30seg}$$

$$P = 127W$$

Para esta aplicación se utiliza una niquelina de 300 W (se la pone de un valor del doble del obtenido en los cálculos para no forzar las niquelinas al inicio de la incubación ya que empieza a calentar el sistema aproximadamente desde los 20°C).

2.15. CÁLCULOS PARA DETERMINAR EL CONSUMO DEL SISTEMA ELECTRÓNICO

Para el cálculo del consumo del sistema electrónico, se procede a calcular la potencia total que consumen los diferentes componentes electrónicos. Se usa la *Ecuación 4*. Para determinar la potencia de cada elemento.

Ecuación 3. Ecuación calcular la potencia.

$$P = V * I$$

Donde:

P = Potencia

V = Voltaje

I = Corriente

Consumo de los ventiladores

Los ventiladores trabajan a 12 V dc y 0,14 A

$$P = 12 * 0,14$$

$$P = 1,68W$$

como se utiliza 8 ventiladores, 4 por cada seccion, multiplicamos por 8.

$$P_{ven} = 1,68 * 8$$

$$P_{vent} = 13,44W$$

Consumo de la bomba de agua

Las bombas de agua trabajan a 12V dc y a 0,16A. Usando la *Ecuación 4*. Se obtiene.

$$P = 12 * 0,16$$

$$P = 1,92W$$

Como se usan 2 bombas de agua, una para cada sección, tenemos.

$$P = 1,92 * 2$$

$$P_{bom} = 3,84W$$

Consumo de la pantalla Nextion 3,2”.

Según el fabricante el consumo de la pantalla es de 0,085 W.

Consumo del arduino mega 2560.

Según el fabricante el consumo del arduino mega 2560 es de 0,05W

Consumo de luces led 12V

Según el fabricante el consumo es de 0,08W.

Consumo de los motores

Según el fabricante la potencia requerida por los motores es de 2-3W.

Como son 2 motores la potencia requerida es de 6W.

Consumo requerido de la parte electrónica

Para obtener el consumo total se suma todo el consumo requerido por las diferentes partes electrónicas de la incubadora siendo el consumo total:

$$P. \text{ total} = 13,44W + 3,48W + 0,085W + 0,05W + 0,08 + 6W$$

$$P. \text{ total} = 23,44W$$

Este es el consumo total del Sistema electrónico, cabe recalcar que las niquelinas están conectadas al sistema eléctrico de 110V, por esta razón no se las suman en el consumo electrónico.

El consumo total de la incubadora se obtiene sumando la potencia requerida por el sistema electrónico y el sistema eléctrico:

$$Potencia \text{ Total} = P.S. \text{ Electrónico} + P.S. \text{ Eléctrico}$$

$$Potencia \text{ Total} = 23,44W + 600W$$

$$Potencia \text{ Total} = 623,44W$$

de los cálculos se obtiene que la potencia que requiere la incubadora cuando está funcionando las dos secciones es de 623,44W.

2.16. PROGRAMACIÓN

La programación para el control de la incubadora se la realiza utilizando la interfaz de arduino, por su simplicidad para programar, así como la facilidad de integración de los sensores y demás componentes que integran la incubadora.

Se detalla el funcionamiento de cada parámetro que se controla en la incubadora y posteriormente el funcionamiento de todo el sistema de incubación en los siguientes diagramas de flujo.

El diagrama que controla el movimiento en la incubadora consiste en leer la posición de las bandejas mediante los finales de carrera, para cambiar su posición cada dos horas aproximadamente 45° hasta el día 18 de incubación.

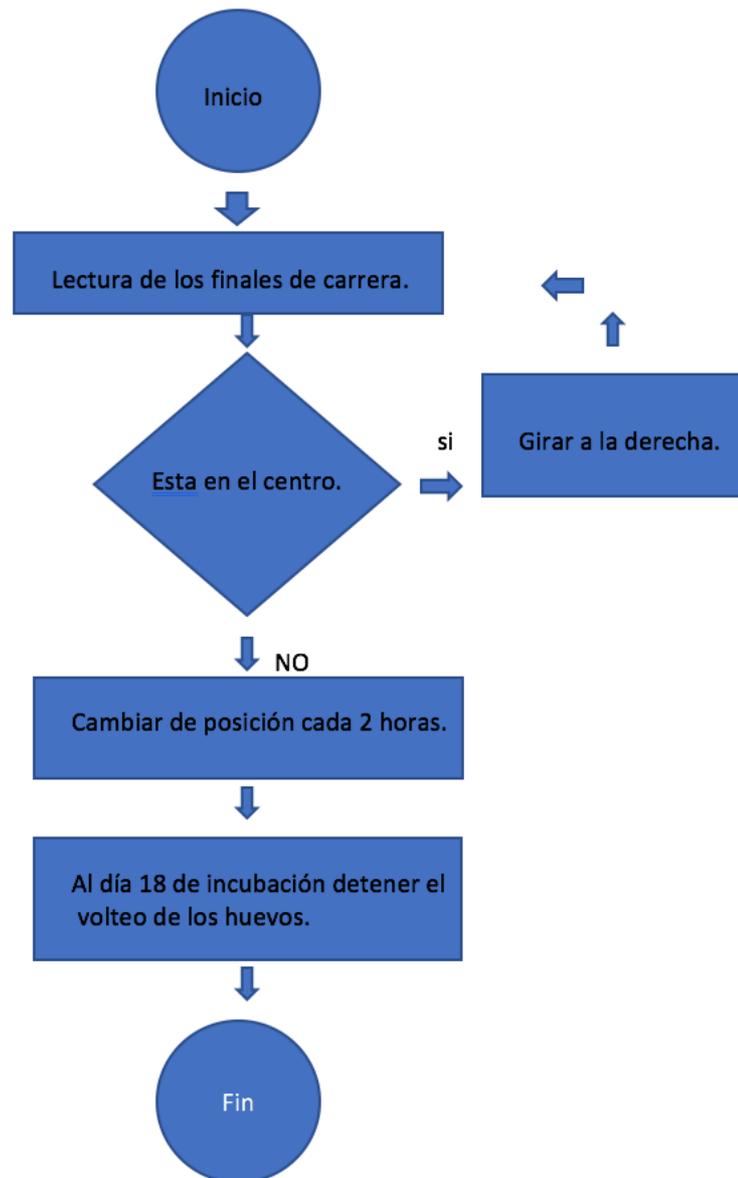


Diagrama de flujo del sistema de volteo.

En el siguiente diagrama de flujo se describe el funcionamiento básico del sistema de calefacción que consiste en el leer el sensor DHT22 para obtener la temperatura y mantener los valores en un rango entre 37.3y 37.7°C.

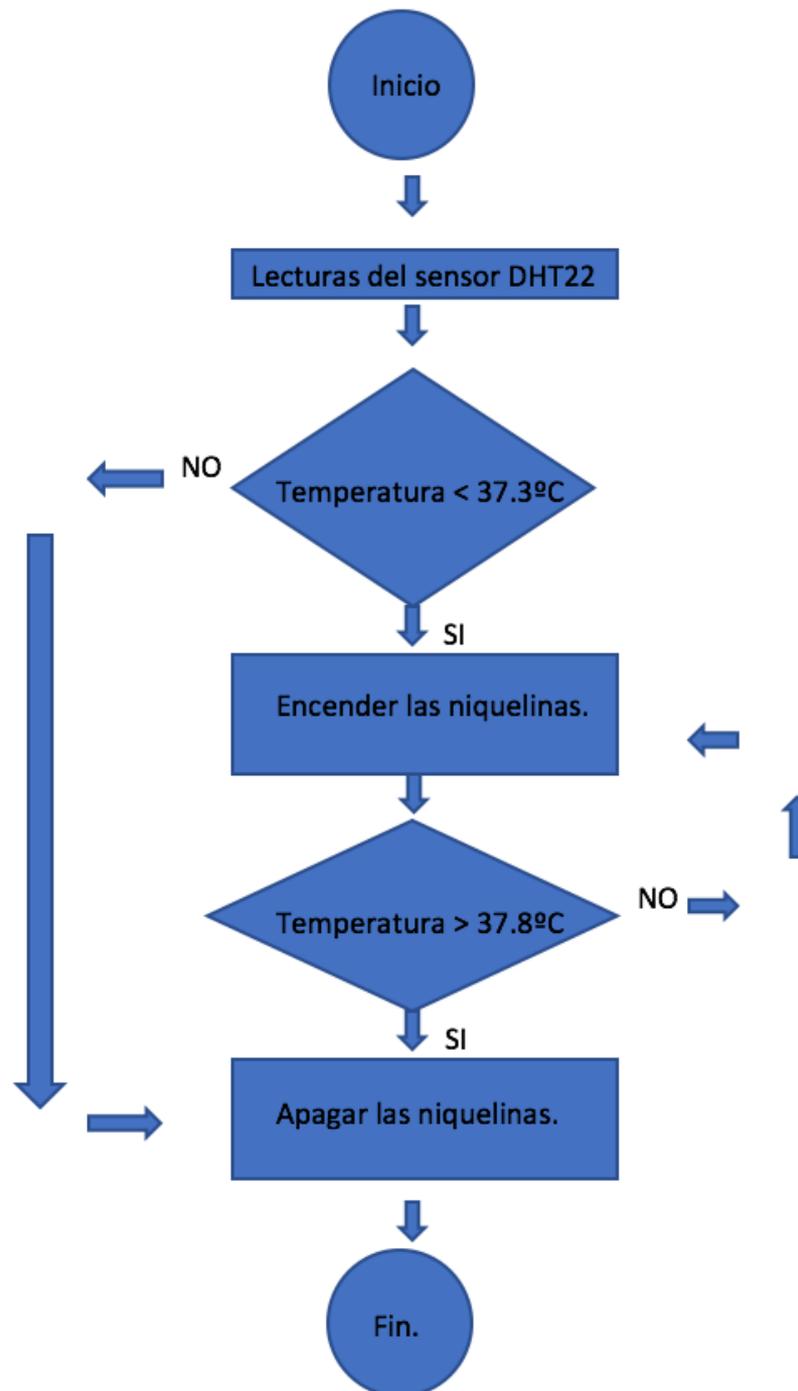


Diagrama de flujo del sistema de calefacción.

En el siguiente diagrama de flujo se describe el funcionamiento del sistema de humidificación que mantiene los niveles de agua en las bandejas, con esto se genera la humedad relativa que requiere la incubadora para un óptimo funcionamiento, la humedad oscila entre el 50% y 70%.

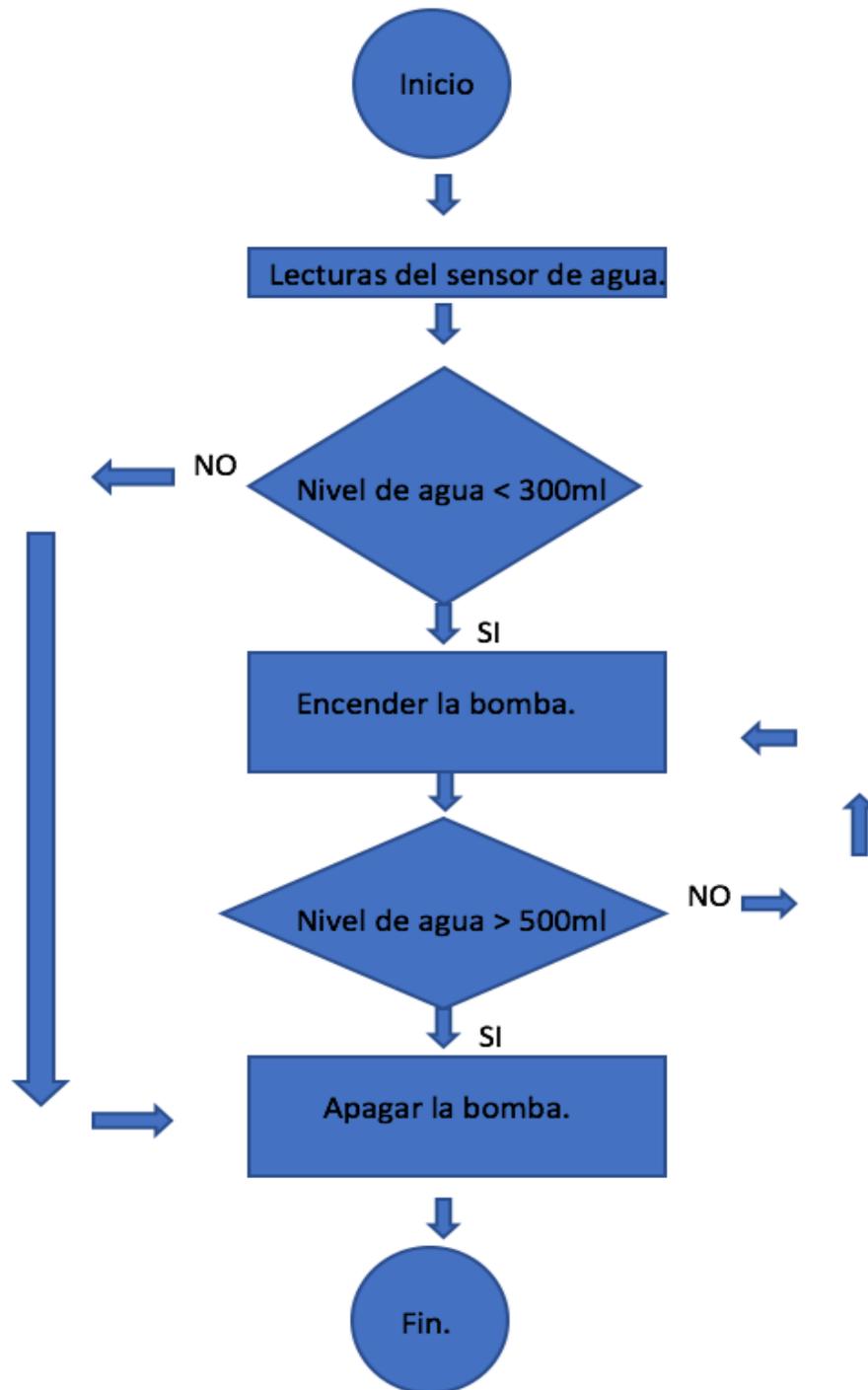


Diagrama de flujo del sistema de humidificación.

Una vez que se detalla el funcionamiento de cada parámetro que se controla se realiza el diagrama de flujo que se utiliza en el sistema de incubación en este proyecto.

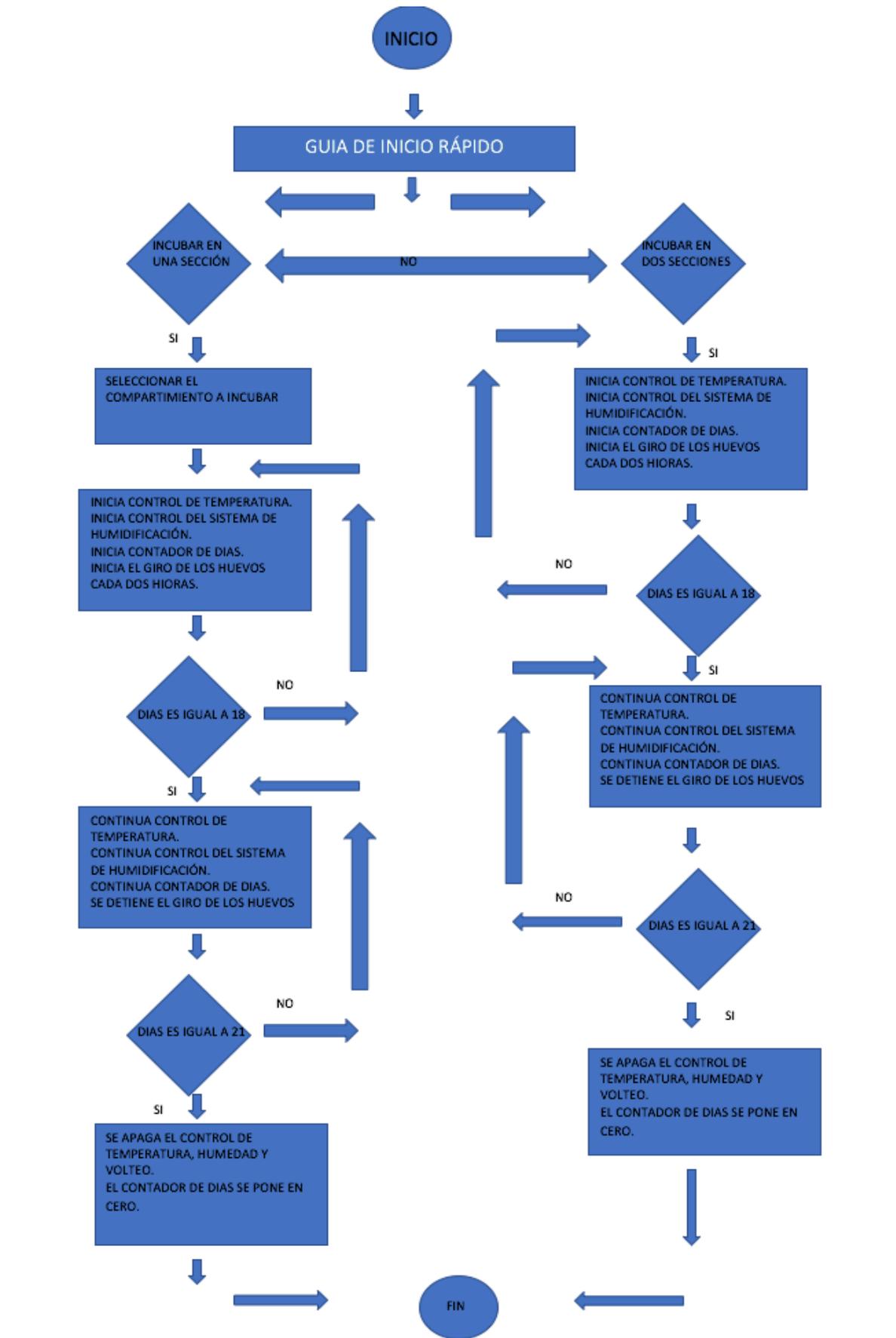


Diagrama de flujo del sistema de incubación implementado.

La incubación finaliza al día 21 con lo que los valores se restablecen a cero automáticamente para esperar a iniciar otra etapa de incubación.

2.17. INTERFAZ HMI

El interfaz humano maquina se realiza con una pantalla Nextion de 3,2”, la cual es una pantalla grafica con sistema touch, en la que se programa una botonera para controlar el inicio de incubación de cada sección, además del encendido de luces.

Para programar la pantalla Nextion se utiliza el programa “Nextion Editor” que es una aplicación para diseñar la interfaz de la pantalla en la que se puede agregar botones, cuadros de texto, botones de doble estado, sliders, etc. La pantalla cuenta con una memoria integrada por lo que no consume recursos del microcontrolador arduino, en la pantalla se puede programar varias páginas y todas a color lo que resulta más agradable a la vista del operador.

En la *Figura 2.14.* se muestra la interfaz de programación de la aplicación “Nextion Editor” y todos los componentes que se pueden emplear para realizar las aplicaciones requeridas.

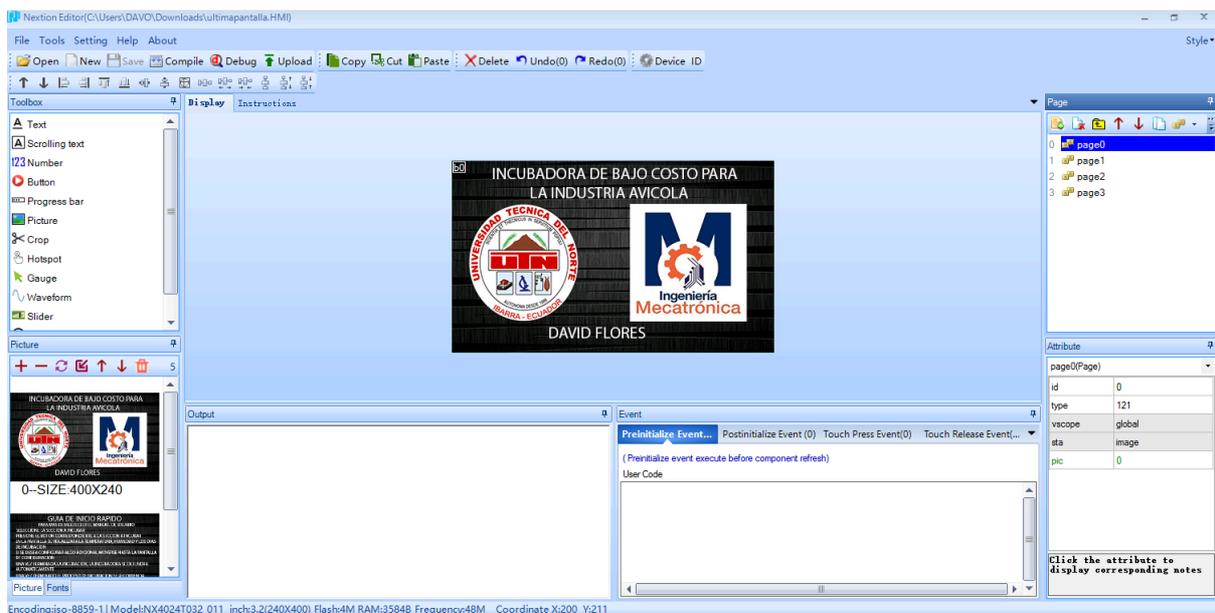


Figura 2.14. Pantalla principal.

En la pantalla se visualiza la temperatura, humedad, días de incubación, así como la hora y la fecha. En la *Figura 2.15*. se observa la pantalla principal de la incubadora.



Figura 2.15. Pantalla principal.

En el caso de desconexión de la incubadora se realiza una página donde se configuran los días de incubación, la *Figura 2.16*. indica la función de cada botón en la pantalla en la pantalla de configuración.



Figura 2.16. Pantalla de configuración de los días de incubación.

La pantalla usa conexión serial por lo que solo se necesitan cuatro cables para poner en funcionamiento, un cable para voltaje, uno para gnd y dos cables de conexión serial RX y TX. Para usar con el arduino mega solo se necesita incorporar las librerías de la pantalla y se puede seguir usando las diferentes funciones con las que cuenta. En el caso del arduino mega el uso de las librerías se las hace sin ninguna modificación, pero si se usa un arduino diferente se debe especificar el puerto serial que se va a utilizar para no tener problemas con el puerto de depuración de arduino.

Tanto las librerías como la aplicación para programar la pantalla se encuentran en la página del fabricante ITEAD.

2.18. ENSAMBLAJE

La incubadora se la realiza de tal forma que permite realizar un mantenimiento adecuado de sus partes. En la *Figura 2.17.* se aprecia cómo queda armada, y en la *Figura 2.18.* las diferentes partes que la componen.

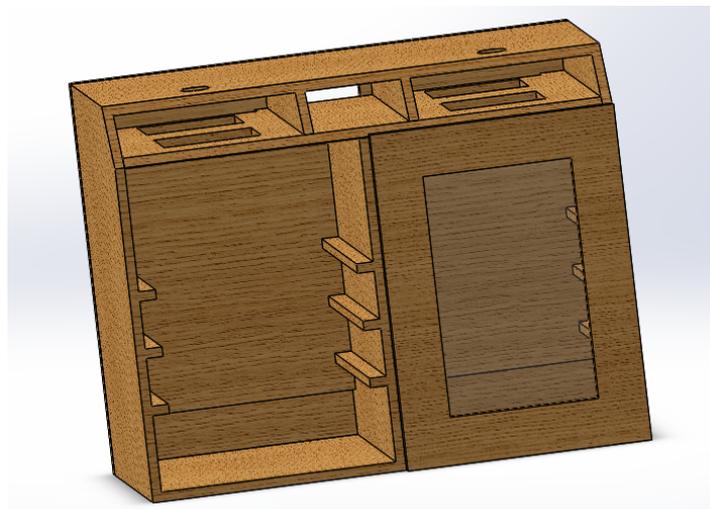


Figura 2.17. Estructura del sistema

A continuación, se detallan los componentes que se usan para la elaboración de la estructura de la incubadora.

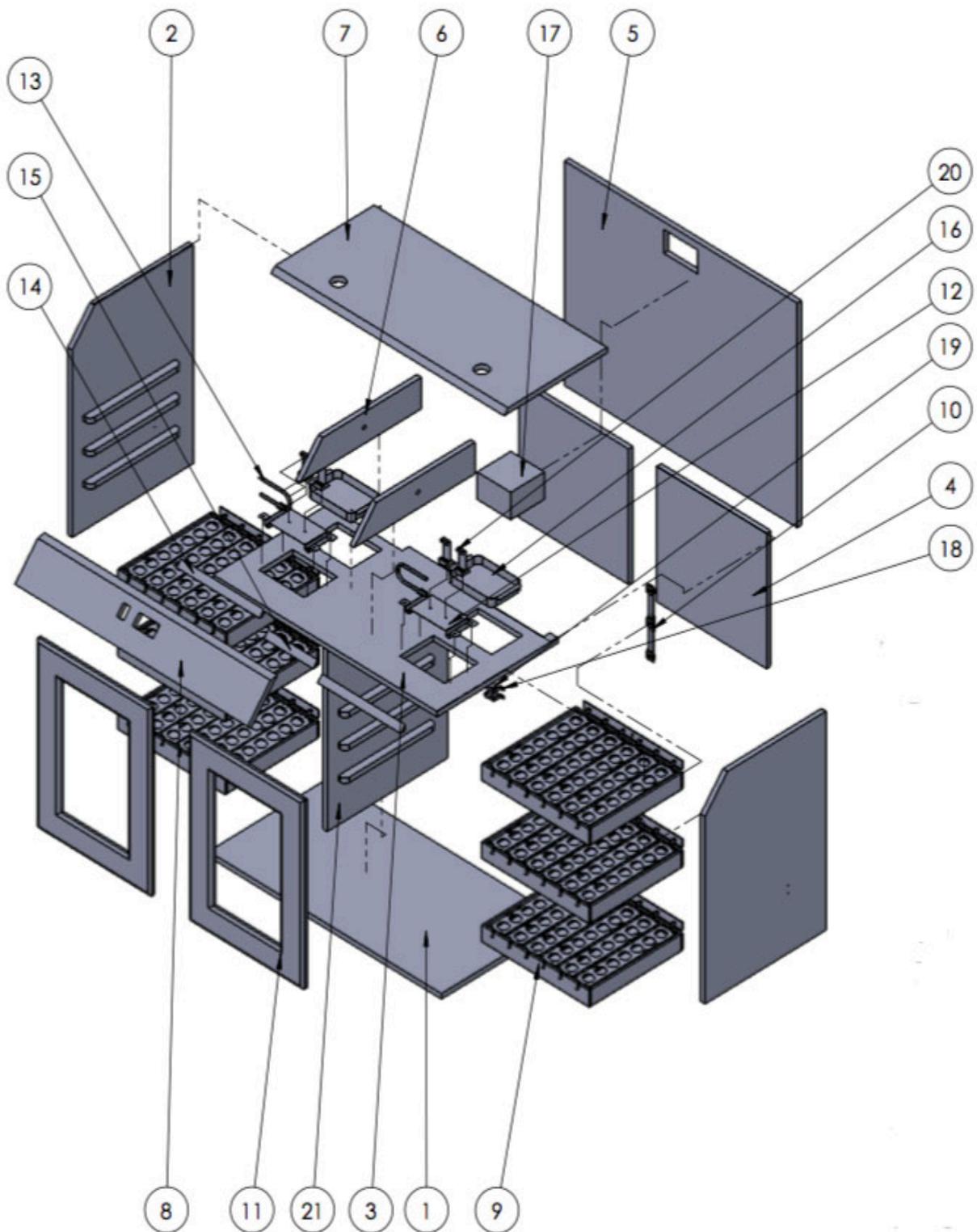


Figura 2.18. Montaje de la estructura del sistema

Tabla 2.7.

Procesos de ensamblaje para la incubadora

No. De pieza	Denominación
1	Tapa inferior
2	Tapa lateral
3	Tapa medio
4	Segundo fondo
5	Tapa posterior
6	División
7	Tapa superior
8	Tapa panel
9	Bandejas de huevos
10	Barra de movimiento
11	Puerta
12	Plancha para la niquelina
13	Niquelina
14	Ángulo1
15	Ángulo 2
16	Bandeja de agua
17	Fuente de alimentación
18	Abrazadera motor
19	Motor dc
20	Porta Niquelina
21	División central

En la *Figura 2.19*. se observa el montaje de la bandeja porta huevos.

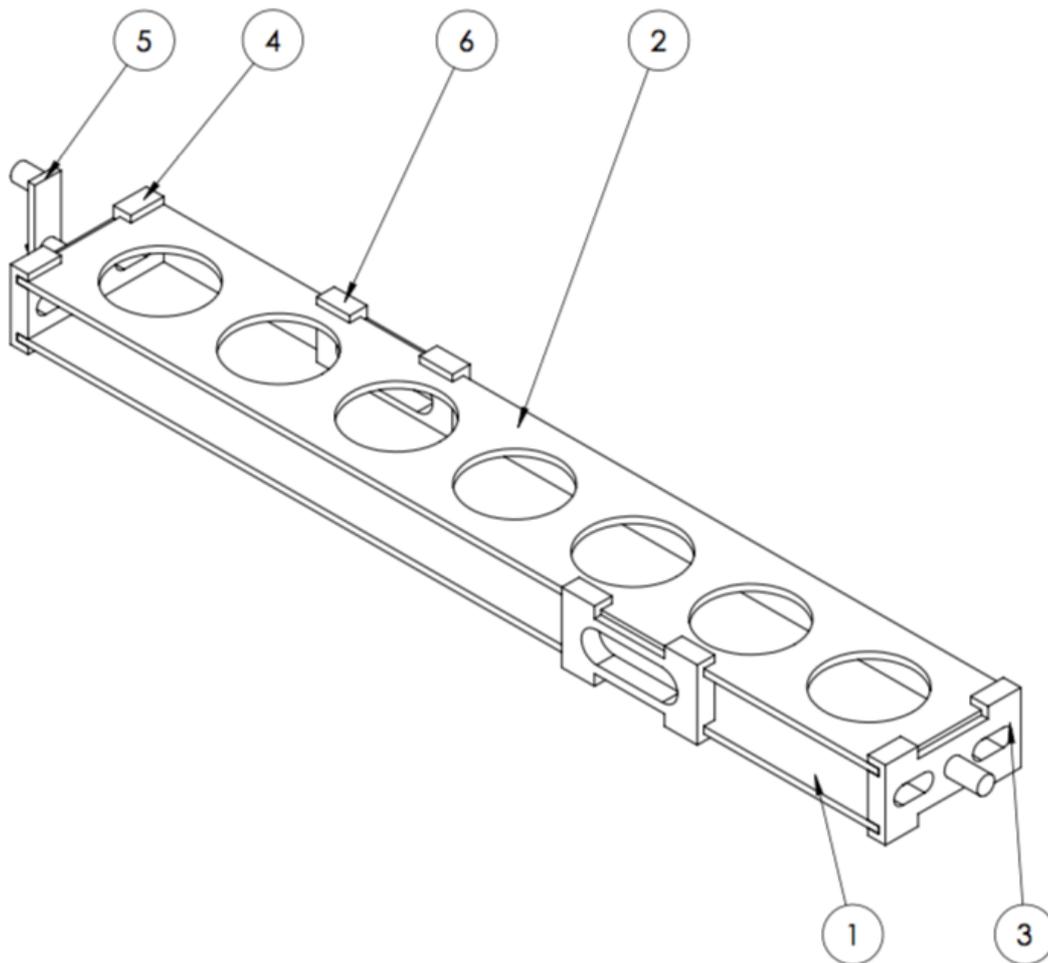


Figura 2.19.Montaje de la bandeja porta huevos

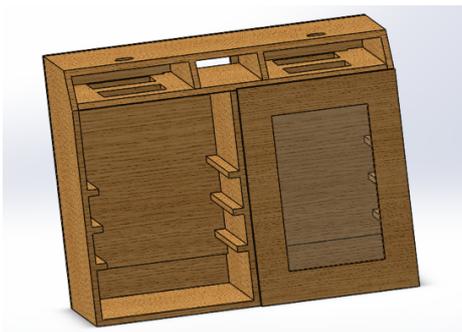
Tabla 2.8.
Procesos de ensamblaje de la bandeja porta huevos

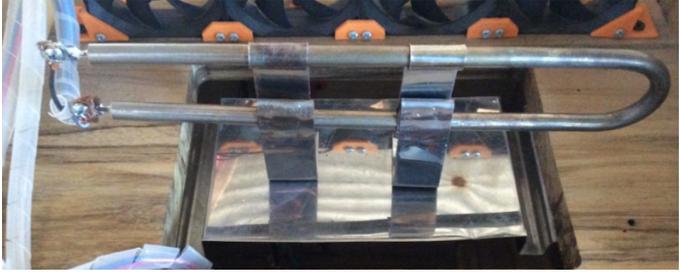
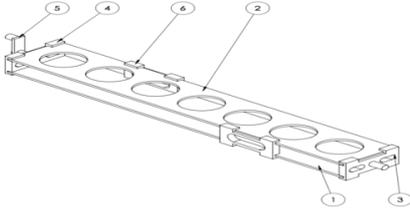
No. De pieza	Denominación
1	Placa inferior
2	Placa superior
3	Acople frontal
4	Acople posterior
5	Palanca
6	Sujetador placas

2.18.1. PROCESO DE ENSAMBLE

En la siguiente tabla se especifica los diferentes tipos de procesos que se utilizan para la elaboración de la incubadora.

Tabla 2.9.
Procesos de ensamblaje de la incubadora.

Paso	Proceso	Imagen
1	Unir las tapas laterales, tapa inferior, tapa superior, tapa del medio, segundo fondo, tapa posterior, esto para obtener la estructura de la incubadora	
2	Con las abrazaderas sujetamos el motor dc en el centro de cada sección de la incubadora en el segundo fondo.	
3	Colocamos la barra de movimiento en el motor	
4	Se unen las piezas de la bandeja de los huevos	
5	Colocamos las bandejas de los huevos en la bandeja grande de madera	

6	Colocamos la niquelina en la porta niquelinas y estas las sujetamos en la división del medio	
7	Colocamos la bandeja plástica de agua en la división del medio en la parte posterior.	
8	Colocamos la fuente de poder en el orificio de la tapa posterior.	
9	Se unen las piezas realizadas en PLA junto con los acrílicos para realizar las bandejas porta huevos	
10	Colocamos 6 bandejas porta huevos en la bandeja de grande de madera	
11	Colocamos la bandeja grande en la sección 1 o 2 y verificamos que entre en contacto con la barra que genera el movimiento.	

Una vez ensamblada la incubadora se procede a realizar el cableado e instalación del sistema eléctrico y electrónico e incorporando los diferentes elementos que conforman la incubadora. En la *Figura 2.20.* se observa el cableado y parte electrónica del sistema incorporado en la incubadora.

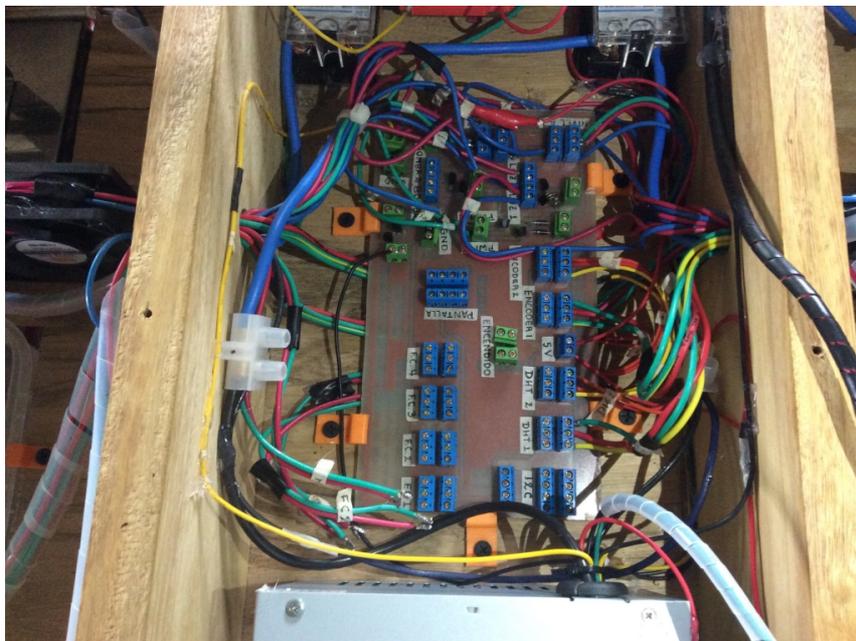


Figura 2.20. Cableado eléctrico.

Posteriormente se realiza pruebas de cada elemento para verificar su correcto funcionamiento y corregir posibles fallas en la placa electrónica.

CAPITULO III

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1. DISEÑO MECÁNICO.

El diseño de la incubadora se lo realiza en base a las especificaciones planteadas en el proyecto de investigación.

Se emplea un sistema yugo escocés para generar el movimiento de volteo debido al espacio que dispone la incubadora y por su funcionamiento más sencillo y delicado a la hora de girar los huevos, el diseño cumple con los requerimientos del diseño y realiza el giro que requiere la incubadora que es aproximadamente de 45° con respecto a la horizontal.

3.2. MATERIAL

EL material empleado para la estructura es la madera de roble, cumple con todas las especificaciones requeridas en el diseño, no presenta una deformación significativa soportando la temperatura y humedad propuestas en el diseño para un óptimo funcionamiento. Además, presenta características importantes como lo es la higroscopia que la hace excelente para esta aplicación, así como su excelente maquinabilidad.

El material principal en la construcción de la incubadora es el roble ya que es un material muy duro y resistente, además de ser una de las maderas más empleadas en el uso donde su contacto con la humedad o los líquidos es directo, en los campos de la implementación del roble está el área naval por su dureza y resistencia a la humedad, y también para la fabricación de barriles para añejar el vino y otros licores etc.

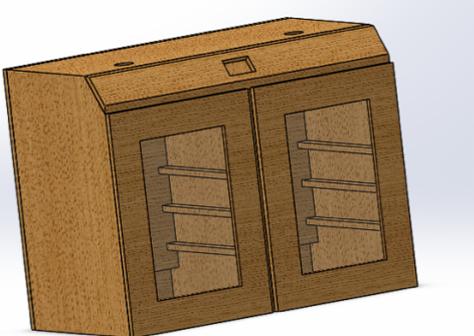
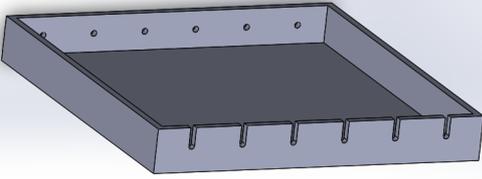
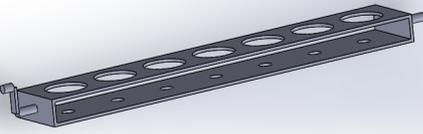
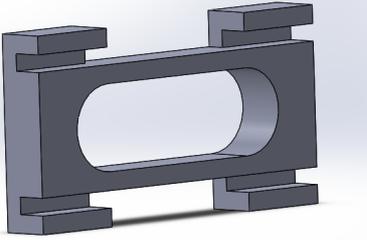
Durante las pruebas de incubación el material no presenta deformación o agrietamiento soportando la temperatura y humedad a la que se encuentra la incubadora durante todo el proceso.

3.3. MANUFACTURA

Se realiza diferentes procesos de manufactura durante la fabricación de las piezas de la incubadora. *La Tabla 3.1.* muestra los diferentes procesos de fabricación que se emplea en las diferentes partes de la incubadora.

Tabla 3.1.

Procesos de fabricación para la incubadora.

Componente	Proceso de fabricación	Imagen
Estructura	En la estructura se realiza los diferentes tipos de corte y taladrado para el ensamble de las piezas necesarias para el modelo diseñado en SolidWorks.	
Bandejas	Se realiza los cortes necesarios en las medidas establecidas. Se realiza taladrado de la misma para permitir el paso del aire.	
Porta huevos	La bandeja porta huevos se realizo en acrílico por lo que para su corte se lo hizo con una cortadora laser.	
Soportes para porta huevos	Los soportes para los porta huevos se los realiza en una impresora 3D.	

<p>Rieles para el movimiento de los huevos</p>	<p>Estas piezas se realizan en acrílico por lo que para su corte se utiliza una cortadora laser.</p> <p>También se utiliza piezas realizadas en una impresora 3D para unir las piezas entre las bandejas porta huevos y las rieles que generan el movimiento.</p>	
--	---	--

3.4.PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA

Se utiliza un sistema de calefacción por convección empleando niquelinas tubulares de acero de 300W en cada sección de la incubadora, para que exista una uniformidad de temperatura se utiliza un sistema de ventilación forzada que se encarga de hacer circular en aire caliente al interior de esta.

La temperatura varía entre los 37 y 38 grados centígrados, por lo que se encuentra en los valores aceptables para la incubación de los huevos de gallina.

3.5.PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE VOLTEO

Para realizar el sistema de movimiento se utiliza el mecanismo de yugo escocés, se simula en SolidWorks, para verificar su correcto funcionamiento y posibles fallas a la hora de realizar el giro.

Una vez armado el sistema de movimiento se comprueba que el sistema funciona y no tiene ningún inconveniente para realizar el giro.

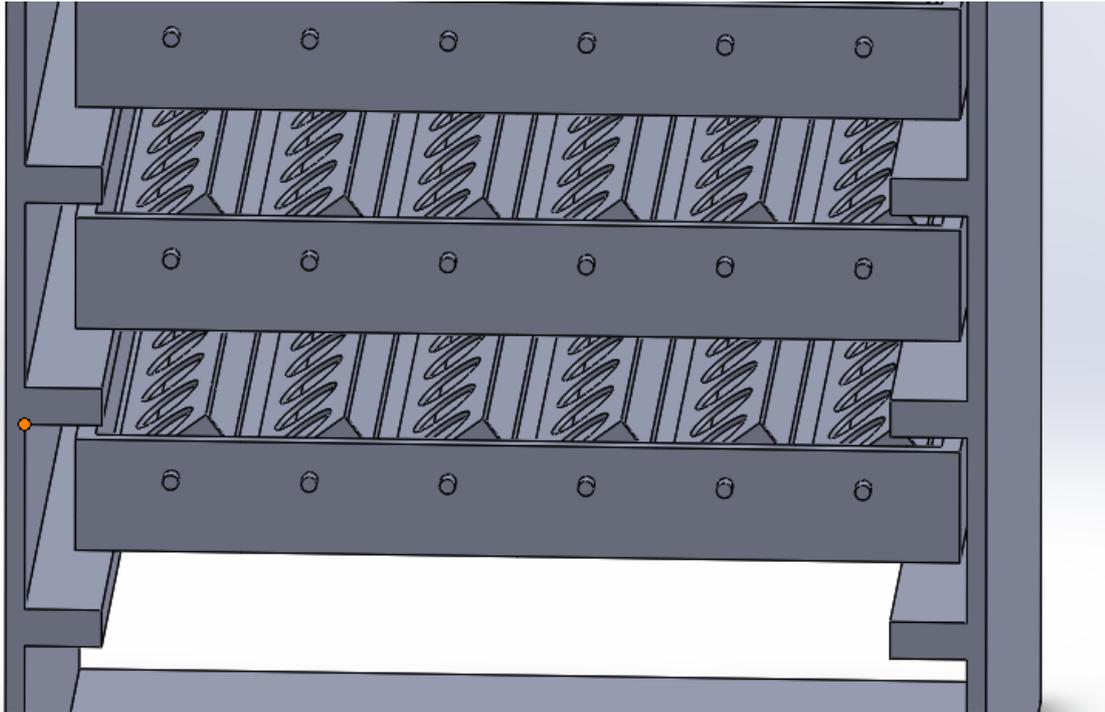


Figura 3.1.Sistema de movimiento.

3.6.PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO EN EL SISTEMA DE HUMIDIFICACIÓN

Se utiliza un sistema de humidificación pasivo, ya que la capacidad de incubación no es considerablemente grande y el espacio de la incubadora es pequeña, con lo que se encuentra en el rango aceptable de humedad relativa para este proyecto.

La humedad se encuentra estable manteniendo una humedad relativa entre el 50% y 70% con las bandejas de agua y sin necesidad de emplear otro sistema de humidificación. Por lo que no se realiza ninguna modificación en el apartado de la humedad.

3.7.MATERIALES Y COSTOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

Para la elaboración de este proyecto se utiliza distintos sensores como partes electrónicas y eléctricas. En la *Tabla 3.2* se detalla una lista de los materiales empleados.

Tabla 3.2.
Materiales y costos

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	2	Sensor dht22	12,00	\$ 24,00
2	2	Sensor nivel de agua	3,50	\$ 7,00
3	2	Motor dc 2rpm	10,50	\$ 21,00
4	2	Bomba de agua	12,00	\$ 24,00
5	2	Relé de estado sólido	14,00	\$ 28,00
6	1	Driver l298	10,00	\$ 10,00
7	1	Arduino mega	12,00	\$ 12,00
8	1	Módulo de reloj ds3231	5,00	\$ 5,00
9	1	Pantalla Nextion 3,2"	24,00	\$ 24,00
10	1	Paro de emergencia	3,50	\$ 3,50
11	8	Ventiladores 8X8X2cm	2,25	\$ 18,00
12	2	Niquelina 300W	25,50	\$ 51,00
13	1	Fuente de poder 800W	15,50	\$15,50
14	2	Bandeja para agua	0,50	\$ 1,00
15	1	Estructura de roble	180,00	\$ 180,00
16	20	Cable #22(mts.)	0,55	\$ 11,00
17	1	Rollo de PLA	40,00	\$ 40,00
18	1	Rollo espiral plástico	8,55	\$ 8,55
19	1	Acrílico transparente	115,00	\$115,00
20	2	Piezas en latón	5,00	\$ 10,00
21	1	Extras	50,00	\$ 50,00
			TOTAL	\$ 658,55

3.8.PRUEBAS DE INCUBACIÓN

Se realiza pruebas de incubación con una carga de 50 huevos en la primera sección de la incubadora y posteriormente otros 50 huevos en la segunda sección después de una semana de iniciada la primera sección.

Bitácora primera prueba de incubación después de la corrección.

Tabla 3.3.
Primeras pruebas

Día de incubación	Humedad	Temperatura	Giro	Observaciones
1	65%	37,5°C	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se toma lecturas en la mañana.
2	66%	37,7°C	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se toma lecturas en la mañana.
3	58%	37,5°C	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se toma lecturas en la mañana.
4	57%	37,7°C	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se toma lecturas en la tarde.
5	60%	37,7°C	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se toma lecturas en la mañana.
6	67%	37,5°C	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se toma lecturas en la tarde.
7	67%	37,5°C	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se toma lecturas en la mañana.
8	67%	37,3°C	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se realiza una prueba de ovoscopia para ver los huevos fértiles.
9	61%	37,5°C	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se toma lecturas en la mañana.
10	66%	37,7°C	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se toma lecturas en la mañana.
11	69%	37,7°C	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se toma lecturas en la mañana.
12	55%	37,5°C	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se toma lecturas en la tarde.
13	52%	37,6%	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se toma lecturas en la mañana.

14	59%	37,7°C	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se toma lecturas en la mañana.
15	66%	37,6%	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se toma lecturas en la mañana.
16	63%	37,7°C	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se toma lecturas en la mañana.
17	65%	37,6%	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se toma lecturas en la tarde.
18	68%	37,7°C	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se toma lecturas en la mañana.
19	68%	37,5°C	El giro se detiene en posición horizontal.	Se toma lecturas en la mañana.
20	67%	37,7°C	El giro se detiene en posición horizontal.	Se evidencia rompimiento de cascara de 2 huevos.
21	67%	37,7°C	El giro se detiene en posición horizontal.	Los pollitos empiezan a nacer.

De los primeros huevos puestos a incubar se realiza una prueba de ovoscopia al día 8, de los cuales resultan solo 39 huevos fértiles, estos continúan en el proceso de incubación, en el día 18 de incubación el volteo se detiene para que los pollitos puedan nacer.

De los 39 huevos fértiles, 6 huevos no nacieron (no se evidencio rompimiento del cascara).

Y solo nacen 33 pollitos obteniéndose un índice de natalidad de un 84,6%.



Figura 3.2. Pollitos en la nacedora primer día.

Bitácora de la segunda prueba realizada una semana después de la primera prueba.

Tabla 3.4.
Segunda prueba

Día de incubación	Humedad	Temperatura	Giro	Observaciones
1	70%	37,5°C	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se toma lecturas en la mañana.
2	69%	37,7°C	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se toma lecturas en la mañana.
3	65%	37,5°C	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se toma lecturas en la mañana.
4	69%	37,7°C	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se toma lecturas en la mañana.
5	65%	37,7°C	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se toma lecturas en la tarde.
6	67%	37,5°C	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se toma lecturas en la mañana.
7	60%	37,5°C	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se toma lecturas en la mañana.
8	67%	37,3°C	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se realiza una prueba de ovoscopia para ver los huevos fértiles. Se retiran los huevos no aptos.
9	66%	37,5°C	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se toma lecturas en la mañana.
10	56%	37,7°C	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se toma lecturas en la mañana.
11	57%	37,7°C	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se toma lecturas en la mañana.
12	68%	37,5°C	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se toma lecturas en la tarde.

13	65%	37,6%	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se toma lecturas en la mañana.
14	55%	37,7°C	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se toma lecturas en la mañana.
15	66%	37,6%	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se toma lecturas en la mañana.
16	63%	37,7°C	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se toma lecturas en la mañana.
17	65%	37,6%	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se toma lecturas en la mañana.
18	68%	37,7°C	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se toma lecturas en la mañana.
19	68%	37,5°C	El giro se detiene en posición horizontal.	Se toma lecturas en la mañana.
20	67%	37,7°C	El giro se detiene en posición horizontal.	Se evidencia rompimiento de cascara de los huevos.
21	67%	37,7°C	El giro se detiene en posición horizontal.	Los pollitos empiezan a nacer.

En la segunda prueba que se realiza, se inicia el proceso de incubación con 50 huevos, al día 8 se realiza una ovoscopia para ver los huevos fértiles que continúan el proceso de incubación, de estos resulta que son fértiles solo 36, de los que nacen 28 huevos, los 8 restantes no rompen el cascara y al día 22 se comprueba que están muertos. Con los 28 pollitos que nacen en la segunda prueba se obtiene un índice de natalidad del 77,8%.



Figura 3.3. Pollitos primer día de nacidos.

3.9.CORRECCIÓN DE FALLAS EN LA INCUBADORA

Se obtiene un índice de natalidad más bajo de lo esperado por lo que se realiza mejoras en la incubadora. La mejora consiste en cambiar la base de madera por una base de malla plástica, que permite una mejor circulación de aire en el interior de la misma. Además, se retiran los empaques que se encuentran en las puertas de la incubadora permitiendo que no se concentren los gases al interior de la incubadora.

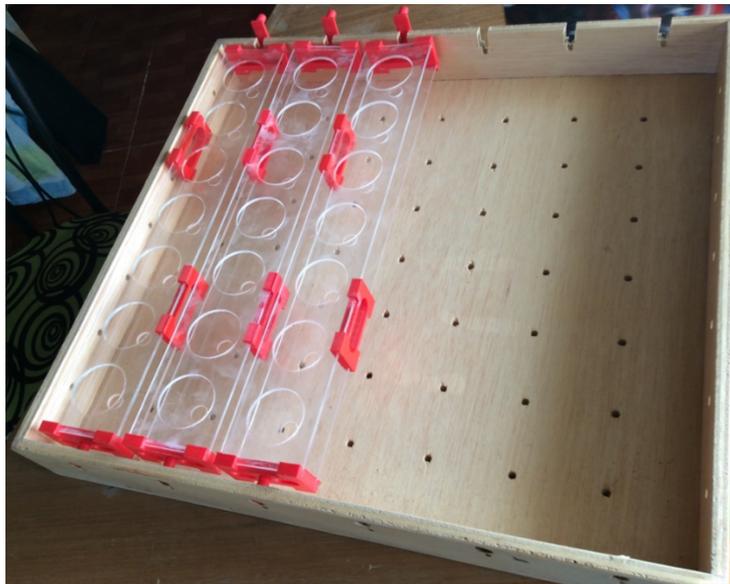


Figura 3.4. Base de la bandeja con madera.



Figura 3.5. Base de la bandeja con malla plástica.

Una vez realizada la corrección en las bandejas, sustituyendo la base de madera por la base de malla plástica, se procede a realizar otra prueba de incubación.

Bitácora de la tercera prueba realizada.

Tabla 3.5.
Tercera prueba

Día de incubación	Humedad	Temperatura	Giro	Observaciones
1	71%	37,5°C	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se toma lecturas en la tarde.
2	68%	37,7°C	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se toma lecturas en la mañana.
3	63%	37,5°C	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se toma lecturas en la mañana.
4	64%	37,7°C	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se toma lecturas en la mañana.
5	65%	37,7°C	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se toma lecturas en la tarde.
6	67%	37,5°C	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se toma lecturas en la mañana.
7	66%	37,5°C	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se toma lecturas en la mañana.
8	52%	37,3°C	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se realiza una prueba de ovoscopia para ver los huevos fértiles.
9	54%	37,6°C	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se toma lecturas en la mañana.
10	57%	37,7°C	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se toma lecturas en la mañana.
11	67%	37,7°C	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se toma lecturas en la mañana.
12	68%	37,6°C	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se toma lecturas en la tarde.
13	64%	37,6%	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se toma lecturas en la mañana.
14	60%	37,7°C	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se toma lecturas en la mañana.
15	66%	37,6%	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se toma lecturas en la mañana.

16	63%	37,7°C	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se toma lecturas en la mañana.
17	65%	37,6%	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se toma lecturas en la mañana.
18	69%	37,3°C	Se voltean los huevos cada dos horas.	Se toma lecturas en la mañana.
19	68%	37,5°C	El giro se detiene en posición horizontal.	Se toma lecturas en la mañana.
20	67%	37,7°C	El giro se detiene en posición horizontal.	Se evidencia rompimiento de cascaron de varios huevos.
21	67%	37,7°C	El giro se detiene en posición horizontal.	Los pollitos empiezan a nacer.

Se procede a realizar una prueba con 50 huevos, en la ovoscopia al día 8 resultan fértiles 41 huevos, se continua el proceso y al día 21 empiezan a nacer los pollitos de los que nacen 37 obteniéndose un índice de natalidad de 90,24%.



Figura 3.6. Pollitos primer día de nacidos en la incubadora.

Con esto se evidencia que hay una mejora con respecto a las pruebas anteriores, pero se recalca que no solo de la máquina depende el índice de nacimientos, sino también otros factores como la fertilidad de las gallinas y de los gallos, la de edad de estos y las condiciones en las que se recogen los huevos y su almacenamiento.

Para un mejor desempeño y mayor índice de nacimientos es recomendable que los huevos no permanezcan más de 7 días en almacenamiento, porque van perdiendo su fertilidad. Además, se trata de un proceso en el que no solo depende de la máquina, sino de muchos otros factores, por esta razón no se puede obtener un índice de natalidad de un 100%, ni asegurar que van a nacer todos los pollos que se introducen al inicio de la incubación.

Para tener un índice de natalidad más exacto de la incubadora se debe realizar más pruebas, y con huevos que certifiquen un alto grado de fertilidad ya que los que se usan para estas pruebas han sido comprados a diferentes productores y no se tiene un cierto control de manejo de los mismos.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES

- Mediante la investigación bibliográfica se llega a la conclusión que los parámetros óptimos de funcionamiento son: temperatura entre 37,3°C y 37,7°C, humedad en rangos del 50% y 70%, giro de los huevos aproximadamente 45° con respecto a la horizontal cada dos horas desde el primer día hasta el día 18 y ventilación constante durante todo el proceso de incubación.
- Se diseñan las respectivas piezas y componentes para realizar el proyecto mediante diferentes procesos de manufactura, así como el sistema de control para cada componente electrónico de la incubadora.
- Se construye la incubadora empleando materiales de bajo costo, con lo que el precio de elaboración final, es menor en comparación a incubadoras que emplean materiales como el acero inoxidable o estructuras mixtas como el caso del aluminio con la espuma de poliuretano como aislante térmico. La incubadora tiene un precio aproximadamente de la mitad de una incubadora comercial en el mercado local.
- Se realizan pruebas de funcionamiento una vez ejecutadas las correcciones en la incubadora que consiste en cambiar la base de madera por una malla plástica y se obtiene un índice de natalidad del 90,24%, con lo que se determina que existe una mejora en comparación a las pruebas realizadas anteriormente las cuales dan un índice de natalidad del 84,6% y 77,8% respectivamente. En comparación con incubadoras en el mercado local el índice de natalidad es similar ofreciendo estas últimas índices entre el 85% y 95%.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar la línea de investigación poniendo énfasis en el mejoramiento del sistema de volteo.
- Se recomienda emplear un tipo de material diferente para la elaboración de bandejas porta huevos, buscando reducir su costo y aumentar la capacidad de huevos.
- Se recomienda implementar un sistema para realizar la ovoscopia sin tener que retirar los huevos de la incubadora.
- Se recomienda implementar un sistema de esterilización para evitar proliferación de bacterias u hongos.

BIBLIOGRAFÍA

- Barrientos, A. (1997). Fundamentos de Robótica (2da ed.): McGraw Hill.
- Beristian López, J., & Espinos Vázquez, P. D. (2010). Sistema de Control para motores a pasos de tipo unipolar. (Ingeniería en Control y Automatización.), Instituto Politécnico Nacional., Mexico D.F.
- Beer, F., Johnston, R., & DeWolf, J. (2007). Mecánica de materiales. México D.F.: McGraw-Hill Interamericana.
- Berry, J. (2004). Artificial Incubation ANSI-8100. Oklahoma Cooperative Extension Service.
- Cengel, Y., & Boles, M. (2009). Termodinámica. México D.F.: McGraw-Hill.
- Estudio de incubabilidad y crianza de aves. Aureliano Juarez-Marco Ortiz(2001)
- González Zambrano, R. (2009). DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UN LABORATORIO REMOTO DE ROBÓTICA., Universidad Autónoma de Barcelona.,
Incubadorasynacedoras.com
<http://www.incubadorasynacedoras.com/incubacion/incubadoras-mal-reguladas-huevos-con-bajo-nacimiento-de-pollitos/>
- Incumatic® México, “www.incumatic.com”, consultada en junio del 2017
- millarium.com
<http://www.miliarium.com/Prontuario/Tablas/Quimica/PropiedadesTermicas.asp>
- North, M. O., & Bell, D. D. (1993). Manual de producción avícola. Editorial EL Manual Moderno SA de CV México, DF, 3.
- OPEN COURSE WARE Universidad politécnica de Madrid

http://ocw.upm.es/produccion-animal/produccion-avicola/contenidos/TEMA_7._INCUBACION/7-2-manejo-del-huevo-en-la-incubadora/view

Rober L . Norton, “Diseño de Maquinaria”, McGraw Hill, 1995

Vasco, J. (2004). Propiedades térmicas de materiales.

Kenneth Wark, “Termodinámica”, 6ta ed., McGraw Hill pp965

Petersime.com

Avicultura.info

Loureans 2007 transferencia de calor

Transferencia de calor en incubadoras (2009)girardot

Carlos Vinicio Álvarez Pérez, (2007). “Evaluación de dos tipos de incubadoras artesanales, sobre el porcentaje de nacimientos y peso al nacer en pollo de engorde”.

Toro Yasmín, Rangel Alba y Rojas Diana (2011), “Construcción de una incubadora avícola eléctrica en la mesa de ejido”.

(Sanchez, Francisco Javier Cevallos, 2005). “Construcción de una incubadora.”

(Fundamentosmáquinas, 2010).

ANEXOS

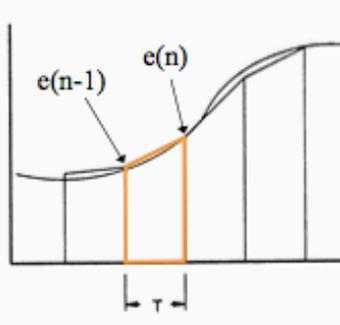
Anexo 1. PID



Aproximación trapezoidal



- Se utiliza cuando se requiere una mayor precisión en la conversión discreta
- La integral se determina con la suma de trapecios



Área del trapecioide: $\frac{T}{2}[e(n)+e(n-1)]$

Función transferencia término integral

$$u(n) = u(n-1) + K_i \frac{T}{2}[e(n) + e(n-1)]$$

$$U(z)(1-z^{-1}) = K_i \frac{T}{2}[1+z^{-1}]E(z)$$

$$D_i(z) = \frac{U(z)}{E(z)} = K_i \frac{T}{2} \frac{(1+z^{-1})}{(1-z^{-1})}$$

Tema 6: Sistema Digitales de Control en Tiempo Discreto 35



Aproximación trapezoidal PID



$$u(n) = K_p e(n) + K_i T \sum_i e_i + K_d [e(n) - e(n-1)]/T$$

↓ Transformada Z de cada término

$$U(z) = K_p E(z) + K_i \frac{T}{2} \frac{(1+z^{-1})}{(1-z^{-1})} E(z) + \frac{K_d}{T} (1-z^{-1}) E(z)$$

↓ Función de transferencia discreta

$$D(z) = \frac{U(z)}{E(z)} = K_p + K_i \frac{T}{2} \frac{(1+z^{-1})}{(1-z^{-1})} + \frac{K_d}{T} (1-z^{-1})$$

↓ Reordenando términos

$$D(z) = \frac{(2TK_p + K_i T^2 + 2K_d) + (K_i T^2 - 2K_p T - 4K_d)z^{-1} + 2K_d z^{-2}}{2T(1-z^{-1})}$$

Tema 6: Sistema Digitales de Control en Tiempo Discreto 36

Diseño del control PID de un motor DC

$$G_{PID}(z) = \frac{K_1 + K_2 z^{-1} + K_3 z^{-2}}{1 - z^{-1}}$$

Con: $K_1 = K_p + \frac{K_i T}{2} + \frac{K_d}{T}$, $K_2 = -K_p + \frac{K_i T}{2} - \frac{2K_d}{T}$, $K_3 = \frac{K_d}{T}$

$$G_p(z) = \frac{\theta(z)}{V(z)} = \frac{0.2694z^{-1} + 0.2693z^{-2}}{1 - 1.999z^{-1} + 0.999z^{-2}} \cdot K_m$$

Tema 6: Sistema Digitales de Control en Tiempo Discreto37

Determinación coeficientes PID

$$G_s(z) = \frac{G_p(z)G_c(z)}{1 + G_p(z)G_c(z)} \quad \text{Función de transferencia global del sistema}$$

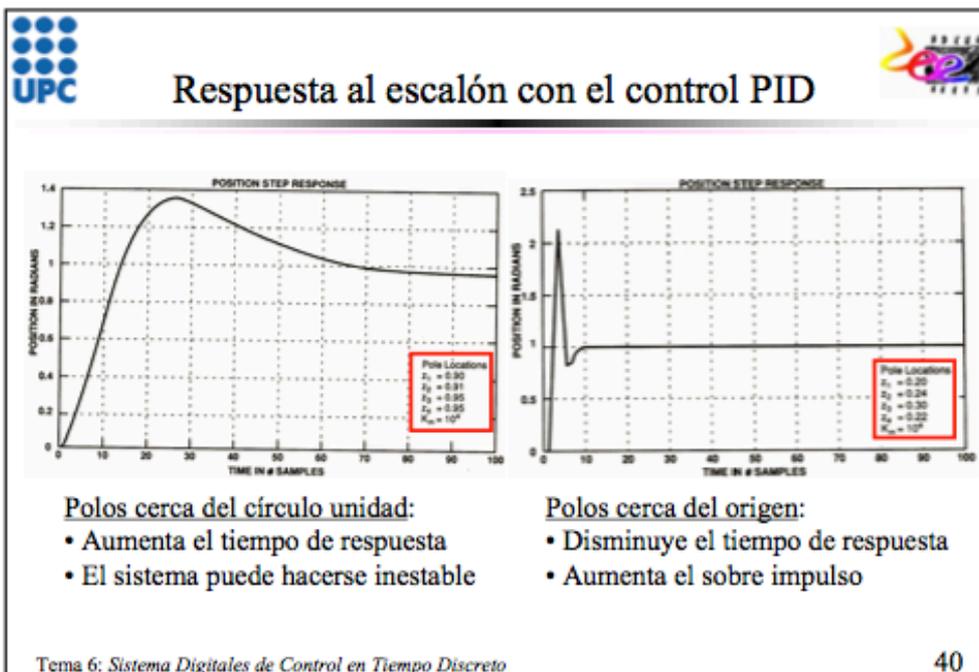
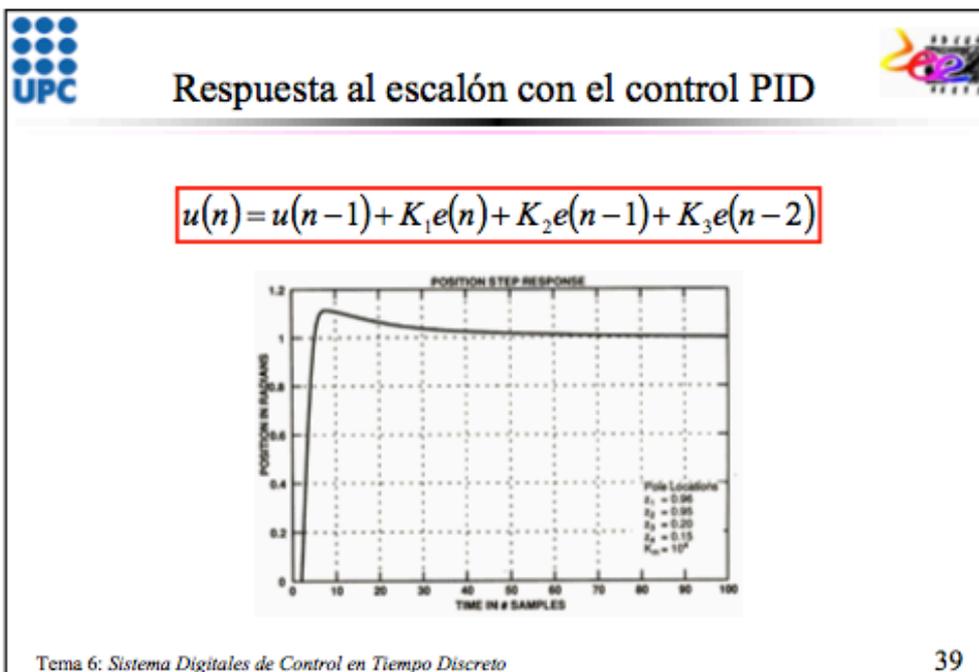
Matlab \Rightarrow ubicación de polos en 0.96, 0.95, 0.2 y 0.15

Resolviendo el denominador para la ubicación de polos propuesta se obtiene:

$$\begin{matrix} K_1 = 1.4795 \\ K_2 = -2.845 \\ K_3 = 1.3636 \end{matrix} \quad \Rightarrow \quad G_{PID}(z) = \frac{K_1 + K_2 z^{-1} + K_3 z^{-2}}{1 - z^{-1}}$$

$$u(n) = u(n-1) + K_1 e(n) + K_2 e(n-1) + K_3 e(n-2)$$

Tema 6: Sistema Digitales de Control en Tiempo Discreto38



UPC

Implementación digital del PID

$u(n) = u(n-1) + K_1 e(n) + K_2 e(n-1) + K_3 e(n-2)$

Tema 6: Sistema Digitales de Control en Tiempo Discreto

41

Anexo 2. Tabla de propiedades térmicas

PROPIEDADES TÉRMICAS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y AISLANTES				
Material	Densidad (kg/m ³)	Calor específico (J/(kg·K))	Conductividad térmica (W/(m·K))	Difusividad térmica (m ² /s) (x10 ⁻⁶)
Acero	7850	460	47-58	13,01-16,06
Agua	1000	4186	0,58	0,139
Aire	1,2	1000	0,026	21,67
Alpaca	8,72	398	29,1	8384,8
Aluminio	2700	909	209-232	85,16-94,53
Amianto	383-400	816	0,078-0,113	0,250-0,346
Arcilla refractaria	2000	879	0,46	0,261
Arena húmeda	1640	-	1,13	-
Arena seca	1400	795	0,33-0,58	0,296-0,521
Asfalto	2120	1700	0,74-0,76	0,205-0,211
Baldosas cerámicas	1750	-	0,81	-
Baquelita	1270	900	0,233	0,201
Bitumen asfáltico	1000	-	0,198	-
Bloques cerámicos	730	-	0,37	-
Bronce	8000	360	116-186	40,28-64,58
Carbón (antracita)	1370	1260	0,238	0,139

Cartón	-	-	0,14-0,35	-
Cemento (duro)	-	-	1,047	-
Cinc	7140	389	106-140	38,16-50,41
Cobre	8900	389	372-385	107,45-111,20
Corcho (expandido)	120	-	0,036	-
Corcho (tableros)	120	1880	0,042	0,186
Espuma de poliuretano	40	1674	0,029	0,433
Espuma de vidrio	100	-	0,047	-
Estaño	7400	251	64	34,46
Fibra de vidrio	220	795	0,035	0,200
Fundición	7500	-	55,8	-
Glicerina	1270	2430	0,29	0,094
Goma dura	1150	2009	0,163	0,070
Goma esponjosa	224	-	0,055	-
Granito	2750	837	3	1,303
Hierro	7870	473	72	19,34
Hormigón	2200	837	1,4	0,761
Hormigón de cascote	1600-1800	-	0,75-0,93	-

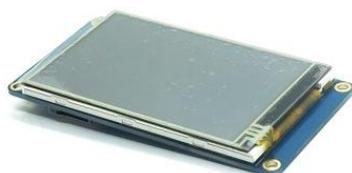
Láminas de fibra de madera	200	-	0,047	-
Ladrillo al cromo	3000	840	2,32	0,921
Ladrillo común	1800	840	0,8	0,529
Ladrillo de circonio	3600	-	2,44	-
Ladrillo de magnesita	2000	1130	2,68	1,186
Ladrillo de mampostería	1700	837	0,658	0,462
Ladrillo de sílice	1900	-	1,070	-
Lana de vidrio	100-200	670	0,036-0,040	0,537-0,299
Latón	8550	394	81-116	24,04-34,43
Linóleo	535	-	0,081	-
Litio	530	360	301,2	1578,61
Madera	840	1381	0,13	0,112
Madera de abedul	650	1884	0,142	0,116
Madera de alerce	650	1298	0,116	0,137
Madera de arce	750	1591	0,349	0,292
Madera de chopo	650	1340	0,152	0,175
Madera de fresno	750	1591	0,349	0,292

Madera de haya	800	1340	0,143	0,133
Madera de haya blanca	700	1340	0,143	0,152
Madera de pino	650	1298	0,163	0,193
Madera de pino blanco	550	1465	0,116	0,144
Madera de roble	850	2386	0,209	0,103
Mármol	2400	879	2,09	0,991
Mica	2900	-	0,523	-
Mortero de cal y cemento	1900	-	0,7	-
Mortero de cemento	2100	-	1,4	-
Mortero de vermiculita	300-650	-	0,14-0,26	-
Mortero de yeso	1000	-	0,76	-
Mortero para revoques	1800-2000	-	1,16	-
Níquel	8800	460	52,3	12,92
Oro	19330	130	308,2	122,65
Pizarra	2650	758	0,42	0,209
Placas de yeso	600-1200	-	0,29-0,58	-
Plata	10500	234	418	170,13
Plexiglás	1180	-	0,195	-
Plomo	11340	130	35	23,74
Poliestireno	1050	1200	0,157	0,125
Porcelana	2350	921	0,81	0,374
Serrín	215	-	0,071	-
Tierra de diatomeas	466	879	0,126	0,308
Tejas cerámicas	1650	-	0,76	-
Vermiculita expandida	100	837	0,07	0,836
Vermiculita suelta	150	837	0,08	0,637
Vidrio	2700	833	0,81	0,360
Yeso	1800	837	0,81	0,538

Anexo 3. Pantalla Nextion 3,2”

PANTALLA NEXTION NX4024T032 3.2”

Número de parte: IM 150416005



Descripción:

Nextion es una solución sin problemas en lo que a la Interfaz Maquina Humano (HMI) se refiere, que proporciona una interfaz de control y visualización entre un humano y un proceso, máquina, aplicación o dispositivo. Nextion se aplica principalmente al Internet de las Cosas (IoT) o campo de la electrónica de consumo. Es la mejor solución para reemplazar la pantalla LCD tradicionales y tubo de LEDs Nixie.

Modelos Nextion

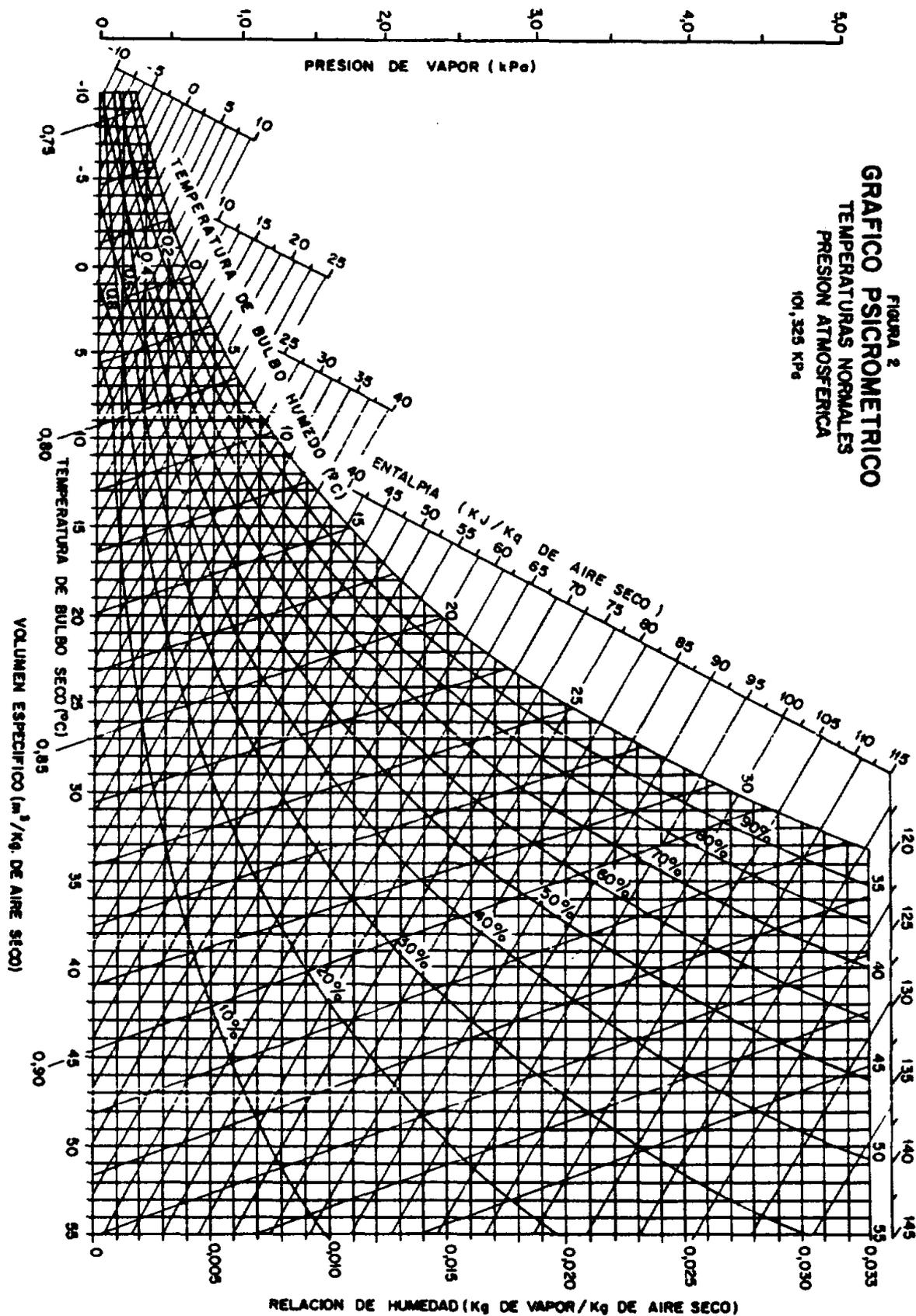
Tipo Nextion	Basicos
Modelos Nextion	NX4024T032_011N (N: Sin Touch) NX4024T032_011R (R: Pantalla Touch Resistiva)

Especificaciones

	Datos	Descripción
Color	65K (65536) colores	16 bit, 5R6G5B
Tamaño del diseño	95(L)×47.6(A)×4.6(G)	NX4024T032_011N
	95(L)×47.6(A)×5.8(G)	NX4024T032_011R
Área Activa (A.A.)	80.90mm(L)×47.60mm(A)	-
Área Visual (A.V.)	69.60mm(L)×41.76mm(A)	-
Resolución	400×240 pixel	Se puede fijar a 240×400
Touch Tipo	Resistivo	-
Contactos	> 1 millón	-
Luz de Fondo	LED	-
Luz de Fondo T.deV. (Tiempo de Vida)	>30,000 Horas	-
Brillo	200nit (NX4024T032_011N)	0% - 100%, el intervalo de ajuste es de 1%
	180nit (NX4024T032_011R)	0% - 100%, el intervalo de ajuste es de 1%
Peso	35.5g (NX4024T032_011N)	-
	42.5g (NX4024T032_011R)	-

Características Electrónicas

Anexo 4. Tabla psicrométrica



Anexo 5. Modulo humedad y temperatura.

Aosong Electronics Co.,Ltd

Your specialist in innovating humidity & temperature sensors

1. Feature & Application:

- * Full range temperature compensated * Relative humidity and temperature measurement
- * Calibrated digital signal *Outstanding long-term stability *Extra components not needed
- * Long transmission distance * Low power consumption *4 pins packaged and fully interchangeable

2. Description:

DHT22 output calibrated digital signal. It utilizes exclusive digital-signal-collecting-technique and humidity sensing technology, assuring its reliability and stability. Its sensing elements is connected with 8-bit single-chip computer.

Every sensor of this model is temperature compensated and calibrated in accurate calibration chamber and the calibration-coefficient is saved in type of programme in OTP memory, when the sensor is detecting, it will cite coefficient from memory.

Small size & low consumption & long transmission distance(20m) enable DHT22 to be suited in all kinds of harsh application occasions.

Single-row packaged with four pins, making the connection very convenient.

3. Technical Specification:

Model	DHT22
Power supply	3.3-6V DC
Output signal	digital signal via single-bus
Sensing element	Polymer capacitor
Operating range	humidity 0-100%RH; temperature -40~80Celsius
Accuracy	humidity +2%RH(Max +5%RH); temperature <+/-0.5Celsius
Resolution or sensitivity	humidity 0.1%RH; temperature 0.1Celsius
Repeatability	humidity +/-1%RH; temperature +/-0.2Celsius
Humidity hysteresis	+/-0.3%RH
Long-term Stability	+/-0.5%RH/year
Sensing period	Average: 2s
Interchangeability	fully interchangeable
Dimensions	small size 14*18*5.5mm; big size 22*28*5mm

4. Dimensions: (unit----mm)

1) Small size dimensions: (unit----mm)

Anexo 6. Motor dc 12v 2rpm

DC 12V 2RPM Electric Power High Torque Turbo Reducer Motor Right Angle Gear



Note: The color of the item may vary slightly due to photography and your own computer

Feature:

Worm geared motors are widely used in window opener, door opener, mini winch etc.

Turbo worm geared motor with self-lock, that is, in the case of motor without electric, the output axis is fixed, self-lock.

Purpose: banking equipment, safety deposit boxes, paper feeder, analytical instruments, electronic games

Specification:

Material: Metal

Color: Silver

Rated voltage: DC12V

Rated power: 2 ~ 3W

Reduction ratio: 3500 / 2RPM

Motor no-load speed: 3500RPM

load speed: 2RPM

Rated torque: 10KG.CM

Motor size: 34x25mm/1.34 x 0.98""(L x Dia)

Dimensions: 46x32x26mm/1.8 x 1.26 x 1.02""(L x W x T)

Weight: 154g



Package Include:

1 x Turbo Worm Geared DC Motor

Anexo 7. Programación en arduino

```

/*
  UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
  INGENIERÍA MECATRÓNICA
  INCUBADORA DE BAJO COSTO PARA LA INDUSTRIA AVÍCOLA
  DAVID FLORES

```

```

//=====incluimos las librerías que se van a utilizar=====
#include "Nextion.h"          //librería nextion
#include "DHT.h"             //cargamos la librería DHT
#include <TimeAlarms.h>      //Librería de las Alarmas.
#include <DS3232RTC.h>       //Librería del RTC DS3231.
#include <Time.h>            //librería de complemento.
#include <Wire.h>            //Librería para comunicación I2C.

```

```

//=====Mapeamiento de hardware=====
#define dht 8
#define led 13
DHT dht1(2, DHT22);        // asignamos un pin y el sensor a utilizarse
DHT dht2(3, DHT22);        // asignamos un pin y el sensor a utilizarse

```

```

//=====Declaración de objetos=====

NexNumber n0 = NexNumber(3,7,"n0"); //declaramos el numero donde se almacenara el año
NexNumber n1 = NexNumber(3,8,"n1"); //declaramos el numero donde se almacenara el mes
NexNumber n2 = NexNumber(3,9,"n2"); //declaramos el numero donde se almacenara el día
NexNumber n3 = NexNumber(3,10,"n3"); //declaramos el numero donde se almacenara la hora
NexNumber n4 = NexNumber(3,11,"n4"); //declaramos el numero donde se almacenara los minutos
NexNumber n5 = NexNumber(3,12,"n5"); //declaramos el numero donde se almacenara los segundos
NexNumber n16 = NexNumber(4,6,"n0"); //declaramos el numero donde se almacenara el año
NexNumber n17 = NexNumber(4,7,"n1"); //declaramos el numero donde se almacenara el mes
NexNumber n18 = NexNumber(4,8,"n2"); //declaramos el numero donde se almacenara el día
NexNumber n19 = NexNumber(4,9,"n3"); //declaramos el numero donde se almacenara la hora
NexNumber n20 = NexNumber(4,10,"n4"); //declaramos el numero donde se almacenara los minutos
NexNumber n21 = NexNumber(4,11,"n5"); //declaramos el numero donde se almacenara los
segundos
NexNumber n6 = NexNumber(3,13,"n6"); //declaramos el numero donde se almacenara la temp 1
NexNumber n7 = NexNumber(3,14,"n7"); //declaramos el numero donde se almacenara la humedad
1
NexNumber n8 = NexNumber(3,15,"n8"); //declaramos el numero donde se almacenara los días 1
NexNumber n22 = NexNumber(4,12,"n8"); //declaramos el numero donde se almacenara los días 1
NexNumber n9 = NexNumber(3,16,"n9"); //declaramos el numero donde se almacenara la temp 2
NexNumber n10 = NexNumber(3,17,"n10"); //declaramos el numero donde se almacenara la humedad
2
NexNumber n11 = NexNumber(3,18,"n11"); //declaramos el numero donde se almacenara los días 2
NexNumber n23 = NexNumber(4,13,"n11"); //declaramos el numero donde se almacenara los días 2
NexNumber n12 = NexNumber(3,19,"n12"); //declaramos el numero donde se almacenara el decimal
de temp1

```

```

NexNumber n13 = NexNumber(3,20,"n13"); //declaramos el numero donde se almacenara el decimal
de hum1
NexNumber n14 = NexNumber(3,21,"n14"); //declaramos el numero donde se almacenara el decimal
de la temp 2
NexNumber n15 = NexNumber(3,22,"n15"); //declaramos el numero donde se almacenara el decimal
dehum2

NexDSButton bt0 = NexDSButton(3,1,"bt0"); //declaramos el botón para las luces en la sección 1
NexDSButton bt1 = NexDSButton(3,2,"bt1"); //declaramos el botón para las luces en la sección 2
NexDSButton bt2 = NexDSButton(3,3,"bt2"); //declaramos el botón para iniciar la sección 1
NexDSButton bt3 = NexDSButton(3,4,"bt3"); //declaramos el botón para iniciar la sección 2
NexDSButton bt4 = NexDSButton(4,4,"bt4"); //declaramos el botón para iniciar la sección 2
NexDSButton bt5 = NexDSButton(4,4,"bt5"); //declaramos el botón para iniciar la sección 2
NexDSButton bt6 = NexDSButton(4,4,"bt6"); //declaramos el botón para iniciar la sección 2
NexDSButton bt7 = NexDSButton(4,4,"bt7"); //declaramos el botón para iniciar la sección 2

NexButton b3 = NexButton(4,2,"b3"); //Declara un objeto botón aumentar días sección 1
NexButton b4 = NexButton(4,3,"b4"); //Declara un objeto botón disminuir días sección 1
NexButton b5 = NexButton(4,4,"b5"); //Declara un objeto botón aumentar días sección 2
NexButton b6 = NexButton(4,5,"b6"); //Declara un objeto botón disminuir días sección 2
char buffer[100]={0};

```

```

//=====Variables Globales=====

```

```

float t1_value = 0, //valor de la temperatura en la sección 1
    t2_value = 0; //valor de la temperatura en la sección 2
float h1_value = 0, //valor de la humedad en la sección 1
    h2_value = 0; //valor de la humedad en la sección 2
double nivel_agua1 = A0, // nivel de agua en la sección 1
    nivel_agua2 = A1; // nivel de agua en la sección 2
int bomba1 = 36,
    bomba2 = 37;

int pid1 = 6, //para el control de temperatura sección 1
    pid2 = 7; //para el control de temperatura sección 2

int final1 = 30,
    final2 = 31,
    final3 = 32,
    final4 = 33,
    final5 = 34,
    final6 = 35;
int f1,
    f2,
    f3,
    f4,
    f5,
    f6;
int bloqueo1 = 0,
    bloqueo2 = 0;
int dias1 = 0,
    dias2 = 0;

```

```

long intervalo = 1000;           // es el tiempo de nuestro delay
long tiempo = 0;
long tiempoAnterior = 0;

int contador1 = 0,
  contador2 = 0,
  cont1 = 0,
  cont2 = 0;
int luz_1 = 26,
  luz_2 = 27;
char txt1[10], //texto para conversion
  txt2[10];

uint32_t ds_var1; //almacena el estado del boton bt0
uint32_t ds_var2; //almacena el estado del boton bt1
uint32_t ds_var3; //almacena el estado del boton bt2
uint32_t ds_var4; //almacena el estado del boton bt3
uint32_t ds_var5; //almacena el estado del boton bt4
uint32_t ds_var6; //almacena el estado del boton bt5
uint32_t ds_var7; //almacena el estado del boton bt6
uint32_t ds_var8; //almacena el estado del boton bt7

```

```
//=====lista de los botones=====
```

```

NexTouch *nex_listen_list[]=
{

  &b3,
  &b4,
  &b5,
  &b6,

  NULL
};

```

```
//=====Configuración inicial=====
```

```

void setup()
{

  Serial.begin(9600);
  dht1.begin(); //Se inicia el sensor
  dht2.begin(); //Se inicia el sensor
  nexInit();

  b3.attachPush(b3PushCallback,&b3);

```

```
b4.attachPush(b4PushCallback,&b4);
b5.attachPush(b5PushCallback,&b5);
b6.attachPush(b6PushCallback,&b6);
```

```
setSyncProvider(RTC.get); // Funcion para obtener la hora del RTCDS3231
```

```
pinMode(2,INPUT); //se asigna pin 2 para el sensor dht11 de la sección 1
pinMode(3,INPUT); //se asigna pin 3 para el sensor dht11 de la sección 2
pinMode(30,INPUT); //se asigna pin 30 para el final de carrera 1
pinMode(31,INPUT); //se asigna pin 31 para el final de carrera 2
pinMode(32,INPUT); //se asigna pin 32 para el final de carrera 3
pinMode(33,INPUT); //se asigna pin 33 para el final de carrera 4
pinMode(34,INPUT); //se asigna pin 34 para el final de carrera 5
pinMode(35,INPUT); //se asigna pin 35 para el final de carrera 6
pinMode(40, OUTPUT);
pinMode(41, OUTPUT);
pinMode(42, OUTPUT);
pinMode(43, OUTPUT);
pinMode(luz_1, OUTPUT);
pinMode(luz_2, OUTPUT);
pinMode(pid1, OUTPUT);
pinMode(pid2, OUTPUT);
digitalWrite(pid1,LOW);
digitalWrite(pid2,LOW);
pinMode(bomba1, OUTPUT);
pinMode(bomba2, OUTPUT);
digitalWrite(bomba1,LOW);
digitalWrite(bomba2,LOW);
```

```
=====en este apartado programamos las alarmas para realizar el giro=====
```

```
Alarm.alarRepeat(0, 0, 0, giro1); //Alarma 0:0:00.
Alarm.alarRepeat(2, 00, 0, giro1); //Alarma 2:00:00.
Alarm.alarRepeat(4, 0, 0, giro1); //Alarma 4:0:00.
Alarm.alarRepeat(6, 0, 0, giro1); //Alarma 6:0:00.
Alarm.alarRepeat(8, 0, 0, giro1); //Alarma 8:0:00.
Alarm.alarRepeat(10, 0, 0, giro1); //Alarma 10:0:00.
Alarm.alarRepeat(12, 0, 0, giro1); //Alarma 12:0:00.
Alarm.alarRepeat(14, 0, 0, giro1); //Alarma 14:0:00.
Alarm.alarRepeat(16, 0, 0, giro1); //Alarma 16:0:00.
Alarm.alarRepeat(18, 0, 0, giro1); //Alarma 18:0:00.
Alarm.alarRepeat(20, 0, 0, giro1); //Alarma 20:0:00.
Alarm.alarRepeat(22, 0, 0, giro1); //Alarma 22:0:00.
```

```
Alarm.alarRepeat(0, 0, 0, giro2); //Alarma 0:0:00.
Alarm.alarRepeat(2, 00, 0, giro2); //Alarma 2:00:00.
Alarm.alarRepeat(4, 0, 0, giro2); //Alarma 4:0:00.
Alarm.alarRepeat(6, 0, 0, giro2); //Alarma 6:0:00.
Alarm.alarRepeat(8, 0, 0, giro2); //Alarma 8:0:00.
Alarm.alarRepeat(10, 0, 0, giro2); //Alarma 10:0:00.
Alarm.alarRepeat(12, 0, 0, giro2); //Alarma 12:0:00.
Alarm.alarRepeat(14, 0, 0, giro2); //Alarma 14:0:00.
Alarm.alarRepeat(16, 0, 0, giro2); //Alarma 16:0:00.
Alarm.alarRepeat(18, 0, 0, giro2); //Alarma 18:0:00.
Alarm.alarRepeat(20, 0, 0, giro2); //Alarma 20:0:00.
Alarm.alarRepeat(22, 0, 0, giro2); //Alarma 22:0:00.
```

```
}//end setup
```

```
//=====loop infinito=====
```

```
void loop(){
  nexLoop(nex_listen_list);

  t1_value=dht1.readTemperature();           //lectura del sensor DHT22
  n6.setValue(t1_value);                     // imprime la temperatura en la seccion 1
  t2_value=dht2.readTemperature();           //imprime la temperatura en la seccion 2
  n9.setValue(t2_value);
  h1_value=dht1.readHumidity();              //imprime la humedad en la seccion 1
  n7.setValue(h1_value);
  h2_value=dht2.readHumidity();              //imprime la humedad en la seccion 2
  n10.setValue(h2_value);
  n8.setValue(dias1);                        //imprime los dias de incubacion en la seccion 1
  n11.setValue(dias2);                       //imprime los dias de incubacion en la seccion 2

  int t1Ent=t1_value*100.0,                  //Decimal del sensor t1
    entT1= t1Ent%100;
    n12.setValue(entT1);
  int t2Ent=t2_value*100.0,                  //Decimal del sensor t2
    entT2= t2Ent%100;
    n14.setValue(entT2);
  int h1Ent=h1_value*100.0,                  //Decimal del sensor h1
    entH1= h1Ent%100;
    n13.setValue(entH1);
  int h2Ent=h2_value*100.0,                  //Decimal del sensor h2
    entH2= h2Ent%100;
    n15.setValue(entH2);

  int hora = hour();
  int minuto=minute();
  int segundo=second();
  int anio = year();
  int mes=month();
  int dia=day();
  n0.setValue(anio);                        //imprime el año en la pantalla
  n1.setValue(mes);                         //imprime el mes en la pantalla
  n2.setValue(dia);                         //imprime el día en la pantalla
  n3.setValue(hora);                        //imprime la hora en la pantalla
  n4.setValue(minuto);                      //imprime los minutos en la pantalla
  n5.setValue(segundo);                     //imprime los segundos en la pantalla
  //delay(50);
}
```

```
//=====encendido luces 1=====
```

```
bt0.getValue(&ds_var1);                     //almacenamos el estado del botón
if(ds_var1==true){

  luz_sec_1();
  // digitalWrite(luz_1,HIGH);
}
```

```
if(ds_var1==false) {
```

```
    luz_sec_11();
    // digitalWrite(luz_1,LOW);
}
```

```
//=====encendido luces 2=====
```

```
bt1.getValue(&ds_var2); //almacenamos el estado del botón
if(ds_var2==true){
```

```
    luz_sec_2();
    // digitalWrite(luz_2,HIGH);
}
```

```
if(ds_var2==false) {
```

```
    luz_sec_22();
    // digitalWrite(luz_2,LOW);
}
```

```
//=====control de incubación 1=====
```

```
bt2.getValue(&ds_var3); //almacenamos el estado del boton
if(ds_var3==true){
```

```
    pid_1();
    nivelagua1();
    // diasT1();
    tiempo = millis();
```

```
    if(tiempo - tiempoAnterior > intervalo) // pasará por aqui cada 1000 contajes
    {
        tiempoAnterior = tiempo;
        cont1=contador1++;
```

```
    if (cont1 == 86400)
```

```
        dias1++,
        contador1 = 0;
```

```
    }
```

```
    } else {
        setear_cero1();
```

```
    }
```

```
if (dias1==21){
    bt2.setValue(false);
}
```

```
//=====control de incubación 2=====
```

```
bt3.getValue(&ds_var4);
if(ds_var4==true){
```

```
    pid_2();
    nivelagua2();
    // diasT2();
    tiempo = millis();
```

```

if(tiempo - tiempoAnterior > intervalo) // pasará por aqui cada 1000 contajes
{
    tiempoAnterior = tiempo;
    cont2=contador2++;

    if (cont2 == 86400)

        dias2++,
        contador2 = 0;

    }
} else {
    setear_cero2();
}
if (dias2==21){
    bt3.setValue(false);
}

bt4.getValue(&ds_var5);
if(ds_var5==true){

    dias1++;
}
bt5.getValue(&ds_var6);
if(ds_var6==true){

    dias1--;
}
bt6.getValue(&ds_var7);
if(ds_var7==true){

    dias2++;
}
bt7.getValue(&ds_var8);
if(ds_var8==true){

    dias2--;
}

} //end loop

```

```

//===== inicio sección 1=====

```

```

void pid_1(){

    if (!inAuto) return;

    unsigned long now = millis();
    int timeChange = (now - lastTime);
    if (timeChange >= SampleTime)
    {

```



```

void SetMode(int Mode){
  bool newAuto = (Mode == AUTOMATIC);

  if (newAuto && !inAuto)
  { // Para cambiar de manual a automático, inicializamos algunos parámetros.
    Initialize();
  }
  inAuto = newAuto;
}
////////////////////////////////////////////////////////////////

void Initialize(){
  lastInput = Entrada;
  ITerm = Salida;
  if (ITerm > salidaMax) ITerm = salidaMax;
  else if (ITerm < salidaMin) ITerm = salidaMin;
}
////////////////////////////////////////////////////////////////

void SetControllerDirection(int Direction){
  controllerDirection = Direction;
}
}

=====setear a cero la sección 1=====

void setear_cero1(){
  digitalWrite(pid1,LOW);
  digitalWrite(bomba1,LOW);
  contador1 = 0;
  cont1 = 0;
}

=====inicio sección 2=====

void pid_2(){

  if (!inAuto) return;

  unsigned long now2 = millis()+1;
  int timeChange = (now2 - lastTime2);
  if (timeChange >= SampleTime2)
  {
    // Calculamos de errores.
    double error2 = Setpoint2 - Entrada2;
    ITerm2 += (ki * error2);

    if (ITerm2 > salidaMax2) ITerm2 = salidaMax2;

    else if (ITerm2 < salidaMin2) ITerm2 = salidaMin2;

    double dInput2 = (Entrada2 - lastInput2); //diferencia entre la entrada

```

```

//ultima del sensor y la anterior acumulada

// Calculamos la función de salida del PID.//restamos (Kd * valor de entrada derivado).
//eliminar el fenómeno "Derivative Kick".
Salida2 = (kp * error2 + ITerm2 - kd * dInput2);

if (Salida2 > salidaMax2) Salida2 = salidaMax2;
else if (Salida2 < salidaMin2) Salida2 = salidaMin2;

// Guardamos el valor de algunas variables para el próximo recálculo.
lastInput2 = Entrada2;
lastTime2 = now2;
}

////////////////////////////////////////////////////////////////

void SetTunings2(double Kp, double Ki, double Kd){
if (Kp < 0 || Ki < 0 || Kd < 0) return;
double SampleTimeInSec2 = ((double)SampleTime2) / 1000;
kp = Kp;
ki = Ki * SampleTimeInSec2;
kd = Kd / SampleTimeInSec2;

}

////////////////////////////////////////////////////////////////

void SetSampleTime2(int NewSampleTime2){
if (NewSampleTime2 > 0)
{
double ratio = (double)NewSampleTime2 / (double)SampleTime2;
ki *= ratio;
kd /= ratio; SampleTime2 = (unsigned long)NewSampleTime2;
}
}

////////////////////////////////////////////////////////////////

void SetOutputLimits2(double Min, double Max){
if (Min > Max) return;
salidaMin2 = Min;
salidaMax2 = Max;
if (Salida2 > salidaMax2) Salida2 = salidaMax2;
else if (Salida2 < salidaMin2) Salida2 = salidaMin2;
if (ITerm2 > salidaMax2) ITerm2 = salidaMax2;
else if (ITerm2 < salidaMin2) ITerm2 = salidaMin2;
}

////////////////////////////////////////////////////////////////

void SetMode2(int Mode){
bool newAuto = (Mode == AUTOMATIC);

if (newAuto && !inAuto)
{ // Para cambiar de manual a automático, inicializamos algunos parámetros.
Initialize();
}
inAuto = newAuto;
}

```

```

}
////////////////////////////////////

void Initialize2(){
  lastInput2 = Entrada2;
  ITerm2 = Salida2;
  if (ITerm2> salidaMax2) ITerm2 = salidaMax2;
  else if (ITerm2 < salidaMin2) ITerm2 = salidaMin2;
}
////////////////////////////////////

void SetControllerDirection2(int Direction){
  controllerDirection = Direction;
}

}

```

```

//=====setear a cero la sección 2=====

```

```

void setear_cero2(){
  digitalWrite(pid2,LOW);
  digitalWrite(bomba2,LOW);
  contador2 = 0;
  cont2 = 0;
}

```

```

//=====girar la sección 1=====

```

```

void giro1(){

  if(final1==HIGH) {      //si el estado es pulsado
    f1=1;    //se enciende el led
  } else f1 = 0;
  if(final2==HIGH) {      //si el estado es pulsado
    f2=1;    //se enciende el led
  } else f2 = 0;
  if(final3==HIGH) {      //si el estado es pulsado
    f3=1;    //se enciende el led
  } else f3 = 0;

  if(f1==1 && bloqueo1==0) {      //si el estado es pulsado
    digitalWrite(40, HIGH);
    digitalWrite(41, LOW); //se enciende el led
  }
  if(f2==1 && bloqueo1==0) {      //si el estado es pulsado
    digitalWrite(40, HIGH);
    digitalWrite(41, LOW);
  }
}

```

```

    if(f3==1 && dias1 == 18) {      //si el estado es pulsado
digitalWrite(40, LOW);
digitalWrite(41, LOW);
bloqueo1=1;
    }
}

```

```

//=====girar la sección 2=====

```

```

void giro2(){

```

```

    if(final4==HIGH) {      //si el estado es pulsado
        f4=1;                //se enciende el motor
    } else f4 = 0;
    if(final5==HIGH) {      //si el estado es pulsado
        f5=1;                //se enciende el motor
    } else f5 = 0;
    if(final6==HIGH) {      //si el estado es pulsado
        f6=1;                //se enciende el motor
    } else f6 = 0;

```

```

    if(f4==1 && bloqueo2==0) {      //si el estado es pulsado
digitalWrite(42, HIGH);
digitalWrite(43, LOW);          //se enciende el motor
    }
    if(f5==1 && bloqueo2==0) {      //si el estado es pulsado
digitalWrite(42, HIGH);
digitalWrite(43, LOW);
    }

```

```

    if(f6==1 && dias1 == 18) {      //si el estado es pulsado
digitalWrite(42, LOW);
digitalWrite(43, LOW);
bloqueo2=1;
    }
}

```

```

//=====contador de días en la sección 1=====

```

```

void diasT1()

```

```

{
    tiempo = millis();

    if(tiempo - tiempoAnterior > intervalo) // pasará por aqui cada 1000 contajes
    {
        tiempoAnterior = tiempo;
        cont1=contador1++;

        if (cont1 == 86400)

```

```

    dias1++,
    contador1 = 0;

}

}

//=====contador de días en la sección 2=====
void diasT2()
{
    tiempo = millis();

    if(tiempo - tiempoAnterior > intervalo) // pasará por aqui cada 1000 contajes
    {
        tiempoAnterior = tiempo;
        cont2=contador2++;

        if (cont2 == 86400)

            dias2++,
            contador2 = 0;

    }

}

//=====encendido luces sección 1=====
void luz_sec_1(){
    digitalWrite(luz_1,HIGH);
}
void luz_sec_11(){
    digitalWrite(luz_1,LOW);
}

//=====encendido luces sección 2=====
void luz_sec_2(){
    digitalWrite(luz_2,HIGH);
}
void luz_sec_22(){
    digitalWrite(luz_2,LOW);
}

//=====Aumentar días en la sección 1=====
void b3PushCallback(void *ptr)
{
    dias1++;
    n8.setValue(dias1);
}

```

```

}

//=====Disminuir días en la sección 1=====

void b4PushCallback(void *ptr){
  dias1--;
  n8.setValue(dias1);
}

=====

//=====Aumentar días en la sección 2=====

void b5PushCallback(void *ptr){
  dias2++;
  n11.setValue(dias2);
}

=====

//=====Disminuir días en la sección 2=====

void b6PushCallback(void *ptr){
  dias2--;
  n11.setValue(dias2);
}

=====

//=====Control de agua en la sección 1=====

void nivelagua1(){
  double nivel_agua1 = analogRead(A0);           //lecturas del sensor de nivel de agua
  if (nivel_agua1 < 300){
    digitalWrite(bomba1,HIGH);
  }
  if (nivel_agua1 > 500){
    digitalWrite(bomba1,LOW);
  }
}

=====

//=====Control de agua en la sección 2=====

void nivelagua2(){
  double nivel_agua2 = analogRead(A1);           //lecturas del sensor de nivel de agua
  if (nivel_agua2 < 300){
    digitalWrite(bomba2,HIGH);
  }
  if (nivel_agua2 > 500){
    digitalWrite(bomba2,LOW);
  }
}

```


Anexo 9. Manual de usuario.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA



MANUAL DE USUARIO Y GUIA DE MANTENIMIENTO DE LA INCUBADORA DE BAJO COSTO PARA LA INDUSTRIA AVICOLA

ELABORADO POR:

David Flores

IBARRA FEBRERO 2018

MANUAL DE USUARIO

La incubadora detallada en este manual de usuario corresponde a la incubadora de bajo costo para la industria avícola desarrollada en la UTN.



Antes de usar la incubadora por primera vez leer el manual de usuario para una mejor experiencia con el equipo.

INSTRUCCIONES IMPORTANTES DE SEGURIDAD



CONEXIÓN ELÉCTRICA

Conectar la incubadora a una fuente de energía eléctrica 120V/60Hz



UBICACIÓN

Mantener la incubadora en un lugar donde no reciba los rayos directos del sol, la lluvia o al aire libre.



VENTILACIÓN

Evitar tapar los orificios de ventilación ubicados en la parte superior de la incubadora.



NO MOVER

Evitar mover la incubadora cuando esté funcionando, esto podría ocasionar serios problemas en los embriones



LIMPIEZA

Lavarse bien las manos antes de utilizar o manipular la incubadora para evitar la proliferación de bacterias u hongos en el proceso de incubación



MANTENIMIENTO

El mantenimiento de la incubadora debe realizarse solo por personal autorizado.

Guía de usuario

El personal que esté a cargo de la incubadora debe leer el manual de usuario con la finalidad de conocer todas las pautas de operación de la incubadora, y así, garantizar su correcto funcionamiento.

- La incubadora consta de dos secciones de incubación en las cuales podemos incubar una cantidad de 126 huevos por sección, con un total de 252 huevos de gallina en su máxima capacidad.
- Conectar la incubadora por la parte trasera a una conexión de 120V/60Hz.
- Girar el botón rojo el mismo que sirve como paro de emergencia.
- En la pantalla se visualiza una guía de inicio rápido.
- En la pantalla seleccionamos la sección que vamos a incubar o si vamos a incubar en las dos secciones y presionamos en siguiente.
- La incubadora es automática por lo que no debemos hacer nada más para iniciar la misma.

- La incubadora tarda entre 30 y 40 minutos en alcanzar la temperatura ideal para la incubación, con esto los huevos no sufrirán un cambio brusco en la temperatura lo cual podría ser un problema mortal para los embriones.
- Colocar los huevos en las bandejas porta huevos (estos deben estar previamente desinfectados y fumigados para evitar la proliferación de hongos).
- Una vez puestos en las bandejas porta huevos los colocamos en las bandejas nacedoras y estas las metemos dentro de la incubadora.
- Se confirma que las palancas que tienen las bandejas encajen en el sistema de movimiento que posee la incubadora.
- Una vez realizados los pasos anteriores procedemos a cerrar la incubadora y revisamos en la pantalla que la temperatura y humedad estén dentro de los límites establecidos.
- Una vez que se han cumplido los 7 u 8 días de incubación tenemos que realizar una ovoscopia para verificar los huevos que están fértiles y los que no para retirarlos de la incubadora.
- Posterior a esto verificamos que esté funcionando correctamente y esperamos hasta el día 21 en el cual los pollitos empezaran a nacer.
- Revisar que el agua no falte en la bomba para un mejor funcionamiento de la incubadora.
- Colocar la incubadora en un lugar donde no este expuesto directamente a los rayos del sol para prolongar su vida útil y para un mejor funcionamiento de la misma.
- No colocar objetos en los orificios de ventilación ubicados en la parte superior de la incubadora.

Anexo 10. Guía de mantenimiento.

GUÍA DE MANTENIMIENTO

La incubadora es de tipo automático por lo que el mantenimiento por el operador es mínimo, siendo la limpieza lo único que se debe estar revisando por el usuario final.

En el caso de daño o mal funcionamiento en la incubadora, esta debe ser revisada por personal capacitado, para revisar posibles daños en las placas o sistema de control se debe retirar los tornillos de la parte frontal y superior de la incubadora para realizar el desmontaje de estas tapas y proceder a un mantenimiento, el cual debe ser realizado por personal autorizado o con conocimientos en programación y electrónica.

La incubadora requiere de una limpieza de las bandejas y de su interior cada vez que termina una etapa de incubación para evitar posibles proliferaciones de hongos o bacterias.

PROBLEMAS Y POSIBLES SOLUCIONES

En la siguiente tabla se presentan los posibles problemas que se pudiesen presentar en la incubadora y las posibles soluciones para resolver estos casos:

POSIBLES PROBLEMAS Y SUS SOLUCIONES		
PROBLEMA	POSIBLE CAUSA	SOLUCION
La incubadora no enciende	La fuente de energía esta desconectada	Verificar que el cable de poder se encuentra conectado
	El botón de paro de emergencia está activado	Desactivar el botón de paro de emergencia girándolo.
	El cable de alimentación está roto o dañado.	Cambiar el cable de alimentación.
La temperatura no es la indicada.	El relé de estado sólido no está funcionando.	verificar el estado del relé, en el caso de estar dañado cambiarlo.

	el sensor esta averiado	cambiar el sensor DHT22
	el arduino no está enviando la señal de control	revisar que el arduino envíe señales al relé
	los cables conectados a las resistencias térmicas están rotos.	cambiar los cables verificando su correcta conexión.
la humedad no es la indicada	no existe agua en las bandejas	revisar que la bomba tenga agua
	el sensor de nivel de agua no está funcionando	verificar el estado del sensor de nivel de agua
	la bomba de agua no está funcionando	revisar el correcto funcionamiento y conexiones de la bomba de agua
el volteo de los huevos no es el indicado	el motor esta desconectado	revisar las conexiones del motor
	los finales de carrera están desconectados	revisar que estén en el sitio y funcionando
	las palancas de las bandejas no encajan en las rieles de movimiento	colocar bien las palancas de las bandejas en las rieles
la pantalla no enciende	los cables están desconectados o rotos	verificar la conexión de los cables en el caso de estar rotos cambiarlos
	la pantalla está rota	cambiar la pantalla
la incubadora no ejecuta las acciones de la pantalla	la pantalla no está conectada con el arduino	conectar correctamente los cables de señal de envío y recepción de datos
	la pantalla no está conectada a tierra del arduino	conectar a tierra del arduino
el botón de paro de emergencia no funciona	el botón se encuentra averiado	verificar el estado del botón y reemplazarlo en el caso de ser necesario
	el botón se queda enclavado	verificar el correcto funcionamiento de este girándolo para que se desenclave

Anexo 11. Planos.