

RESUMEN

En el presente proyecto se ha desarrollado un sistema automático de incubación artificial para huevos de avestruz. Con este equipo el usuario tiene la posibilidad de escoger la cantidad de días a incubar a través de un teclado colocado en el panel de control, visualizar su selección en una pantalla LCD, además de observar en tiempo real los valores de las variables que rigen el proceso, específicamente temperatura, humedad relativa y días transcurridos, pudiendo constatar personalmente si las condiciones internas del proceso son las requeridas para culminar la incubación satisfactoriamente. El sistema fue diseñado para cubrir un rango de medición de temperatura entre 35.5 y 36.9 °C y de humedad relativa de 25 al 27% con resoluciones de 0.1°C y 1% respectivamente.

Se puede operar en modo automático o en modo de simulación, siendo este último sólo para verificar el correcto funcionamiento de cada uno de los componentes del sistema. Además, en el panel de control se presentan una serie de indicadores visuales, que suministran información sobre el dispositivo que está activo en cualquier momento y en el caso de presentarse alguna falla, se activara la alarma sonora que informa al usuario alguna anomalía presentada. Es conveniente recalcar que a pesar de que es un proceso automatizado, es recomendable que el usuario realice constantemente un chequeo del equipo durante el transcurso del período de incubación para asegurar que las condiciones estén dadas para el normal desenvolvimiento del proceso y así obtener un alto porcentaje de nacimientos.

INTRODUCCIÓN

La situación económica de las familias ecuatorianas cada día va empeorando, es por esto que la gente está buscando alternativas que les permita aumentar sus ingresos para de esta manera atender sus necesidades básicas. Y una de estas alternativas, es precisamente la microempresa de la industria del avestruz.

La explotación del avestruz se presenta como una nueva alternativa para diversificar la industria en nuestro país. La cría del avestruz se ha convertido en una industria de rápido crecimiento, que ha pasado a ser una fuente interesante de ingresos. Por tratarse de un rubro no tradicional, sobre el cual se poseen escasos antecedentes de manejo y de mercado nacional, toda incursión en esta nueva línea productiva debe ser analizada cuidadosamente.

Durante los últimos años ha habido una gran demanda por reproductores de avestruces, los que han alcanzado precios extraordinarios e irreales. Sin embargo, se estima que la crianza de avestruces puede ser un negocio rentable en la medida que el productor se capacite, trabaje a conciencia en la explotación y sepa que, además de la excelencia en el manejo de los animales, es indispensable una promoción continua y permanente de los productos que de ellos se obtienen.

Se reproducen hasta los 40 años, y producen anualmente cinco veces más volumen de carne y cuero que lo que produce el ganado vacuno. Además, ocupan poco espacio y tienen una mejor conversión alimenticia. Los avestruces presentan todas las características necesarias para ser altamente rentables para los inversionistas y agricultores con visión de futuro.

Los productos que se pueden obtener de esta ave son carne, piel, plumas, aceite, y huevos. En cuanto a la carne, al considerar las demandas alimenticias del consumidor moderno nos encontramos con necesidades no satisfechas. Una dieta moderna consigna como premisa lo sano y lo equilibrado, por lo tanto cualquier producto que satisfaga este requerimiento será altamente valorado y

aceptado por el mercado. Por eso la producción de carnes tiende hoy a diversificarse para satisfacer al consumidor, ofreciendo un producto nuevo en el mercado de las carnes, un producto con alto valor agregado por su buena calidad, presentación y bajos índices grasos, la carne de avestruz, según expertos tiene buen sabor y es similar en textura y apariencia a la carne de ganado vacuno. Sumamente alta en hierro y proteínas, es considerablemente más baja en grasa, colesterol y calorías que la de vacuno.

Los polluelos recién nacidos miden cerca de 25 cm. de altura y pesan aproximadamente 1 kilo. En promedio, el polluelo crece 25 cm mensuales durante los seis primeros meses. De los 10 a los 14 meses de edad están listos para el matadero, pesan normalmente alrededor de 110 kilos y rinden aproximadamente un 60% luego de faenados. El avestruz produce también de 1 a 2 kilos de plumas usables.

En cuanto al cuero, los antecedentes disponibles en la actualidad indican que alcanza un alto valor dentro de los productos que esta ave genera. Es mundialmente reconocido por su textura suave y flexible, su exclusiva apariencia y sus aceites naturales que lo hacen resistente al endurecimiento y al resecado. Es un cuero durable que se utiliza para fabricar artículos de alto precio, como botas, carteras y portafolios. Las plumas del avestruz se utilizan para limpieza industrial, particularmente en la industria automotriz y de informática. La grasa se derrite para ser empleada en la fabricación de cosméticos.

El desarrollo de la industria del avestruz se inicia en África y posteriormente se extiende a Europa. Actualmente ella es emergente en Francia, España, Canadá, México, Brasil y últimamente en Chile. El crecimiento del número de avestruces con el propósito de producir carne, se inicia recién en 1991. Es decir, es una industria aún naciente en el ámbito mundial. Antes de esta fecha, la producción comercial del avestruz se basaba en la producción de piel, pluma y carne seca. Los principales países importadores de carne congelada y fresca son Suiza, Francia, Alemania, Japón y Holanda. Anualmente se venden en los mercados mundiales de exportación 1.500 toneladas de carne de avestruz, 180.000 pieles y

160.000 kilos de plumas. Los productos derivados del avestruz muestran gran demanda y, aún cuando la industria sigue creciendo enormemente, la oferta no alcanza a cubrir la demanda.

Dadas las características productivas y las exigencias climáticas de la explotación de este animal, nuestro país ofrece ventajas comparativas interesantes para desarrollar este nuevo negocio. No hay que olvidar que su hábitat natural corresponde a zonas con temperaturas fluctuantes entre el día y la noche. Esta es quizás la razón de la excelente adaptación de estas aves, y principalmente de los polluelos mayores de 6 meses, a diferentes climas en Europa, Asia y América.

Sin embargo, para iniciar su explotación comercial es necesario conocer el comportamiento biológico y productivo del avestruz en las diversas condiciones climáticas del país, ya que una determinada zona puede presentar ventajas comparativas para un ciclo productivo en particular como, por ejemplo, el engorde, la finalización o el acabado. Por eso es indispensable conocer y definir su manejo, precisar las condiciones de alimentación, observar los parámetros productivos de consumo de alimento y agua de bebida, evolución del peso vivo y su ganancia diaria, mortalidad, enfermedades que la pueden afectar, etc.

La Industria del Avestruz está, entrando en su tercera etapa:

- La primera etapa fue la industria de la pluma a principios del siglo pasado.
- La segunda etapa fue la industria de la piel y cuero, por su belleza y diversidad.
- La tercera etapa es la industria de la carne. Esta sabrosa carne es baja en colesterol y por esta razón la demanda está incrementándose hoy en día alrededor del mundo.

En nuestro país por la diversidad de clima es posible la cría de avestruces, por esta razón se ha propuesto diseñar y construir una incubadora de huevos de avestruz, controlada digitalmente, que permita automatizar el control de la temperatura, humedad y volteo de los huevos.

CAPITULO 1

PRINCIPALES DEFINICIONES TEÓRICAS.

1.1 GENERALIDADES DEL AVESTRUZ.

El avestruz tiene su origen en el Continente Africano¹, desde hace 60 millones de años, en el período eocénico y pertenece al grupo de las aves corredoras que no pueden volar. El avestruz, es un ave resistente a condiciones climáticas extremas, y tolerante a enfermedades y parásitos.

El avestruz es el ave más grande del mundo², el cual puede llegar a un peso de 200 Kg. y una altura de 2.75 m en estado adulto.

Su carne y sus plumas siempre han sido muy codiciadas³, y por tanto cazado hasta la exterminación en algunos lugares. Tanto así, que en el siglo XIX se establecieron granjas en muchas partes del mundo, Sudáfrica y Australia llegando a ser las principales criadoras. En años recientes ha vuelto a crecer el interés y ahora se usa hasta la piel para cuero de zapatos.

El avestruz macho se diferencia de la hembra por ser más grande. También tiene las plumas del cuerpo negras y las del borde de las alas y la cola blancas. El plumaje de las hembras es color gris opaco, con menos plumas blancas en las alas.

Así mismo, puede alcanzar una velocidad sostenida de 60 Km/hora durante 20 minutos. Su longevidad es del orden de los 70 años y por su naturaleza silvestre presenta muy buena capacidad de adaptación a una gran diversidad de climas, principalmente los áridos, semiáridos y templados, y soporta condiciones climatológicas extremas, a partir de los 4 meses de edad. Los machos se aparean generalmente con 2 hembras.

¹<http://www.cueronet.com/exoticas/pielavestruz.htm>

² <http://www.gestiopolis.com/recursos5/docs/mkt/labopropa.htm>

³<http://www.damisela.com/zoo/ave/ratities/avestruz/index.htm>

Existen tres subespecies o razas de avestruces⁴: La de cuello rojo, la de cuello azul y la negra africana, siendo la de cuello rojo poco utilizada en explotaciones comerciales debido a su temperamento agresivo y a un menor volumen de carne y piel respecto de las otras dos subespecies. Las siguientes tablas destacan las características más importantes que concretan de la incubación del huevo del avestruz.

Genero y especie:	Struthio Camelos
Clase:	Aves
Orden:	Estrutioniformes
Familia:	Estrutiónidos
Hábitat:	Sabanas y llanuras donde hay arbustos. Lugares donde predomina la hierba y regiones semiáridas.
Hábitos:	En algunas poblaciones los adultos se mantienen en grupos de media docena a una docena. En otros lugares son solitarios o en parejas.
Dimensiones:	La altura usual es de 2.0 a 2.5 metros. La altura máxima de los machos es 2.75 metros. El peso máximo de los machos es de 150 kg.
Nidificación:	Todo el año en algunas partes. Al sur del continente en primavera y otoño. Anidan solitarios.
Huevos:	Son color crema claro a blancos. Miden unos 15 por 12 cm
Incubación:	Toma unos 42 a 48 días. Los dos géneros incuban, el macho pasa más tiempo sobre los huevos.
Alimentación:	En su mayor parte de alimenta de hierbas, semillas, insectos, pequeños vertebrados, cúmulos de arena para su digestión
Amenazas:	Adultos: los leones, aunque las avestruces adultas normalmente escapan si el león no las sorprende. Huevos: Los chacales.

⁴ <http://avestrucesdecolombia.galeon.com/>

Longevidad:	50 o más años
Postura anual:	80 – 100 huevos cada hembra en un nido común
Sonidos:	Normalmente son silentes. Hay veces emiten un siseo. Cuando están criando los machos emiten un sonido similar al rugido de los leones sin las vibraciones.
Visión:	Excelente.

Tabla 1.1. Características del Avestruz⁵⁻⁶.

La Tabla 1.2 proporciona información referente a las características productivas del avestruz.

PARAMETROS	PROMEDIOS
Vida productiva	40 años
Producción de carne en canal	47% del peso vivo
Producción de carne sin hueso	37% del peso vivo
Producción de piel	1.2 a 2 mts. cuadrados
Producción de pluma	1.4 kgs, por año
Postura anual	60 huevos promedio
Conversión alimenticia	4 / 1
Consumo diario de alimento	1 a 1.5 kgs.
Madurez sexual del macho	2.5 a 3 años
Madurez sexual de la hembra	2 a 2.5 años
Temporada de postura	marzo - octubre
Período de incubación	42 – 48 días
% de fertilidad del huevo	80%
% de nacimientos / huevos fértiles	80%
Relación hembras / macho	2 / 1
Edad de sacrificio	12 a 14 meses
Peso al sacrificio	90 a 110 Kg.

Tabla 1.2. Características Productivas del Avestruz⁷⁻⁸.

⁵ <http://www.michoacan.com.mx/texcale/generalidades.htm>

⁶ <http://www.damisela.com/zoo/ave/ratities/avestruz/index.htm>

⁷ <http://www.gestiopolis.com/recursos5/docs/mkt/labopropa.htm#TITULO>

⁸ http://avestrucestotal.iespana.es/documentos/avestruz_abril2002.pdf

1.2 CARACTERÍSTICAS DEL HUEVO DE AVESTRUZ.

El huevo de avestruz es muy resistente⁹, soportando entre 125 a 150 Kg., que es el peso de uno de sus padres, los que los pisan a menudo, son blancos y grandes, pesando alrededor de 1,6 Kg. Son puestos entre las 4:30 y las 8 p.m., generalmente al oscurecer. Ocasionalmente lo hacen en la mañana.

1.3 LA INCUBACIÓN.

Se llama incubación¹⁰ el proceso por el cual las aves transmiten calor a los huevos para permitir el desarrollo de los embriones. Cuando se inicia la etapa reproductiva, él o los padres que incuban van a desarrollar un parche de cría, que se forma al perderse las plumas del pecho; la piel se engruesa y empieza a crecer gran cantidad de vasos sanguíneos, lo que le da mayor calor a esta área del cuerpo. Esta parte desnuda va a ser colocada directamente sobre los huevos para darles calor. La incubación se inicia en la mayoría de las especies una vez que toda la puesta está completa. Pero algunas especies incuban desde que es puesto el primer huevo.

1.3.1 PERÍODO DE LA INCUBACIÓN NATURAL.

La nidada puede tener más de 20 huevos¹¹, en la naturaleza se han documentado que han excedido los 70, pero usualmente no nacen más de 20 pichones, el macho los empieza a incubar sentándose sobre ellos por las noches. La hembra los calienta durante las horas del día. El promedio de huevos de la hembra primaria es de unos ocho. La incubación tiene un periodo de seis semanas aproximadamente.

⁹ <http://www.avestrucesquilacoya.cl/huevos.htm>

¹⁰ http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/138/htm/sec_12.htm

¹¹ <http://www.damisela.com/zoo/ave/ratities/avestruz/index.htm>

1.3.2 PERÍODO DE LA INCUBACIÓN ARTIFICIAL.

Entre los factores que influyen sobre el éxito de la incubación¹² se encuentran: los factores genéticos, el peso del huevo y la calidad de la cáscara, la alimentación, estado sanitario y edad de los reproductores, la época de monta, la relación machos / hembras, el estrés y el manejo del huevo fértil. El proceso a seguir para el manejo sobre el huevo que será incubado consiste básicamente en: recolección y selección de los huevos a incubar, lavado y limpieza de los huevos, fumigación, almacenamiento, precalentamiento, incubación, transferencia a las nacedoras y finalmente secado del plumón, desinfección del ombligo y control de peso luego del nacimiento.

La técnica de la incubación artificial de los huevos de avestruz comenzó con los conocimientos adquiridos en la incubación de los huevos de gallina, a los que se les fueron añadiendo las particularidades propias de los primeros.

A lo largo del proceso global que comprende el manejo del huevo fértil y el período de incubación propiamente dicho, se ha de cuidar al máximo las condiciones de higiene. Recordando que se está trabajando con un material (los huevos fértiles) recogidos en el suelo, al aire libre y en unas condiciones de temperatura y humedad muy favorables para el desarrollo de microorganismos patógenos.

Es conveniente definir dos conceptos que a simple vista son similares pero por definición son antagónicos como son la fertilidad e incubación.

La **fertilidad** hace referencia al número de huevos embrionados en relación al número de huevos colocados en la incubadora, una vez desechados los huevos claros tras el primer miraje el día 14 de incubación. Es decir, la fertilidad muestra la aptitud de unión del espermatozoide y el óvulo. El huevo debería ingresar a la incubadora después de siete días de la fecha de postura.

¹² <http://www.portalveterinaria.com/modules.php?name=Articles&file=article&sid=162>

$$\text{Fertilidad} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de huevos fértiles}}{\text{N}^\circ \text{ de huevos introducidos en la incubadora}} \times 100$$

De lo indicado se deduce que una pobre fertilidad sólo puede ser imputable a los reproductores.

Por el contrario, la **incubación** es la capacidad del huevo para eclosionar, produciendo un pollo viable.

$$\text{Incubabilidad} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de avestruces nacidos}}{\text{N}^\circ \text{ de huevos fértiles}} \times 100$$

La tabla 1.3 detalla los factores determinantes del proceso de incubación.

Atrasan el Proceso	Aceleran el Proceso
<ul style="list-style-type: none"> • Cascarones gruesos • Temperaturas bajas • Alta humedad • Menos poros • Poros pequeños 	<ul style="list-style-type: none"> • Cascarones delgados • Temperaturas altas • Baja humedad • Más poros • Poros grandes

Tabla 1.3. Factores determinantes del periodo de Incubación.

1.3.3 FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE EL ÉXITO DE LA INCUBACIÓN.

1.3.3.1 Factores Genéticos.

Existe una gran variabilidad en los huevos de avestruces, tanto en la calidad de la cáscara como en el tamaño de los mismos, debido a una falta de selección y mejora genética de los animales. Esto trae como consecuencia la disparidad de cifras encontradas en la literatura especializada en cuanto a parámetros tales como tasa de incubación, porcentaje de fertilidad o peso al nacimiento, así como, en cuanto a las necesidades ambientales para el proceso de la incubación.

1.3.3.2 Peso del Huevo.

El peso del huevo puede oscilar entre 1 y 2 Kg., lo cual depende del tamaño de la hembra, el momento del ciclo de puesta, la subespecie y la alimentación. El peso del huevo determina de forma clara y positiva el peso de la cría al nacimiento, aspecto importante para la vitalidad del recién nacido.

Por otra parte, el tamaño del huevo influye en la viabilidad de los crías de avestruz, el sentido de que los huevos de gran tamaño producen aves de nacimiento tardío, debido a una falta de intercambio gaseoso y de vapor de agua. Por el contrario, los huevos excesivamente pequeños producen aves vástagos deshidratados, de pequeño tamaño y muy débil al nacimiento, debido a la gran pérdida de agua durante el proceso de incubación. La Figura 1.1 muestra el esquema del huevo del avestruz.

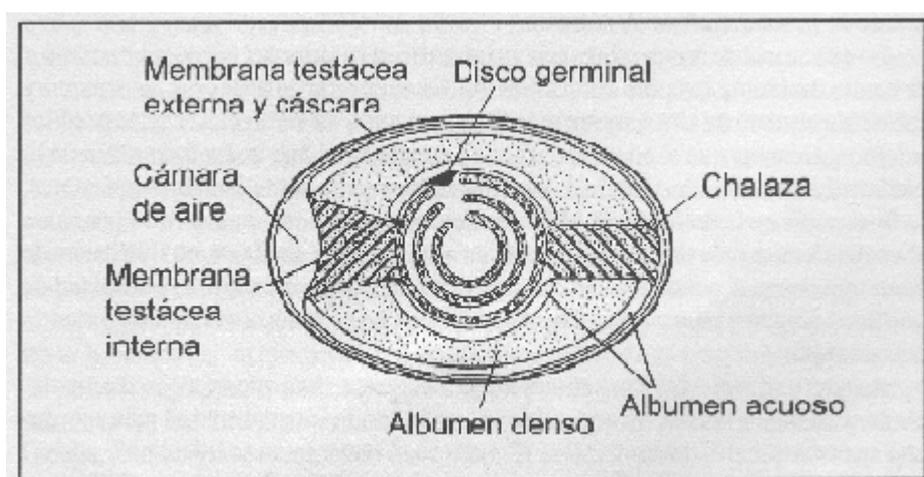


Figura 1.1. Esquema de un huevo de avestruz¹³

1.3.3.3 Calidad de la Cáscara.

El grosor de la cáscara¹⁴ varía entre 1,4 y 2,4 mm., con un valor medio entre 1,8 y 2 mm, influyendo en la mayor o menor pérdida de agua durante el proceso de incubación. También existen diferencias en cuanto a la porosidad de la cáscara. Todos aquellos huevos con anomalías en la cáscara y con fisuras en la

¹³ <http://usuarios.lycos.es/mayaostrich/incubacion.htm>

¹⁴ <http://www.portalveterinaria.com/modules.php?name=Articles&file=article&sid=162>

misma se eliminarán, ya que el riesgo de contaminación por microorganismos es muy elevado.

1.3.3.4 Alimentación de los reproductores.

El huevo debe contener todos los nutrientes que el embrión necesita cuando es puesto por el avestruz. La alimentación de la hembra influye tanto en la calidad como en el tamaño del huevo y, consecuentemente, en la viabilidad y peso al nacimiento del ave en cuestión.

Es muy importante mantener una dieta equilibrada durante toda la época de reproducción, evitando carencias vitamínico-minerales. Determinadas avitaminosis y carencias minerales pueden ocasionar importantes alteraciones en el embrión. De ahí que se aconseje incluir un corrector vitamínico-mineral en la dieta de los reproductores.

1.3.3.5 Edad de los reproductores.

Generalmente los machos reproductores alcanzan la madurez sexual a los tres años y medio, mientras que las hembras son más precoces, alcanzándola a los dos años y medio.

En la primera temporada de puesta los porcentajes de fertilidad son bajos, si bien van aumentando con la edad hasta alcanzar unos valores máximos entorno al 6º o 7º año de puesta.

1.3.3.6 Relación machos / hembras.

Los mejores resultados de fertilidad se consiguen con una relación macho:hembra de 1:2 -manejo de los animales en trío-, frente al manejo en grupo, en grandes extensiones de terreno, con una relación de 6 machos por cada 10 hembras.

1.3.3.7 Manejo del Huevo Fértil.¹⁵

Desde un punto de vista didáctico, se diferencia en el proceso de incubación dos etapas: la primera etapa o de pre-incubación que abarcaría todas aquellas prácticas de manejo efectuadas desde la puesta del huevo hasta su colocación en el interior de la incubadora. Y, la segunda etapa o incubación propiamente dicha que englobaría también la eclosión o nacimiento del pollo.

La Figura 1.2 muestra el proceso del manejo del huevo del avestruz.

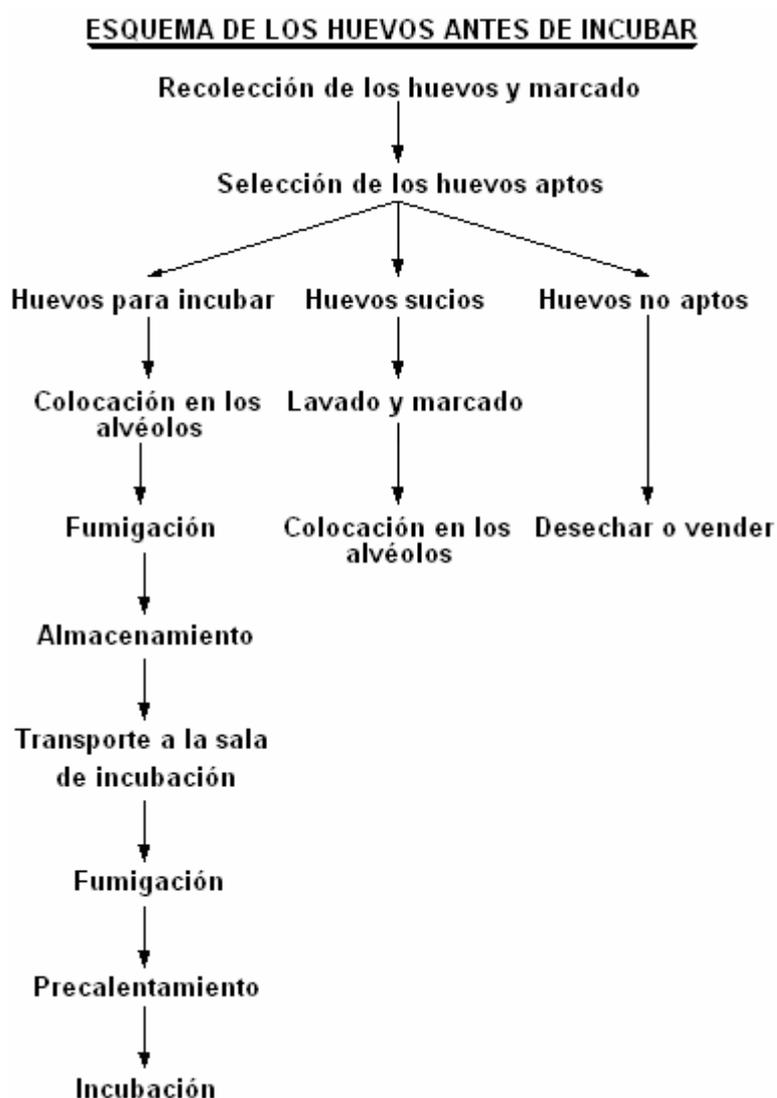


Figura 1.2. Manejo del huevo de avestruz.

¹⁵ <http://usuarios.lycos.es/mayaostrich/incubación.htm>

1.3.4 PROCESO DE INCUBACIÓN: PARÁMETROS A CONSIDERAR.¹⁶

El diseño de una incubadora moderna es en esencia una solución de ingeniería a los parámetros biológicos de temperatura, humedad y recambio de aire.

El control de la temperatura es quizá el factor más crítico para el éxito en la incubación y nacimiento. La temperatura de incubación para los huevos de avestruz oscila entre 35,5 y 36,9° C, dependiendo del tamaño del huevo, del grosor de la cáscara, de la humedad y del tipo de incubadora. En el interior de la incubadora la temperatura debe ser lo más uniforme posible, evitando fluctuaciones superiores a un grado o grado y medio, ya que ello puede provocar un aumento de la mortalidad embrionaria.

El tiempo medio de incubación a esa temperatura es de 39-42 días. A medida que aumentemos la temperatura, disminuirémos el tiempo de incubación, con lo que el nacimiento de los polluelos tendrá lugar antes y provocaría malformaciones en los ojos y en las patas de las crías. Por el contrario, temperaturas demasiado bajas provocan un retraso en el crecimiento, dando lugar a descendientes débiles y blandos, de pequeño tamaño.

Durante el proceso de incubación se debe evitar cambios bruscos de temperatura, ya que, si llegase a suceder en el último tercio del período embrionario aumentaría el riesgo de mortalidad embrionaria, por lo que sería muy conveniente contar con un generador eléctrico autónomo para casos de emergencia. Serviría también para mantener la temperatura adecuada en los locales de cría de las aves.

Respecto a la humedad, diremos que éste es el parámetro que más diferencia, la incubación del huevo de avestruz del resto de las aves, por sus necesidades extremadamente bajas.

El porcentaje de humedad durante el proceso de incubación va a determinar el grado de evaporación de agua de los huevos, influyendo en el menor o mayor

¹⁶<http://www.avefino.cl/avestruz.doc>

tamaño del avestruz. En condiciones normales, la pérdida de peso del huevo durante su incubación varía entre un 12 y un 14%, para lo cual la humedad relativa debe oscilar entre un 20 y un 35%. Por tanto, el mejor medio para verificar la bondad de la humedad es el control de la pérdida de peso de los huevos.

Ambientes excesivamente húmedos provocan una disminución en la pérdida de agua, originando crías débiles. Por el contrario, ambientes muy secos ocasionan una gran pérdida de agua, deshidratación y debilidad en las aves, viéndose dificultado su nacimiento al adherirse las membranas de la cáscara.

Por otra parte, el grado de humedad deberá ajustarse en función de la temperatura, en el sentido que a medida que aumentemos la temperatura de incubación disminuamos el porcentaje de humedad relativa, ya que la temperatura elevada incrementa la actividad metabólica del embrión y, por consiguiente, el agua metabólica, disminuyendo el tiempo de incubación.

Respecto a la ventilación, diremos que ésta ha de permitir el intercambio de oxígeno y anhídrido carbónico a través de la cáscara para facilitar la respiración del embrión. Además la ventilación contribuye a mantener uniforme la temperatura y la humedad en el interior de la incubadora. La concentración de estos gases en el aire tiene un efecto sobre los nacimientos. La concentración de anhídrido carbónico del aire que rodea a los huevos también afecta al número de nacimientos.

1.3.4.1 Miraje.

El miraje tiene como finalidad el detectar huevos claros y los embriones muertos precozmente. Estos huevos serán eliminados para evitar una excesiva evaporación de agua y una fuente de contaminación.

El miraje se efectúa el día 14 de incubación. El miraje se realizará con ovoscopios especiales. En ocasiones también se puede realizar en la propia incubadora mediante una pequeña luz de magnesio muy brillante.

Opcionalmente se puede efectuar un segundo miraje hacia el día 39, antes de realizar la transferencia a las nacedoras.

1.3.4.2 Volteo.

A partir del 3º día de incubación los huevos deben ser volteados para impedir que la yema se adhiera a las membranas, lo que daría lugar, en los primeros días de incubación a un deficiente desarrollo de la zona vascular y de los anexos embrionarios. Por otra parte, el volteo contribuye a homogeneizar la temperatura. El volteo se efectúa de forma automática, sobre un ángulo de 180º a ambos lados de la vertical, y con una frecuencia al menos de 8-10 veces al día. El volteo nunca se debe llevar a cabo en una sola dirección ya que ello puede provocar alteraciones de la membrana y de otras estructuras internas del huevo.

La Tabla 1.4 presenta una estimación de la edad de acuerdo al desarrollo embrionario

Semana	Características del embrión	
	Medidas	Características
1º	Hasta 0,5 cms	Halo rojizo entramado de vasos
2º	3 cms	Se ve el ojo y extremidades. Peso: 3 grs.
3º	8,5 cms	Embrión bien formado
4º	+ 15 cms	Con plumas – 150 grs. aproximadamente
5º	+ 23 cms	250 grs. – saco vitelino externo
6º	+ 27 cms	900 grs. – saco vitelino interno

Tabla 1.4. Estimación de la edad de acuerdo al desarrollo embrionario¹⁷.

¹⁷ <http://www.diagnosticoveterinario.com/casoclinico.php?idcasoclinico=87&idsec=11&idsubs=22>

1.3.5 VARIACIÓN EN LOS TIEMPOS DE INCUBACIÓN.

Son muchos los factores que influyen en el tiempo total de incubación de los huevos de avestruz. Entre los más destacados se encuentran los siguientes:

- Temperatura: A mayor temperatura, menor tiempo de incubación. A menor temperatura, mayor tiempo de incubación.
- Humedad: A mayor humedad, menor tiempo de incubación. A menor humedad, mayor tiempo de incubación.
- Albúmina: A mayor cantidad, menor tiempo de incubación. A menor cantidad, mayor tiempo de incubación.
- Cáscara: A mayor porosidad, menor tiempo de incubación. A menor porosidad, mayor tiempo de incubación.
- Tamaño del huevo: A mayor tamaño, mayor tiempo de incubación. A menor tamaño, menor tiempo de incubación.

CAPITULO 2

LA INCUBADORA.

El diseño de la incubadora está basado en resolver problemas que los criadores de avestruz tienen; como: controlar una temperatura constante en el interior del recipiente, la humedad en el interior de la caja y el movimiento de los huevos. La Figura 2.1 muestra las dimensiones de la incubadora y sus partes, tomando como base un horno para pan y en el Anexo A se muestra fotografías de la incubadora construida.

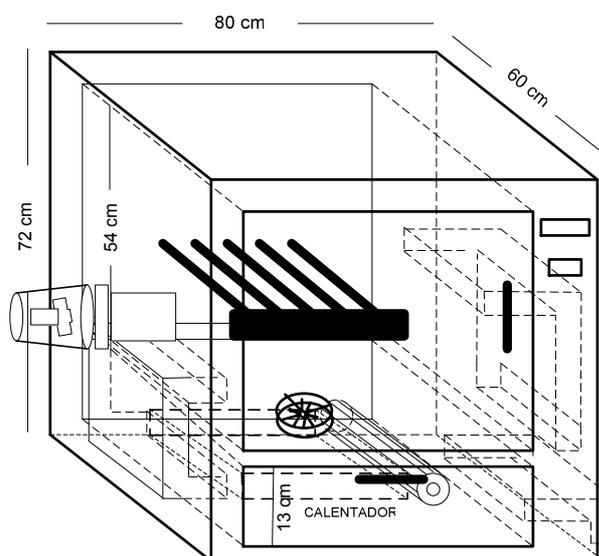


Figura 2.1. Incubadora y sus dimensiones.

2.1 CARACTERÍSTICAS DE LA INCUBADORA.

Para diseñar con un criterio adecuado la incubadora, es preciso tener presente que esta debería proporcionar las siguientes características¹⁸:

- Circulación de aire adecuada a los huevos.
- Nivel uniforme de temperatura a través de todo el compartimiento de huevos.
- Control de humedad.

¹⁸ <http://www.pzca.com.ve/va/articulos/va37pag37.html>

- Fácil acceso al huevo, para el manejo y ovoscopia.
- Excelente visibilidad al huevo, de modo que sea evidente si alguno se encuentra en mal estado.
- Debe poseer un mecanismo de seguridad para prevenir el sobrecalentamiento en la eventualidad de que ocurran fallas.
- Debe proveer máxima eficiencia energética, para minimizar los costos de operación.
- El flujo de aire a los huevos debe ser provisto por medio de una corriente constante, para suministrar aire fresco constante a los huevos y remover el vapor de agua y el CO₂.
- Para la rotación de los huevos, el sistema de rotación de rodillos garantiza que cada huevo reciba la cantidad requerida de rotación y previene también que los huevos se amontonen a un lado de la máquina. Este sistema provee a todos los huevos una rotación completa de 180°.

2.2 PARTES DE LA INCUBADORA.

La incubadora se encuentra integrada por el sistema electrónico (control y medida), y el sistema mecánico (sistema de volteo). Los detalles del sistema electrónico y mecánico se presentan en el capítulo 4.

2.3 SISTEMA DE CONTROL Y MEDIDA.

La función principal que debe realizar la incubadora es el control de las variables: temperatura, humedad, volteo automático programado (control del tiempo). A continuación se detalla los rangos permitidos de las variables a ser controladas por la incubadora.

2.3.1 TEMPERATURA.

La temperatura es la mayor variable que controla la cronología puntual o duración del proceso de incubación. Como hemos visto exceso de temperatura durante la

fase de incubación acelera innecesariamente el desarrollo de los embriones, causando bajos nacimientos y mala calidad de los pichones (nacimientos prematuros, botones negros, cráneos abiertos, etc.). Bajas temperaturas resultan en retrasos en el nacimiento, pichones faltos de vitalidad y exceso de descartes (huevos en estado de putrefacción). La falta de uniformidad de las temperaturas al interior de las máquinas de incubación terminan produciendo nacimientos dispares y de mala calidad. La temperatura de incubación para huevos de avestruces variará de 35,5° a 36,9 °C. El sistema de calentamiento se muestra en la Figura 2.2, consta de un ventilador el cual empuja el aire calentado por las dos niquelinas.

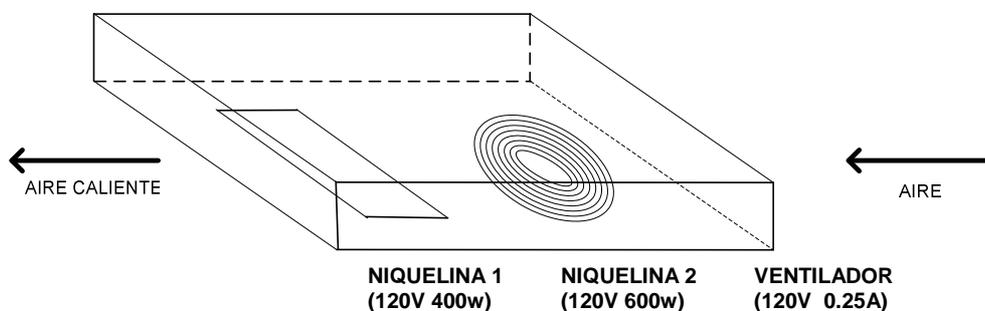


Figura 2.2. Sistema de calentamiento.

2.3.2 HUMEDAD.

La humedad relativa en la incubadora debe ajustarse de modo que permita la pérdida de humedad del huevo de un 12 a 16%, se mide en base a la pérdida de peso del huevo durante los 42 días de incubación. La humedad de incubación será de 20 a 35% con control de humedad automático.

A veces resulta difícil controlar la humedad dentro de la incubadora, que varia dependiendo de las condiciones climáticas de cada zona, ya que la humedad requerida para el proceso es bastante baja deberán hacerse correcciones hasta determinar la humedad óptima de incubación para cada área o región en particular. La humedad alta durante la incubación retrasará la eclosión; la humedad baja tiende a causar una eclosión prematura. Mientras más alta sea la temperatura, menor será la necesidad de humedad relativa, porque el ritmo de producción de agua y crecimiento del embrión será más rápido. Si no se puede

alcanzar una baja humedad relativa, podría ser necesario incubar a temperaturas más bajas por tiempos más largos, o bien invertir en un sistema de deshumidificación. La Figura 2.3 muestra el sistema de humidificación, la cual consta de un ventilador, que empuja el aire humedecido de la esponja hacia la parte interna de la incubadora; la esponja esta especialmente diseñada para retener la humedad, una vez que ha sido bañada por agua a través de la activación de la electro válvula durante 2 segundos, el sistema de humidificación entra en funcionamiento si la humedad disminuye del límite inferior (25% de humedad relativa), y es desconectado si la humedad alcanza el límite superior (27% de humedad relativa).

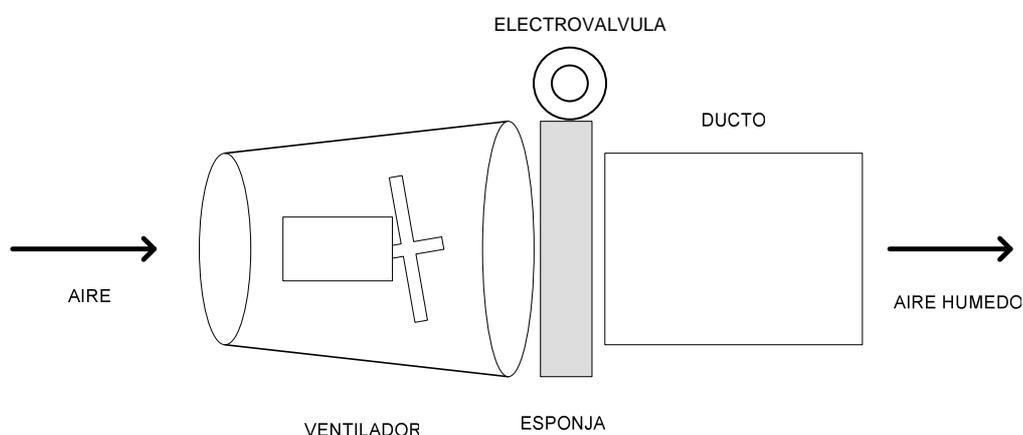


Figura 2.3. Sistema de Humidificación.

2.3.3 VENTILACIÓN.

Los huevos fértiles realizan un intercambio gaseoso, captando oxígeno y cediendo anhídrido carbónico. Esta respiración hace necesaria una adecuada ventilación, ayudada por un homogenizador permanentemente encendido, haciendo circular el aire de manera uniforme al interior de la incubadora. La Figura 2.4. Muestra el flujo de aire en el interior de la incubadora.

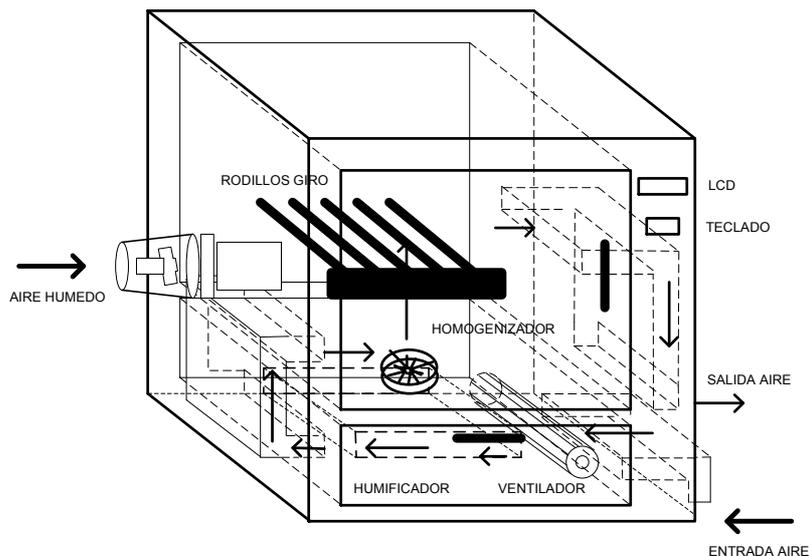


Figura 2.4. Flujo de aire.

2.4 SISTEMA MECANICO.

Para evitar que el embrión quede adherido a las membranas y para mejorar la distribución del calor, debe realizarse el volteo de los huevos. Esta acción no deberá realizarse nunca antes de los tres primeros días de incubación, ni después del día 37 al 39. Durante los restantes días deberán voltearse unos 180 grados cada 2 a 3 horas.

La yema es ligeramente más flotante que la clara, flota hacia la membrana del cascarón y se deshidrata; el volteo regular previene que esto ocurra; el embrión se desarrolla en relación con la gravedad; si el huevo no se voltea, se produce un desarrollo desigual o deformaciones; el embrión produce desechos; por lo que a la falta de movimiento el embrión se envenenaría.

El sistema de volteo se muestra en la Figura 2.5. El movimiento de los huevos se lo realiza girando los rodillos que se encuentran acoplados mediante engranajes a un motor a pasos.

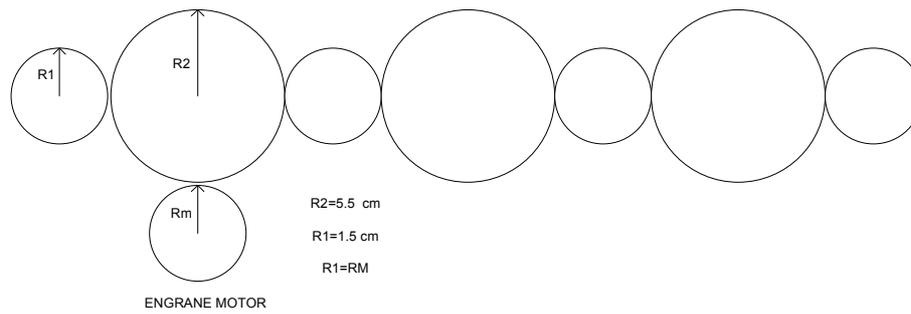


Figura 2.5. Sistema de Engranés.

Dado que $R_1 = R_m$, para realizar un giro completo sobre R_1 , R_m debe realizar también un giro completo, es decir una relación 1:1 sin importar el radio R_2 , ya que la función de R_2 es transmitir el giro del motor a los engranes con radio R_1 . La resolución del paso del motor es de 3.6° , para obtener un giro de 360° se debe realizar 100 pasos.

Como los huevos miden aproximadamente 12 cm de diámetro y los rodillos 1cm de radio, resulta una relación de 6 a 1 entre las circunferencias del huevo y el rodillo, por lo que para lograr que giren 180° , el motor deberá girar 300 pasos.

CAPITULO 3

PRINCIPALES DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS.

En base a la información y características proporcionadas en los capítulos anteriores, se procede a detallar los dispositivos electrónicos principales utilizados para la implementación de la incubadora de avestruces.

- Microcontrolador PIC16F877A (PIC “**Peripheral Interface Controller**”).
- Motor a Pasos.
- Reloj Digital.
- Sensor de Temperatura (LM35, National Semiconductor)
- Sensor de Humedad (HS1100, Humirel).

3.1 MICROCONTROLADOR PIC16F877A.

Para controlar la temperatura y la humedad del recinto, para el movimiento rotacional de los huevos de avestruz, de la ventilación, alarma auditiva y visualización de la incubadora, se lo hace a través del microcontrolador PIC16F877A, quien supervisa por medio de sensores y actúa según los parámetros que se indican en los párrafos iniciales.

3.1.1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES.

El microcontrolador PIC16F877A¹⁹ posee las siguientes características:

- Conjunto de instrucciones reducidas (RISC).
- Número de Instrucciones: 35 instrucciones.
- Memoria de Programa Flash de 8K*14words (1 word=14 bits).
- Memoria de datos de 368*8 bytes.

¹⁹ <http://downloads.solarbotics.com/PDF/PIC16F877a-39582b.pdf>

- Memoria EEPROM de 256*8 bytes.
- Catorce fuentes de interrupción.
- Ocho conversores analógicos de 10 bits de resolución.
- Puertos disponibles para comunicación serial asincrónico y sincrónico.
- Puerto paralelo esclavo (PSP) de 8 bits, con controles externos para lectura, escritura y selección de dispositivo.
- Dos módulos para PWM de 10 bits de resolución.
- Tres temporizadores.

El PIC16F877A posee una arquitectura HARVARD, en la cual el CPU se conecta de forma independiente y con buses distintos con la memoria de instrucciones y con la de datos. Figura 3.1.

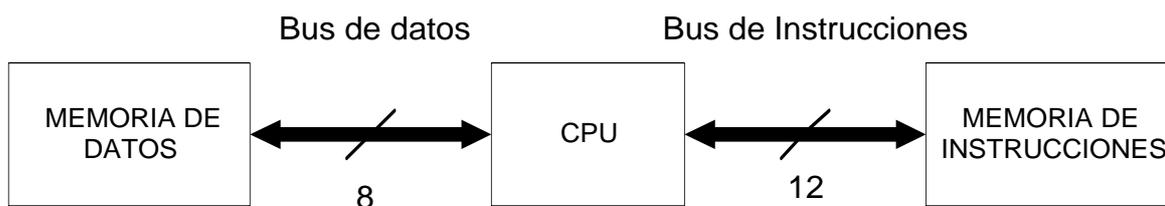


Figura 3.1 Arquitectura HARVARD.

Como se puede observar la arquitectura Harvard permite al CPU acceder simultáneamente a las dos memorias las cuales pueden ser de tamaño y longitudes de palabra diferentes. La total independencia entre los accesos a las dos memorias permite realizar accesos simultáneos.

La segmentación (“pipe-line”) en la ejecución de las instrucciones permite al procesador realizar al mismo tiempo la ejecución de una instrucción y la búsqueda del código de la siguiente. De esta forma se puede ejecutar cada instrucción en un ciclo (un ciclo de instrucción equivale a cuatro ciclos de reloj). Lo que se observa en la Figura 3.2.

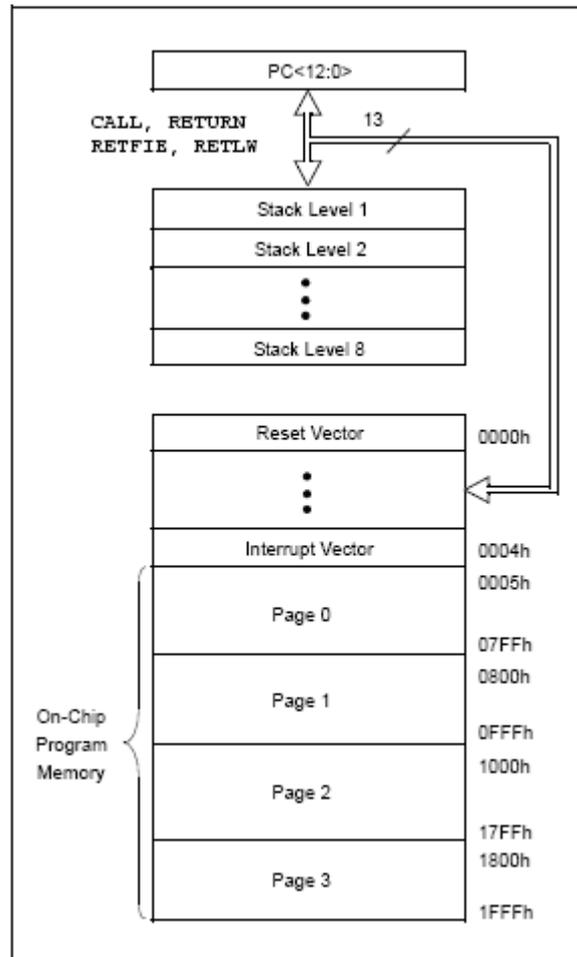


Figura 3.3. Distribución de la memoria de programa.

3.1.3 MEMORIA DE DATOS.

La memoria de datos se organiza en cuatro "bancos". El banco 0 tiene un tamaño de 128 bytes. La memoria de datos funciona de forma similar al "banco de registros" de un procesador por lo cual sus posiciones implementan registros de propósito especial y propósito general. Las direcciones de memoria inferiores corresponden al los registros de propósito especial y las superiores a las de propósito general. En la Figura 3.4 se presenta la organización de la memoria compuesta por cuatro bancos.

3.1.4 TEMPORIZADORES, PUERTOS DE E/S.

3.1.4.1 Control De Tiempos.

Una exigencia en las aplicaciones de control es la regulación estricta de los tiempos que duran las diversas acciones que realiza el sistema. El dispositivo típico destinado a gobernar los tiempos recibe el nombre de temporizador o "timer" y, básicamente, consiste en un contador ascendente o descendente que determina un tiempo determinado entre el valor que se le carga y el momento en que se produce su desbordamiento o paso por 0 (Figura 3.5).

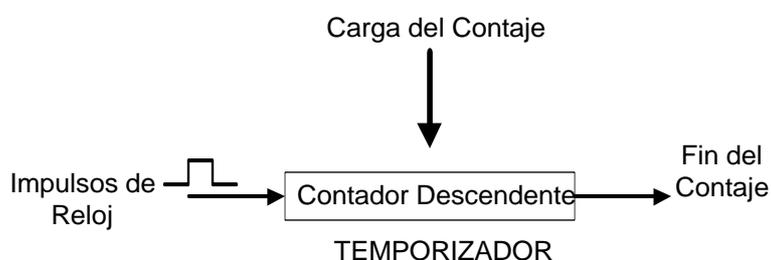


Figura 3.5. Esquema simplificado de un temporizador.

Los temporizadores a veces precisan controlar tiempos largos y aumentar la duración de los impulsos de reloj que les incrementan o decrementan. Para cubrir esta necesidad, se dispone de un circuito programable llamado divisor de frecuencia que divide la frecuencia utilizada por diversos rangos para poder realizar temporizaciones más largas.

Para regular el comportamiento del temporizador principal y el divisor de frecuencia se emplean algunos bits de la palabra de configuración y del registro de opciones (OPTION_REG). El divisor de frecuencia puede actuar al ritmo de una señal externa, o bien, con la señal de reloj interna del microcontrolador, procedente del oscilador propio. Mediante algunos bits del Registro de opciones se controla el trabajo del divisor de frecuencia sobre el temporizador.

3.1.4.1.1 El Temporizador, Tmr0

Se trata de un contador ascendente de 8 bits que puede actuar de dos formas.

Contador.- Se le introducen los impulsos desde el exterior por el pin T0CKI. Su misión es "contar" el número de acontecimientos externos.

Temporizador.- Trabaja y cuenta los impulsos de reloj del oscilador interno (CLKOUT). Se usa para determinar un tiempo fijo; estos impulsos tienen una duración conocida que es la de un ciclo de instrucción cuya frecuencia es la cuarta parte del oscilador principal ($F_{osc}/4$).

El TMR0 se comporta como un registro de propósito especial ubicado en la posición 01h del área de datos. Puede ser leído y escrito al estar conectado directamente al bus de datos. Como se trata de un contador ascendente, conviene cargarle con el valor de los impulsos que se desean contar pero en forma de complemento a 2, Así, si se quieren contar cuatro impulsos de reloj se carga al TMR0 con el complemento a 2 de 4, lo que significa cargarle con -4. De esta manera, con la llegada de cuatro impulsos se alcanza el valor 0, que determina el tiempo a controlar.

Para trabajar con el TMR0 se pueden utilizar las siguientes fórmulas en el caso que los impulsos de reloj provengan del oscilador interno con un periodo de T_{osc} .

Temporización = $4 \cdot T_{osc} \cdot (\text{Valor cargado en TMR0}) \cdot (\text{Rango del Divisor})$

Valor a cargar en TMR0 = $(\text{temporización} / 4 \cdot T_{osc}) \cdot (\text{Rango del Divisor})$

Para conocer el estado en que va la cuenta del TMR0 se le puede leer en cualquier momento. Cuando se escribe un nuevo valor sobre TMR0 para iniciar una nueva temporización, el incremento del mismo se retrasa durante los dos ciclos de reloj posteriores.

En la Figura 3.6 se ofrece el esquema de funcionamiento del Temporizador TMR0. Obsérvese que existe un bloque que retrasa dos ciclos y cuya misión consiste en sincronizar el momento del incremento producido por la señal T0CKI con el que producen los impulsos del reloj interno. Cuando no se usa el divisor de frecuencia, la entrada de la señal de reloj externa es la misma que la salida de dicho Divisor.

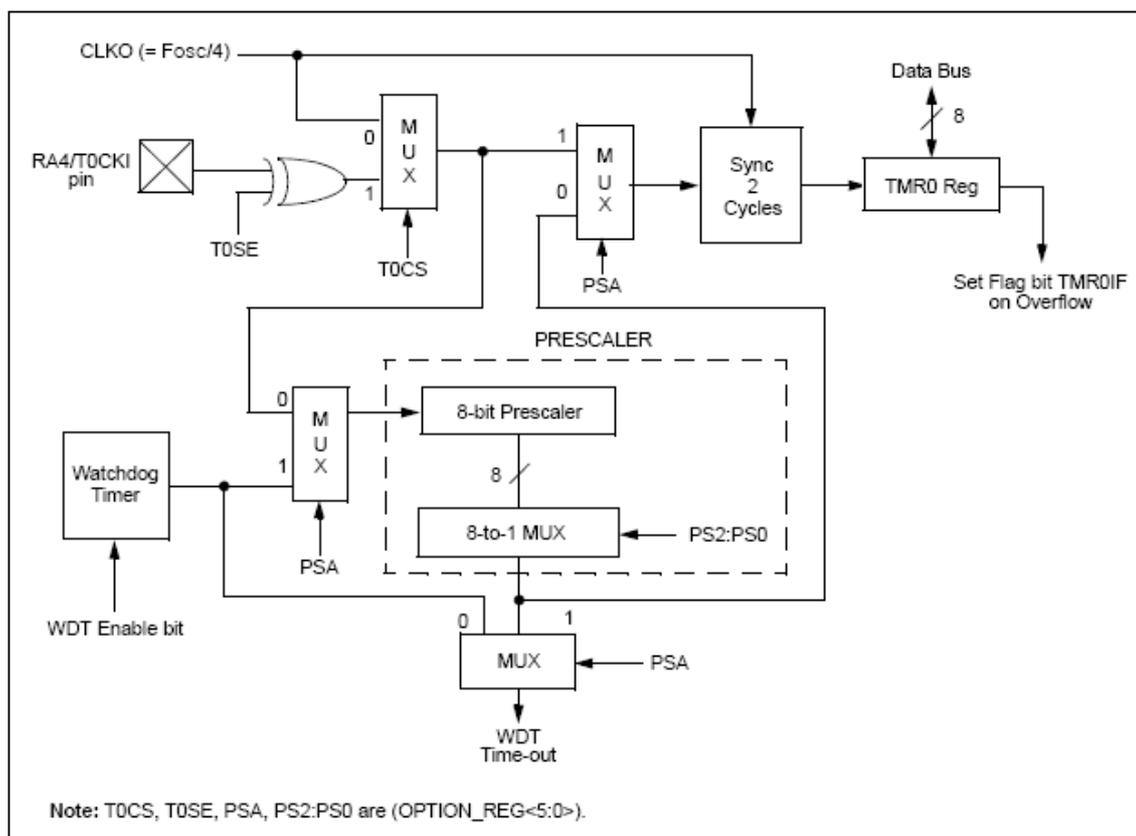


Figura 3.6. Esquema de funcionamiento del temporizador principal TMR0.

3.1.4.1.2 El registro de opciones (OPTION_REG).

La misión principal de este registro es gobernar el comportamiento del Temporizador principal. Su bit T0CS (Timer 0 External Clock Edge Select) elige en el multiplexor MPX1 la procedencia de los impulsos de reloj, que pueden ser los del oscilador externo ($F_{osc}/4$) o los que se aplican desde el exterior por la pata T0CKI. El bit T0SE (timer 0 Clock Source Select) selecciona el tipo de flanco

que es activo para la frecuencia externa. Si $TOSE = 1$, el flanco activo es el descendente y si $TOSE = 0$, es el ascendente.

Como se deduce de la Figura 3.6, el bit PSA del Registro de opciones tiene la función de asignar el Divisor de frecuencia al TMR0 o al WDT. Si $PSA = 0$ la salida del visor se aplica al TMR0, pero si $PSA = 1$ el Divisor se destina al Perro guardián.

Finalmente, los 3 bits de menos peso del Registro de opciones (PSA2, PSA1 y A0) seleccionan el rango por el que el Divisor de frecuencia va a dividir los impulsos que se le apliquen. En la Figura 3.7 se ofrece la distribución y asignación de los bits del registro OPTION_REG.

REGISTER 2-2: OPTION_REG REGISTER (ADDRESS 81h, 181h)

	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1
	\overline{RBPU}	INTEDG	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0
	bit 7							bit 0
bit 7	\overline{RBPU} : PORTB Pull-up Enable bit 1 = PORTB pull-ups are disabled 0 = PORTB pull-ups are enabled by individual port latch values							
bit 6	INTEDG : Interrupt Edge Select bit 1 = Interrupt on rising edge of RB0/INT pin 0 = Interrupt on falling edge of RB0/INT pin							
bit 5	T0CS : TMR0 Clock Source Select bit 1 = Transition on RA4/T0CKI pin 0 = Internal instruction cycle clock (CLKO)							
bit 4	T0SE : TMR0 Source Edge Select bit 1 = Increment on high-to-low transition on RA4/T0CKI pin 0 = Increment on low-to-high transition on RA4/T0CKI pin							
bit 3	PSA : Prescaler Assignment bit 1 = Prescaler is assigned to the WDT 0 = Prescaler is assigned to the Timer0 module							
bit 2-0	PS2:PS0 : Prescaler Rate Select bits							
	Bit Value	TMR0 Rate	WDT Rate					
	000	1 : 2	1 : 1					
	001	1 : 4	1 : 2					
	010	1 : 8	1 : 4					
	011	1 : 16	1 : 8					
	100	1 : 32	1 : 16					
	101	1 : 64	1 : 32					
	110	1 : 128	1 : 64					
	111	1 : 256	1 : 128					

Figura 3.7. Distribución y asignación de los bits del Registro de opciones.

3.1.5 LOS PUERTOS DE ENTRADA Y SALIDA²².

Un recurso imprescindible en los microcontroladores es el que soporta las entradas y salidas con los periféricos del mundo exterior. Los PIC16F877A disponen de líneas de E/S digitales, y entradas analógicas. Dichas líneas se agrupan en cinco puertos:

Puerto A, puerto B, puerto C, puerto D y puerto E. El Puerto A y E actúan como un registro de E/S de lectura y escritura digital y dos registros de lectura para las entradas analógicas.

Los puertos B, C y D, funciona como un registro de E/S digitales de 8 bits bidireccionales.

Los bits de cada puerto se configuran mediante los bits correspondientes de un registro de control asociado que recibe el nombre de TRIS. En realidad cada puerto soporta dos registros:

El registro de datos, al que se denomina Puerto X (PortX). Siendo X= A o B o C o D o E.

El registro de control TRISX, con el que se programa el sentido (Entrada o Salida) de las líneas del puerto X.

Los Puertos A, B, C, D y E corresponden a las posiciones 5, 6, 7, 8 y 9 del área de datos. Cada uno de sus bits puede programarse como una línea de Entrada o de Salida, según se ponga un 1 ó un 0, respectivamente, en el bit del registro de control TRIS correspondiente (Figura 3.8).

²² http://www.todopic.com.ar/apuntes/manual_pic/man_pic.zip

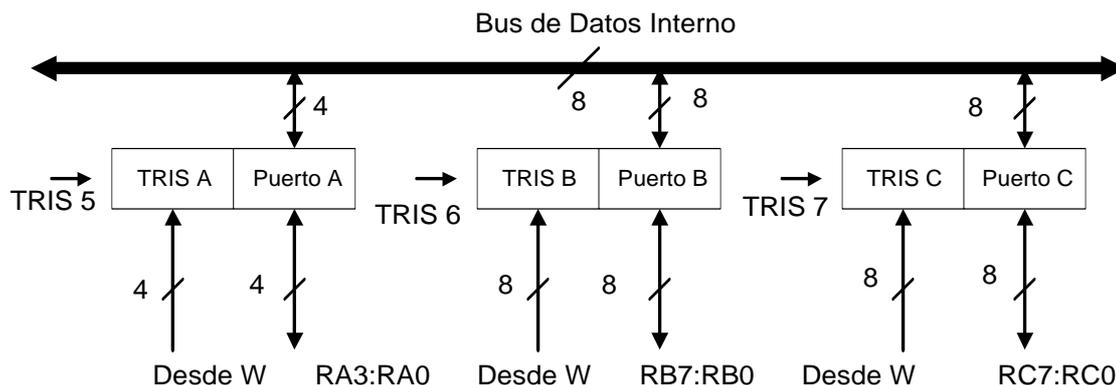


Figura 3.8. Cada puerto de E/S tiene asociado un registro TRIS que configura como Entrada o Salida cada línea²³.

Cada línea de un puerto puede suministrar una corriente máxima de 20 mA actuando como salida y absorber hasta 25 mA cuando actúa como entrada. Sin embargo, hay que tener en cuenta que existen unas limitaciones de disipación de potencia en el chip.

3.2 SENSOR DE TEMPERATURA

Para controlar la temperatura interna de la incubadora se utiliza sensor LM35²⁴ de precisión en grados Centígrados, de la National Semiconductor. La salida de este sensor proporciona un voltaje lineal el cual es proporcional a la temperatura en grados Centígrados, este elemento no requiere de alguna calibración externa o ajuste debido a que provee una precisión de $\pm 1.4^{\circ}\text{C}$ a la temperatura ambiente y de $\pm 3,4^{\circ}\text{C}$ cuando sobre pasa el rango de temperatura de -55 a $+150^{\circ}\text{C}$. Posee además baja impedancia en su salida de 0.1 ohmios por cada 1 mA de carga y precisa linealidad cuya valor es de $+10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$. El voltaje de operación se encuentra en el rango de 4 a 30VDC, baja corriente de drenaje de 60uA.

La Figura 3.9 muestra el circuito de una aplicación típica en la que se desea medir todo el rango de temperaturas del sensor.

²³ <http://www.todopic.com.ar/apuntes/>

²⁴ <http://www.national.com/ds/LM/LM35.pdf>

bobinado F1, el común y F3, el común y F2 y el común y F4, un total de cuatro bobinas.

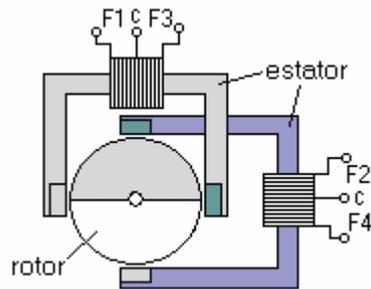


Figura. 3.11. Distribución de la armadura y sus bobinados.

La característica principal de los motores de paso es poder hacer girar un paso por cada pulso que se le aplique. El grado de precisión de este paso puede variar desde los 90° por pulso, hasta pequeños pasos de tan solo $1,8^\circ$, es decir, que se necesitarán 4 pasos en el primer caso (90°) y 200 pulsos para el segundo caso ($1,8^\circ$), para completar un giro de 360° , es decir más pasos igual a más precisión.

Para el sistema de volteo, la precisión del motor de pasos es de $3,6^\circ$

3.4 RELOJ DIGITAL²⁶.

Este reloj digital DS1307, sirve para controlar los intervalos de tiempo de las rotaciones de los huevos de avestruz. A continuación, se resaltarán las bondades de este dispositivo:

- Posee un reloj en tiempo real que cuenta segundos, minutos, horas, fecha del mes, meses, días de la semana, y años por lo que se calibra cuando pasa de año, tiene un rango o lapso de cambios hasta el año 2100.
- Posee una memoria de almacenamiento de datos tipo RAM de 56 bytes, no volátil mediante una batería de respaldo.
- La comunicación de la dirección y dato son transferidos por medio de este dispositivo de manera serial a través de dos cables, además este cable es bi-direccional.
- El reloj opera en un formato de 24 horas o de 12 horas con un indicador de am/pm.
- La señal de salida que proporciona el reloj digital es una onda cuadrada programable.
- Posee un detector automático de protección hacia su sistema ante falla de energía, por lo que en ausencia de energía este se conectará a la batería de respaldo para poder trabajar sin retrasos.
- Su consumo de energía es menor de 500nA si trabaja en modo oscilante con la batería de respaldo.

El reloj en tiempo real presenta los datos en formato BCD y contiene 56 bytes de memoria RAM no volátil. La dirección y el dato se transfieren en bus bi-direccional mediante dos líneas. El DS1307 proporciona segundos, minutos, horas, días, mes y año. El reloj opera en el formato 24 o 12 horas. La Figura 3.12 muestra el diagrama de conexión para el reloj en tiempo real.

²⁶ <http://pdfserv.maxim-ic.com/en/ds/DS1307.pdf>

puesto en uno, el oscilador es deshabilitado y cuando es puesto a cero el oscilador es habilitado.

El reloj puede correr en el formato 24 o 12 horas, el bit 6 del registro HOURS define el formato. Cuando este bit es uno el formato 12 horas es seleccionado, y el bit 5 representa am (si es cero) o pm (si es uno). En el formato 24 horas, el bit 5 representa el segundo bit de las decenas de horas (20-23 horas).

		BIT7						BIT0		
00H	CH	10 SECONDS			SECONDS					00-59
	0	10 MINUTES			MINUTES					00-59
	0	12 / 24	10 HR / A/P	10 HR	HOURS				01-12 / 00-23	
	0	0	0	0	0	DAY			1-7	
	0	0	10 DATE		DATE				01-28/29 / 01-30 / 01-31	
	0	0	0	10 MONTH	MONTH				01-12	
	10 YEAR				YEAR				00-99	
07H	OUT	0	0	SQWE	0	0	RS1	RS0		

Figura 3.14. Registros de tiempo y calendario.

El registro de control (dirección 07h), controla la operación de salida del pin SQW/OUT.

OUT (Control de Salida): Este controla el nivel de salida del pin SQW/OUT, cuando la onda cuadrada se encuentra deshabilitada. Si SQWE=0, el nivel lógico sobre el pin SQW/OUT es 1, y si es cero las salida es cero.

SQWE (Habilitación onda cuadrada): Este bit, cuando es puesto a 1, habilita la salida del oscilador. La frecuencia de la onda cuadrada depende del valor de los bits RS0 y RS1.

RS (Selección Velocidad): Estos bits controla la frecuencia de la onda cuadrada cuando esta se encuentra habilitada. La Tabla 3.1 proporciona un listado de las posibles frecuencias.

RS1	RS0	Frecuencia de salida
0	0	1 Hz
0	1	4.096 kHz
1	0	8.192 kHz
1	1	32.768 kHz

Tabla 3.1. Frecuencias de salida posibles.

3.5 SENSOR DE HUMEDAD²⁷.

Para controlar la humedad interna en la cual los huevos de avestruz residen, se implementa un sensor de humedad relativa, el cual consta de una célula capacitiva, y su diseño abarca niveles de oficinas automatizadas, cabinas de aviones, sistemas de mandos industriales, entre otros. La respuesta de salida del sensor es la variación de frecuencia mediante los cambios de humedad que posee el oscilador de dicho sensor.

En condiciones normales no necesita de calibración o ajuste externo, es decir posee una ínter cambiabilidad total. Posee además una desaturación instantánea, a pesar de que los periodos de fase de saturación de los cuales esta expuesto sean largos. Compatible a los procesos de montaje automatizados, incluso por ola. Es un instrumento de alta fiabilidad y largo tiempo de estabilidad. Su tiempo de respuesta es rápido por lo que es apropiado para aplicaciones de circuitos lineales o de impulsos. La Figura 3.15 muestra la curva de respuesta para el sensor de humedad.

²⁷ <http://www.ortodoxism.ro/datasheets/humirel/HS1100.pdf>

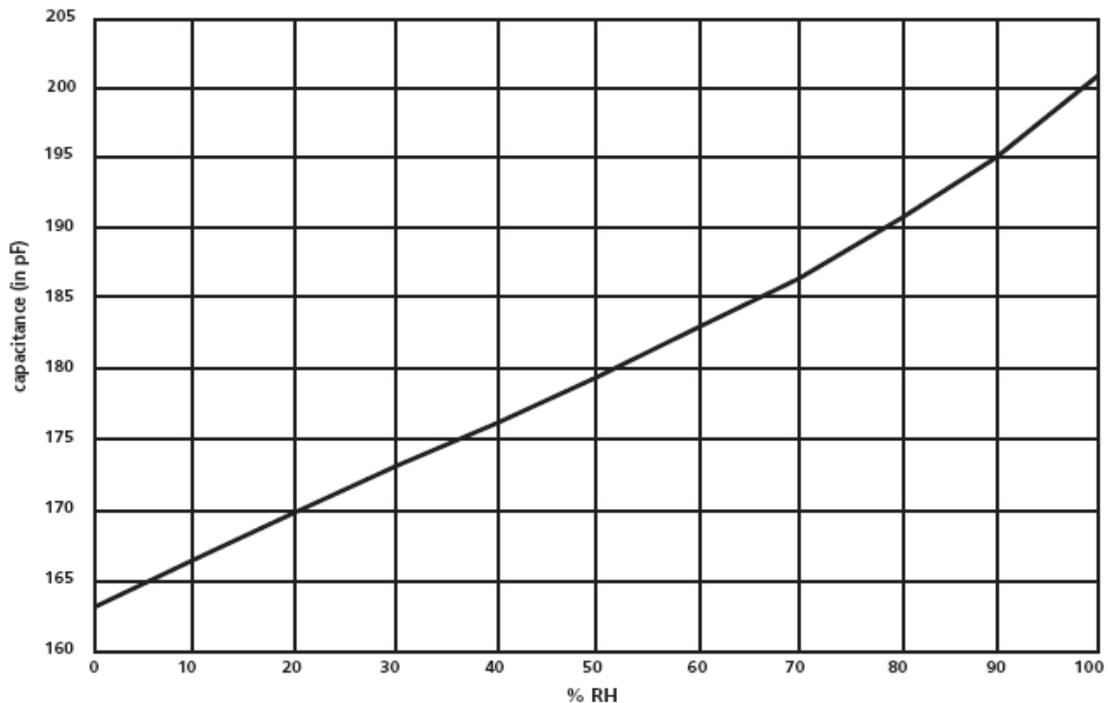


Figura 3.15. Respuesta del sensor de humedad.

La Figura 3.16 muestra un circuito en la que varía la frecuencia según la variación de la humedad. La frecuencia de salida, está definida por la ecuación 3.1.

$$F = 1/(t_{high} + t_{low}) = 1/(C@%RH * (R4 + 2 * R2) * \ln 2) \text{ Ec. 3.1.}$$

En donde,

$C@%RH$ representa la capacidad nominal al 55% de humedad y tiene un valor típico de 180 pF.

$$t_{high} = C@%RH * (R2 + R4) * \ln 2$$

$$t_{low} = C@%RH * R2 * \ln 2$$

$$\text{Output duty cycle} = t_{high} * F = R2 / (R4 + 2 * R2)$$

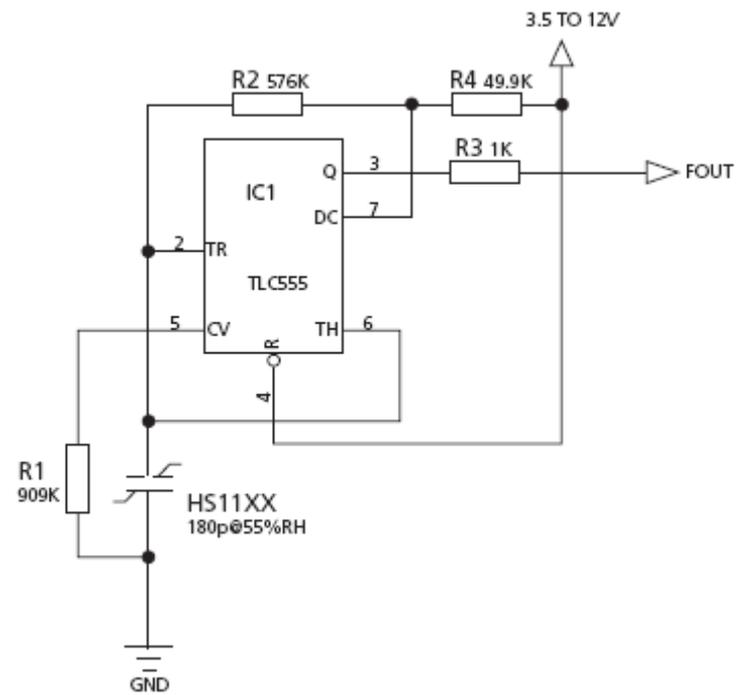


Figura 3.16. Circuito generador de frecuencia variable según el valor de humedad.

CAPÍTULO 4

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA INCUBADORA.

4.1 DIAGRAMA DE BLOQUES DE LAS PARTES CONSTITUTIVAS DEL SISTEMA.

Con los dispositivos mencionados en el capítulo 3, se puede establecer el diagrama de bloques del sistema electrónico de la incubadora, la Figura 4.1 muestra el diagrama de bloques de las partes constitutivas del sistema electrónico.

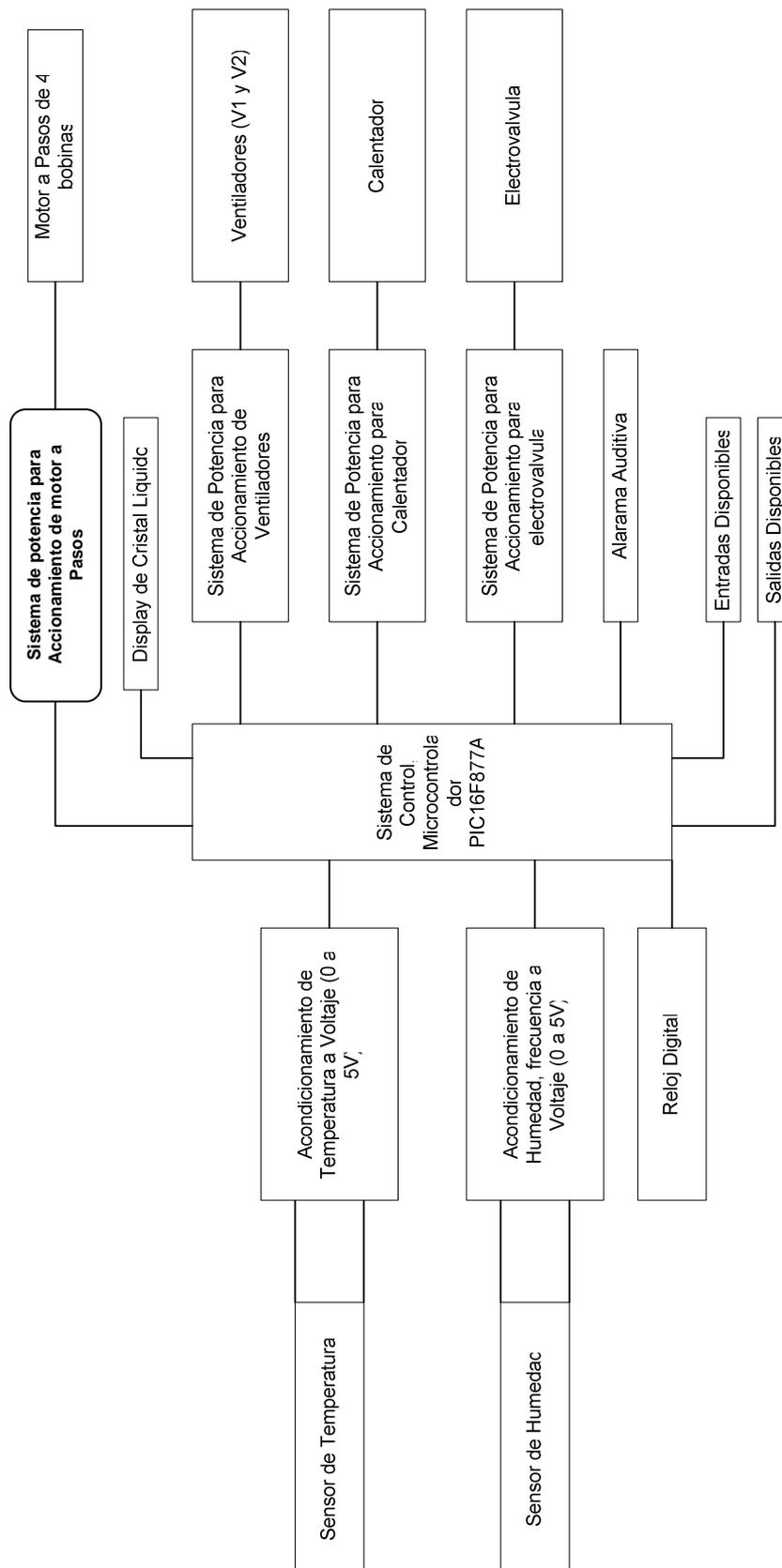


Figura 4.1. Diagrama de bloques del sistema de control de la incubadora.

4.2 DISEÑO Y FUNCIONAMIENTO DE LAS ETAPAS.

Según la Figura 4.1 la incubadora se encuentra dividida en las siguientes etapas.

4.2.1 SENSOR Y ACONDICIONAMIENTO DE TEMPERATURA.

Según lo expuesto en el capítulo anterior el sensor de temperatura es el dispositivo LM35, cuyo rango de variación es de 10mV por cada grado centígrado, para lo cual se acondiciona en un rango de 0 a 5V para medir temperatura entre -25,6°C a 76,5°C, abarcando el rango de temperatura que se quiere controlar en el recinto interno, en donde la temperatura máxima para el mismo es de 36,9°C.

Este rango de voltaje (0 a 5V), es el adecuado para una de las entradas analógicas del microcontrolador, el conversor análogo a digital tiene una resolución de 10 bits con lo que se obtiene una resolución de 0.1°C. El circuito que acondiciona la señal se muestra en la Figura 4.2.

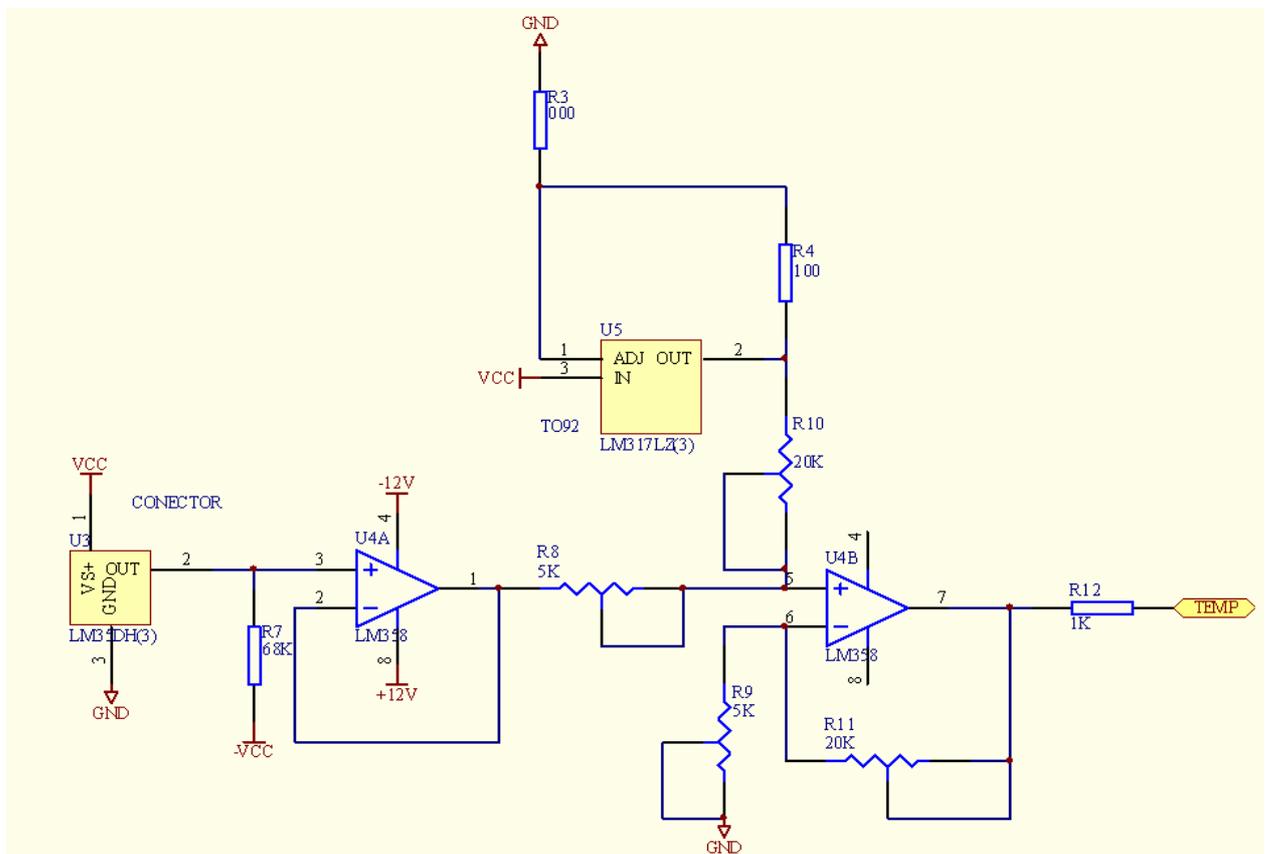
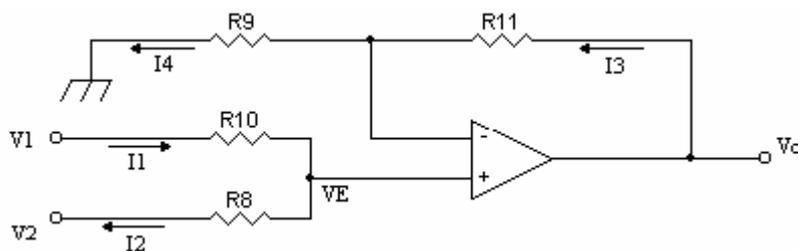


Figura 4.2. Circuito de acondicionamiento para el LM35.

La señal de temperatura es acondicionada por el operacional LM358 (representado por U4 de la Figura 4.2). Donde U4A se encarga de adaptar impedancias (circuito seguidor), es decir $V_{OA} = V_{LM35}$ y U4B de cambiar la escala de medida y sumarle 1,25V (circuito mezclador) de esta forma se obtiene una tensión variable entre 0V y 5V cuando la temperatura varía de $-25,6^{\circ}\text{C}$ a $+76,5^{\circ}\text{C}$. El circuito mezclador se muestra en la Figura 4.3.



$$I1 = I2 \quad I3 = I4$$

Figura 4.3. Circuito Mezclador de señales.

Según la Figura 4.3, se tiene:

$$I4 = \frac{VE - 0}{R9} \quad I3 = \frac{Vo - VE}{R11} \quad I1 = \frac{V1 - VE}{R8} \quad I2 = \frac{VE - V2}{R10} \quad \text{Ec. 4.1}$$

$$\frac{V1 - VE}{R8} = \frac{VE - V2}{R10} \Rightarrow R10(V1 - VE) = R8(VE - V2) \Rightarrow \text{Ec. 4.2}$$

De Ec 4.2 se obtiene la Ec. 4.3.

$$VE = \frac{R10V1 + R8V2}{(R8 + R10)} \quad \text{Ec. 4.3}$$

También se tiene de Ec 4.1.

$$\frac{Vo - VE}{R11} = \frac{VE}{R9} \Rightarrow R9(Vo - VE) = R11VE \Rightarrow VE = \frac{R9Vo}{(R9 + R11)} \quad \text{Ec. 4.4}$$

Si se igualan Ec .4.3 y Ec. 4.4 se obtiene como resultado:

$$\frac{R10V1 + R8V2}{(R8 + R10)} = \frac{R9Vo}{(R9 + R11)} \Rightarrow Vo = \frac{(R9 + R11)(R10V1 + R8V2)}{R9(R8 + R10)} \quad \text{Ec. 4.5.}$$

Ahora la ganancia para el operacional U4B, sabiendo que $R8 = R11 = 16.2K\Omega$ y $R10 = R9 = ?$, y reemplazando en la Ec. 4.5, se obtiene:

$$V_o = \frac{R10V1 + R8V2}{R9} \Rightarrow V_o = V1 + V2 \frac{R8}{R9} \text{ Ec. 4.6.}$$

Si se necesita valores entre 0V (cuando la temperatura sea -25.6°C) y 5V (cuando la temperatura sea 76.7°C), para la entrada del microcontrolador entonces, cuando la temperatura sea -25.6°C $V_o = 0V$ y $V2 = -0.256V$ (sensor $10\text{mV}/^\circ\text{C}$), reemplazando en la Ec. 4.6 se obtiene:

$$0V = V1 - 0.256V \frac{R8}{R9} \Rightarrow V1 = 0.256V \frac{R8}{R9} \text{ Ec. 4.7}$$

Si la temperatura es de 76.7°C , $V_o = 5V$ y $V2 = 0.767V$, reemplazando en la Ec. 4.6 se obtiene:

$$5V = V1 + 0.767V \frac{R8}{R9} \Rightarrow V1 = 5V - 0.767V \frac{R8}{R9} \text{ Ec. 4.8}$$

Si se igualan Ec. 4.7 y Ec. 4.8 se obtiene como resultado:

$$5V - 0.767V \frac{R8}{R9} = 0.256V \frac{R8}{R9} \Rightarrow R9 = \frac{16.2K\Omega(0.256V + 0.767V)}{5V} \Rightarrow R9 = 3.31K\Omega$$

Por lo tanto $R10 = R9 = 3.3K\Omega$ y para saber que voltaje habría que sumarle a $V2$ reemplazando en la Ec. 4.7 se obtiene:

$$V1 = 0.256V \frac{16.2K\Omega}{3.3K\Omega} \Rightarrow V1 = 1.25V$$

Entonces, cuando la temperatura sea -25.6°C en $V1$ se tendrá $-1.25V$ por lo que es necesario sumarle $1.25V$ para que se obtenga sobre la entrada del microcontrolador un rango de 0 a 5 V. Voltaje que se obtiene en el regulador variable LM317 donde su valor a la salida es:

$$V_{o_{LM317}} = 1,25 \left(1 + \frac{000}{100} \right) = 1,25 V \text{ Ec. 4.9}$$

Estos valores determinan los valores límites del rango de trabajo al cual se encuentra el recinto interno de la incubadora, por lo que debe mantenerse en $36,9^\circ\text{C}$ y el valor de voltaje que ingresa a la entrada analógica del microcontrolador es de $3,061V$, si sobrepasa este valor el sistema desconectará la alimentación del calentador hasta que se reduzca la temperatura a 35.5°C ($2.99V$).

4.2.2 SENSOR Y ACONDICIONAMIENTO DE HUMEDAD RELATIVA²⁸.

Tomando como referencia la información del primer capítulo con respecto a la humedad relativa igual al 35% HR, con el sensor HS1101, el cual se basa en una célula capacitiva que varía con la humedad, se utiliza el circuito propuesto por el fabricante (Figura 4.4), el cual varía su frecuencia de salida al variar la humedad; cuyos detalles y ecuaciones se detallaron en el capítulo 3.

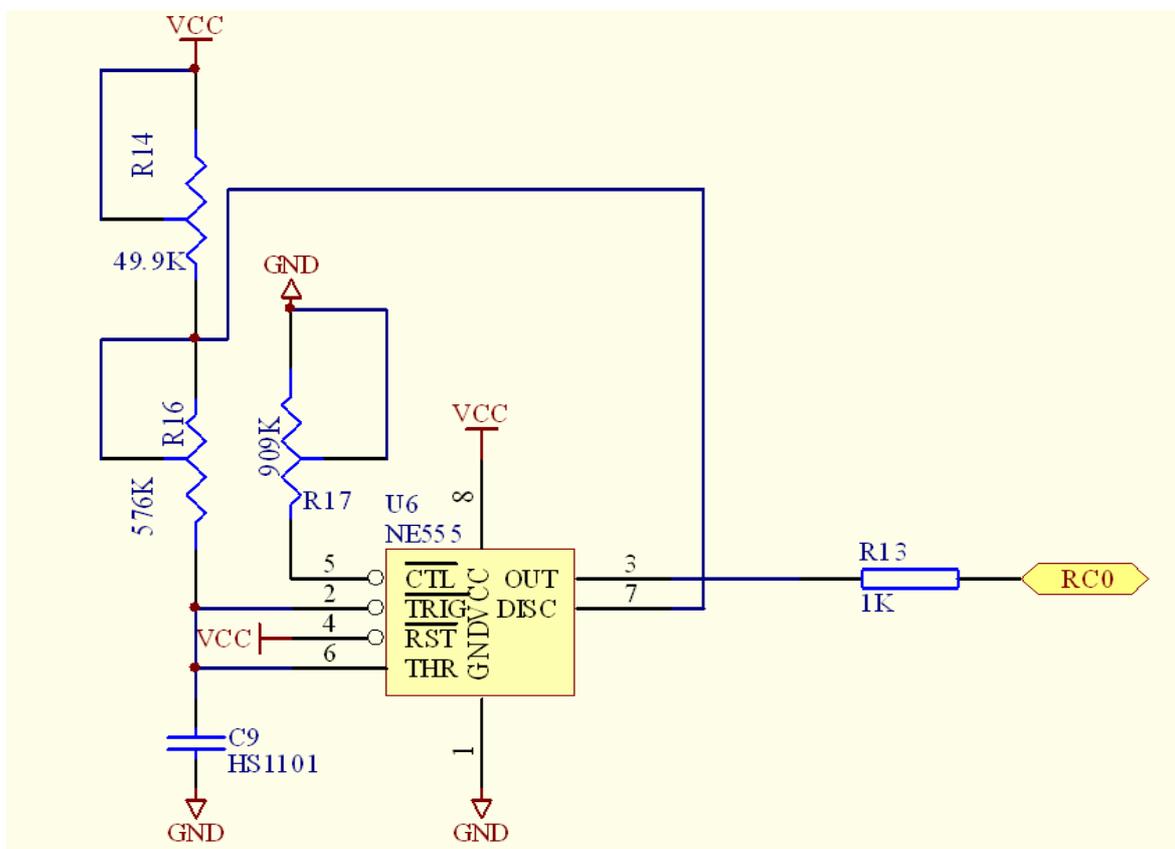


Figura 4.4. Circuito generador de frecuencia variable según el valor de humedad.

El circuito es un multivibrador a estable diseñado para un 555. El HS1101, se utiliza como condensador variable, se conecta a las entradas TRIG (2) y THRES (6) y al pin 7 se conecta la resistencia R14. El condensador equivalente formado por el HS1101 se carga a través R16 y R14 hasta llegar a la tensión umbral

²⁸ <http://www.ortodoxism.ro/datasheets/humirel/HS1100.pdf>

(aproximadamente 0.67 Vcc) y se descarga solo a través del pin 7 (transistor en saturación).

La carga y descarga del sensor a través de las resistencias R16 y R14 determinan el ciclo de trabajo. La resistencia R13 protege contra cortocircuitos. El 555 debe ser una versión CMOS.

La resistencia R17 desequilibra la compensación de temperatura interna del 555 e introduce un coeficiente de temperatura emparejado al del HS. Esta resistencia debe ser siempre del 1% con un coeficiente de temperatura de 100ppm como la red R-C. La compensación de temperatura interior del 555 cambia de un fabricante a otro, el valor de R17 debe adaptarse al chip específico. Para mantener la frecuencia nominal de 6660 Hz al 55%RH, R16 también hay que ajustarla de acuerdo con los datos de la tabla 4.1

Tipo de 555	R1	R2
TLC555 (Texas)	909K Ω	576K Ω
TS555 (STM)	100nF condensador	523K Ω
7555 (Harris)	1732K Ω	549K Ω
LMC555 (Nacional)	1238K Ω	562K Ω

Tabla 4.1. Tabla para una frecuencia de 6660 Hz y 55%RH.

Para el diseño de este circuito se ha utilizado el integrado LMC555 perteneciente a Nacional Semiconductor estabilizando los potenciómetros R16 y R17 a los valores mostrados en la tabla.

El polinomio de respuesta dado por el fabricante es:

$$F_{\text{mes(Hz)}} = F_{55(\text{Hz})} (1.1038 - 1.9368 \times 10^{-3} * RH + 3.0114 \times 10^{-6} * RH^2 - 3.4403 \times 10^{-8} * RH^3) \text{ Ec 4.8}$$

La tabla 4.2 contiene la frecuencia de salida en función de la humedad aplicada al sensor HS1101.

Punto de referencia a 6660Khz para 55%RH/25°C

RH	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Frecuencia	7351	7224	7100	6976	6853	6728	6600	6468	6330	6186	6033

Tabla 4.2. Frecuencia de salida típica para 555CMOS del tipo TLC555

(RH: Humedad relativa en %. F: frecuencia en Hz)

Como se dijo en el punto 2.3.2, el sistema de humidificación entra en funcionamiento si la humedad disminuye al límite inferior de 25% de humedad relativa, y es desconectado si la humedad alcanza un límite superior de 27% de humedad relativa, los umbrales de frecuencias a ser detectadas por el microcontrolador serán de 7038Hz y 7013Hz para 25 y 27% de humedad respectivamente.

4.2.3 UNIDAD DE PROCESAMIENTO.

La Figura 4.5 muestra la unidad de procesamiento que está conformada por el PIC16F877A y el reloj en tiempo real (DS1307). El microcontrolador genera las señales de comando sobre la parte de potencia, visualización sobre el LCD (display de cristal liquido), y alarma auditiva, esto cuando el proceso de incubación de los huevos de avestruz haya finalizado los 37 días (reloj en tiempo real), también monitorea y controla la temperatura y humedad mediante un control ON-OFF, y maneja el movimiento de rotación de los huevos conocido como volteo. Como se explico en párrafos anteriores la temperatura y humedad son monitoreadas a través de sensores, y acondicionados en un rango de voltaje (rango 0 a 5 voltios) y frecuencias para el microcontrolador, el cual da la orden de inicio una vez depositados los huevos, claro esta, empezaría a calentar el recinto interno accionando un calentador, el cual esta provisto de su control de potencia para éste propósito y acciona a la vez el homogenizador para que exista homogenización de la temperatura al interior de la incubadora, una vez ejecutado esta característica el microcontrolador activa la electro válvula lo que permite ingreso de agua hacia la esponja la misma que facilitará la humidificación del recinto, al humedecerse esta esponja se acciona un ventilador el cual se

encuentra ubicado en la parte posterior a la esponja y permite la pulverización del agua alojada en esta y transmitirla al interior de la incubadora, como el microcontrolador monitorea las señales de temperatura y humedad a través de los sensores descritos previamente, si superasen los valores físicos el microcontrolador apagaría el calentador y el ventilador de humidificación si lo ameritase.

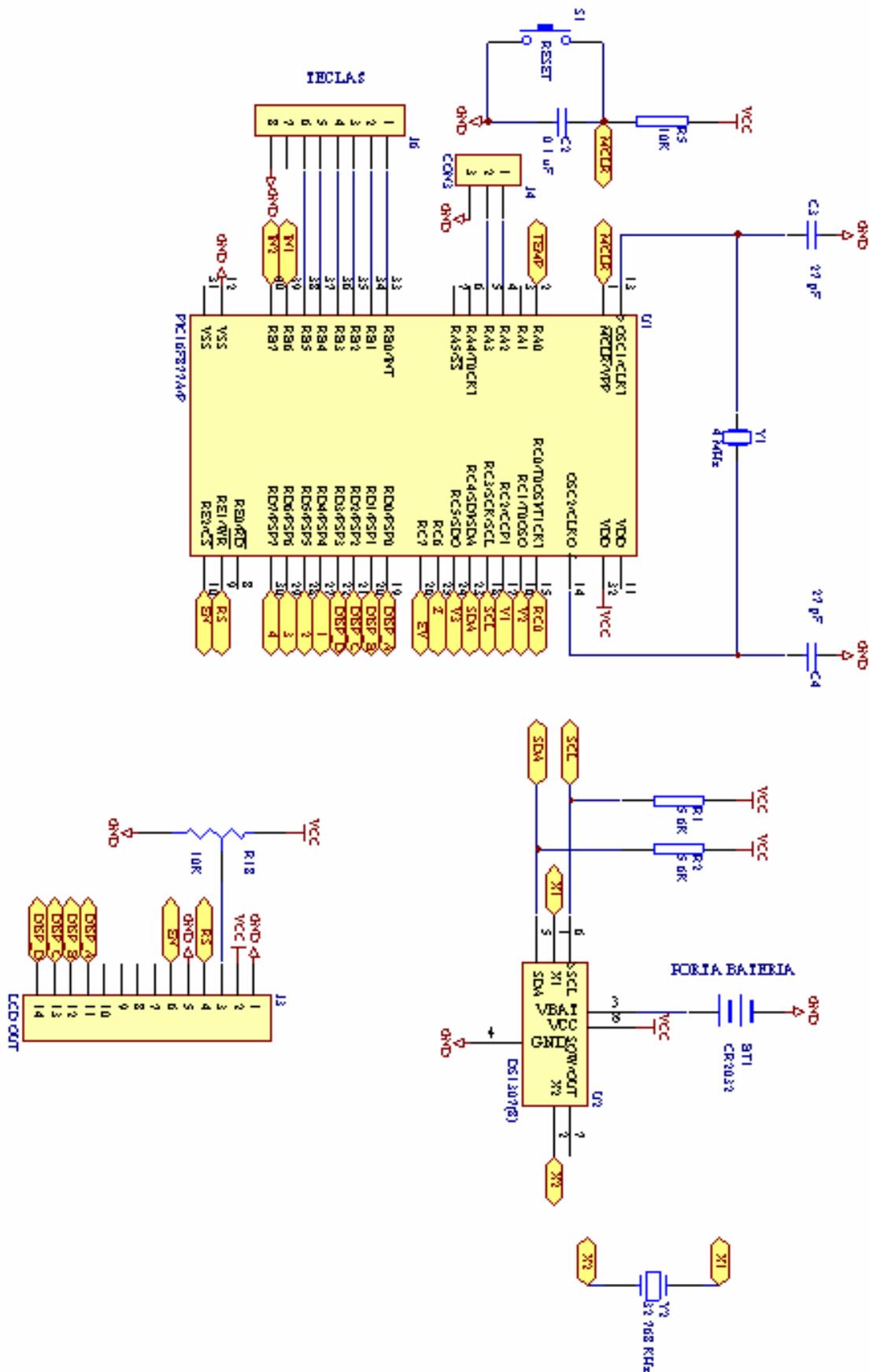


Figura 4.5. Unidad de Procesamiento.

4.2.4 SISTEMA DE POTENCIA.

El sistema de potencia manipula el encendido del calentador, el ventilador (humidificador), electro-válvula, y giro del motor a pasos.

4.2.4.1 Sistema de giro del motor a pasos.

La Figura 4.6 muestra los componentes para control del volteo que se realiza a través de un motor a pasos; el mismo que hace girar al huevo a una velocidad moderada, bajo la configuración de veces por día.

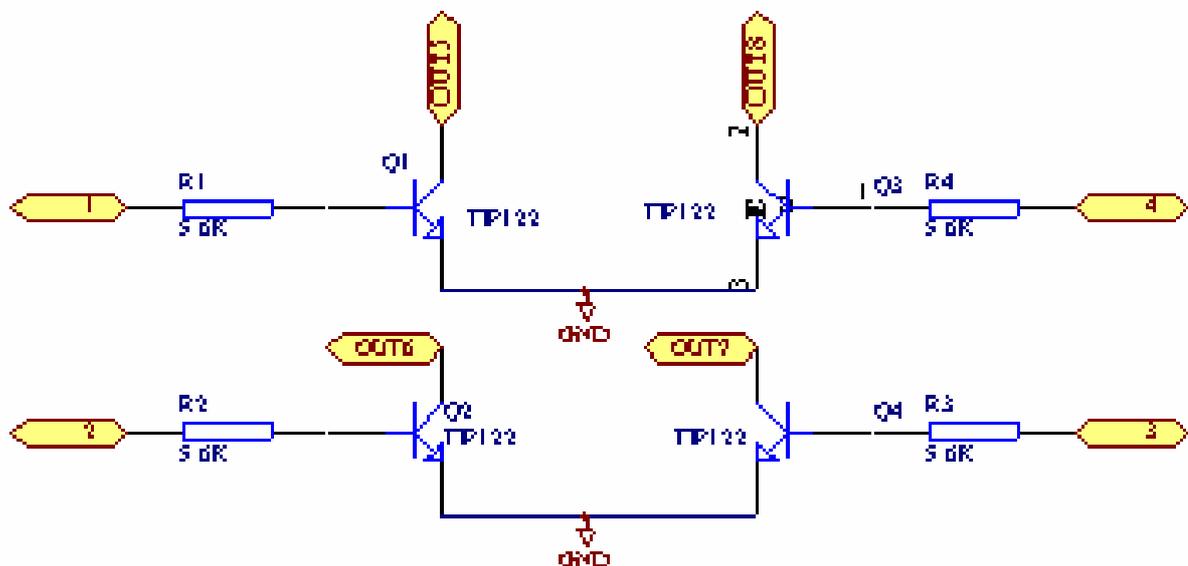


Figura 4.6. Componentes para el giro del motor a pasos.

Como se puede observar cada colector de los transistores es conectado a cada una de las bobinas de excitación del motor, cuya secuencia de encendido es Q1-Q2-Q3-4, para que el motor gire un paso en un sentido, y la secuencia de encendido para que el motor gire en el sentido contrario es Q4-Q3-Q2-Q1.

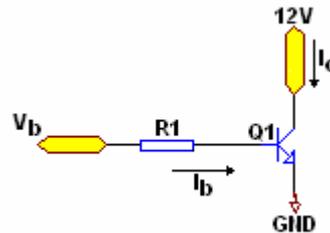
Cálculos para el sistema de giro del motor a pasos:

Para nuestro diseño consideraremos $R1=R2=R3=R4$ y $Q1=Q2=Q3=Q4$

Voltaje=12Vdc

$I=0.95A$

$\beta=1000$



$$I_B \geq \frac{I_C}{\beta}$$

$$I_C = 1A$$

$$I_B \geq \frac{1A}{1000} \Rightarrow I_B \geq 1mA$$

$$I_B = \frac{5V - 0.7V}{R1} \Rightarrow R1 = \frac{4.3V}{1mA} \Rightarrow R1 = 4.3K \Rightarrow R1 = R2 = R3 = R4 = 5.6K\Omega$$

$Q1$: Voltaje reverso $\geq 12V_{DC}$ y Corriente $\geq 0.95A \Rightarrow Q1 = Q2 = Q3 = Q4 = TIP122$

4.2.4.2 Sistema de encendido y apagado del calentador y ventilador AC.

La Figura 4.7 muestra el diagrama del encendido y apagado del calentador, en donde, para encender o apagar el calentador y el ventilador se utiliza triacs, los cuales se encuentran opto-aislados mediante optotriacs, para separar la parte alterna de la continua.

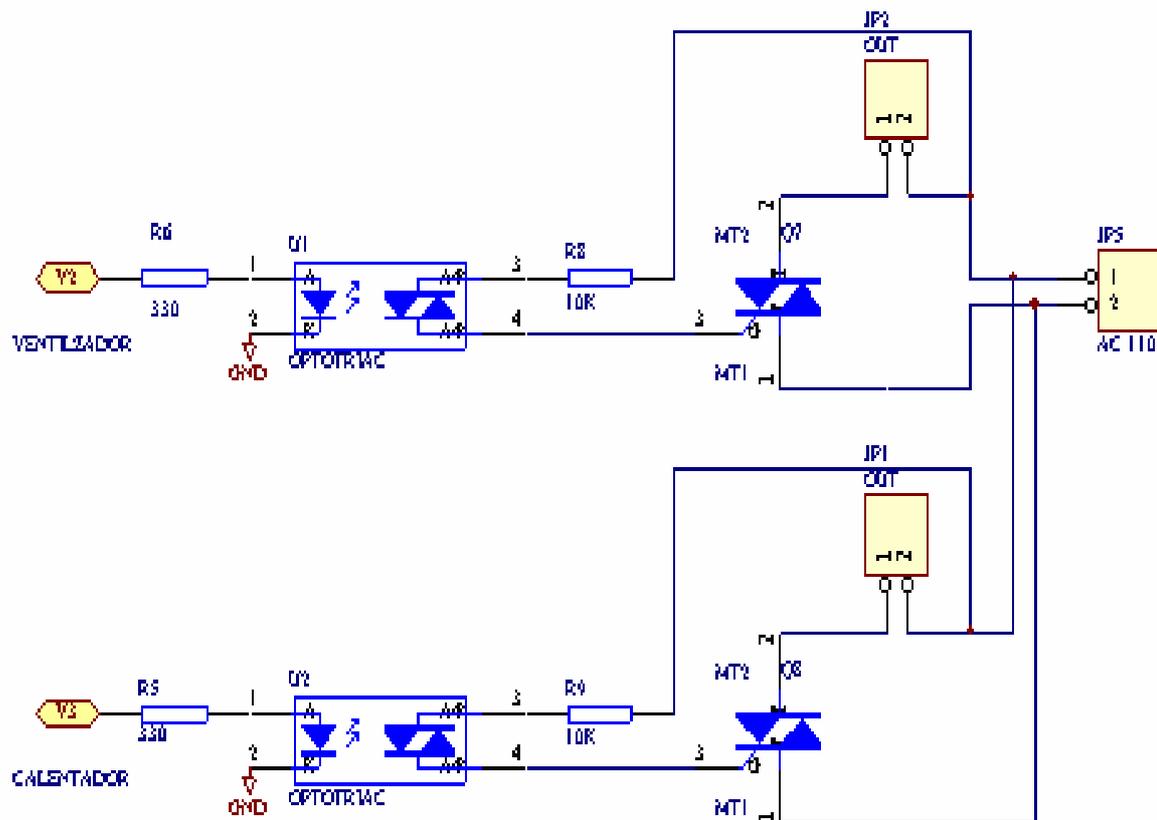


Figura 4.7. Circuito para el control del calentador y del ventilador.

Cálculos para el Sistema de encendido y apagado, del calentador y ventilador AC:

Triac1:

$$V = 115V$$

$$P = V * I$$

$$\text{Niquelina1: } 400W \Rightarrow I_1 = \frac{400W}{115V} = 3.48A$$

$$\text{Niquelina2: } 600W \Rightarrow I_2 = \frac{600W}{115V} = 5.22A$$

$$\text{Ventilador Aire Caliente: } I_3 = 0.250A$$

$$\text{Corriente Total del Sistema } I_T = I_1 + I_2 + I_3 = 8.95A$$

$$\text{Factor de Seguridad } \geq 30\% \Rightarrow I_T = 8.95A * 1.3 \Rightarrow I_T = 11.635A$$

Voltaje Reverso Triac V_{DRM} , Factor de Seguridad $\geq 30\%$

$$V_{DRM} \geq 1.3 * V_{RMS} * \sqrt{2}$$

$$V_{DRM} \geq 1.3 * 115V * \sqrt{2} \Rightarrow V_{DRM} \geq 211.42V$$

$$\Rightarrow \text{Triac1} = BT139600$$

Cálculos para el encendido y apagado del ventilador de Humidificación:

Triac2:

$$V = 115V$$

$$P = V * I$$

Ventilador Aire Humedo : $I = 0.200A$

Factor de Seguridad $\geq 30\% \Rightarrow I = 0.200A * 1.3 \Rightarrow I = 0.26A$

Voltaje Reverso Triac V_{DRM} , Factor de Seguridad $\geq 30\%$

$$V_{DRM} \geq 1.3 * V_{RMS} * \sqrt{2}$$

$$V_{DRM} \geq 1.3 * 115V * \sqrt{2} \Rightarrow V_{DRM} \geq 211.42V$$

$\Rightarrow Triac2 = BT136600$

4.2.4.3 Encendido y apagado de la electro-válvula.

Dado que la electro-válvula, opera a 24Vdc, y se dispone de voltajes de +12V y -12V, como alimentación; es necesario cambiar la referencia (GND) del microcontrolador para activar la electro válvula, por lo que se utiliza el opto-transistor para tener como referencia -12V y obtener la diferencia de voltaje de 24Vdc entre +12 y -12V, La activación permite el paso de agua para humedecer la esponja del sistema de humidificación. El circuito de encendido y apagado se muestra en la Figura 4.8.

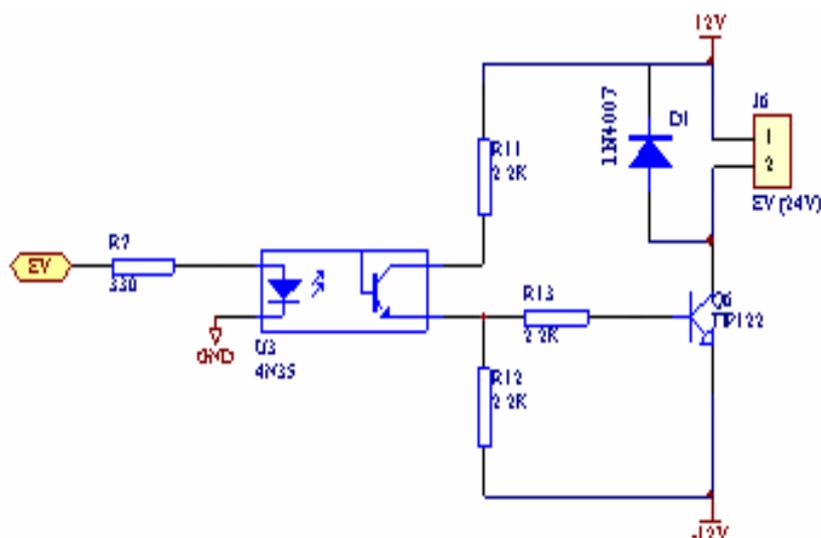


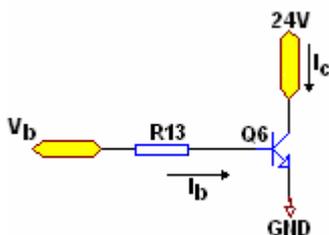
Figura 4.8. Encendido y apagado de la electro-válvula.

Cálculos para el encendido y apagado de la electro-válvula:

Voltaje=24Vdc

I=0.65A

$\beta=1000$



$$I_B \geq \frac{I_C}{\beta}$$

$$I_C = 2A$$

$$I_B \geq \frac{2A}{1000} \Rightarrow I_B \geq 2mA$$

$$I_B = \frac{5V - 0.7V}{R13} \Rightarrow R13 = \frac{4.3V}{2mA} \Rightarrow R13 = 2.15K \Rightarrow R13 = 2.2K\Omega$$

Q6: Voltaje reverso $\geq 24V_{DC}$ y Corriente $\geq 0.65A \Rightarrow Q6 = TIP122$

4.3. DIAGRAMA CIRCUITAL DEL EQUIPO.

La Figura 4.9 muestra el diagrama del sistema de control y medida; y la Figura 4.10 muestra: (a) Circuito impreso y (b) Posición de los elementos.

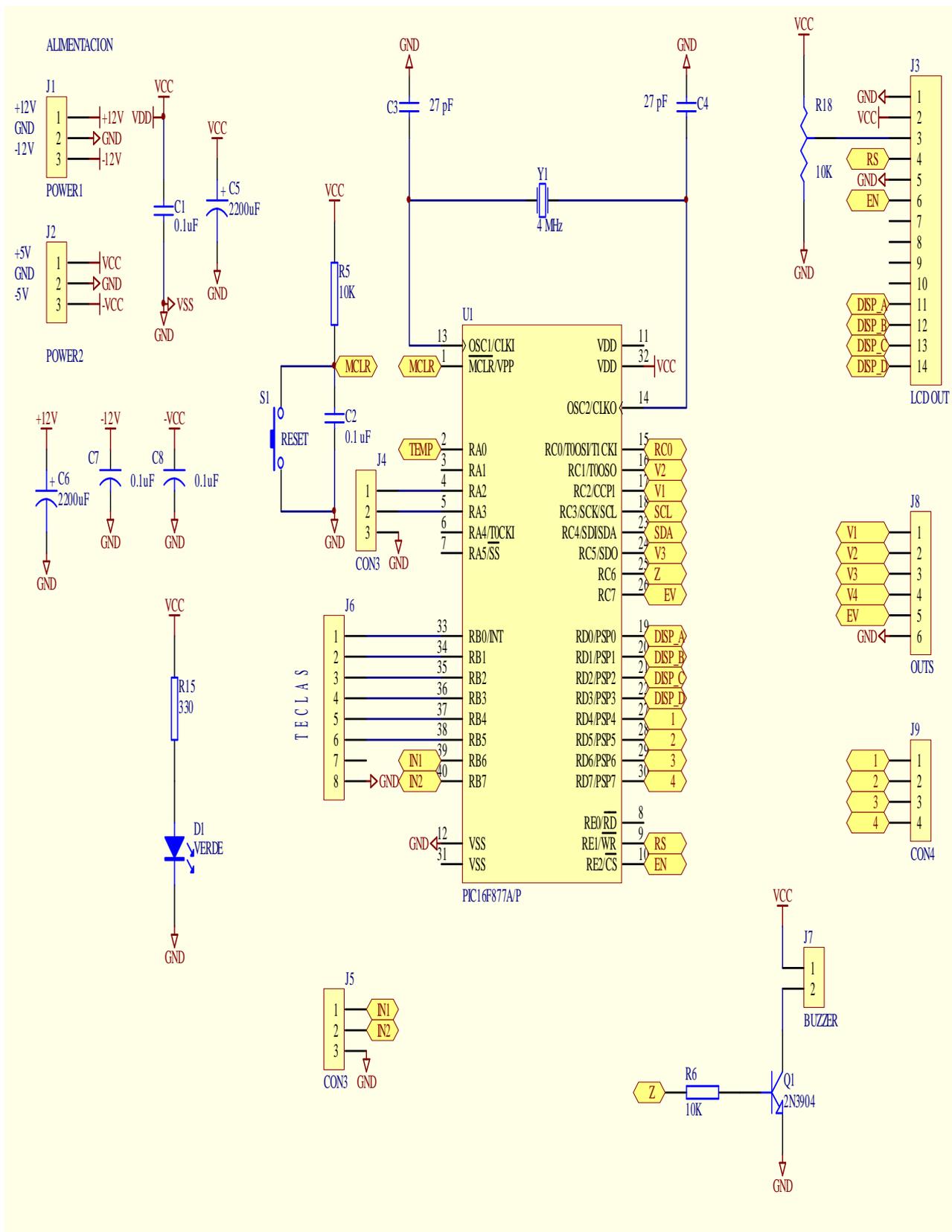
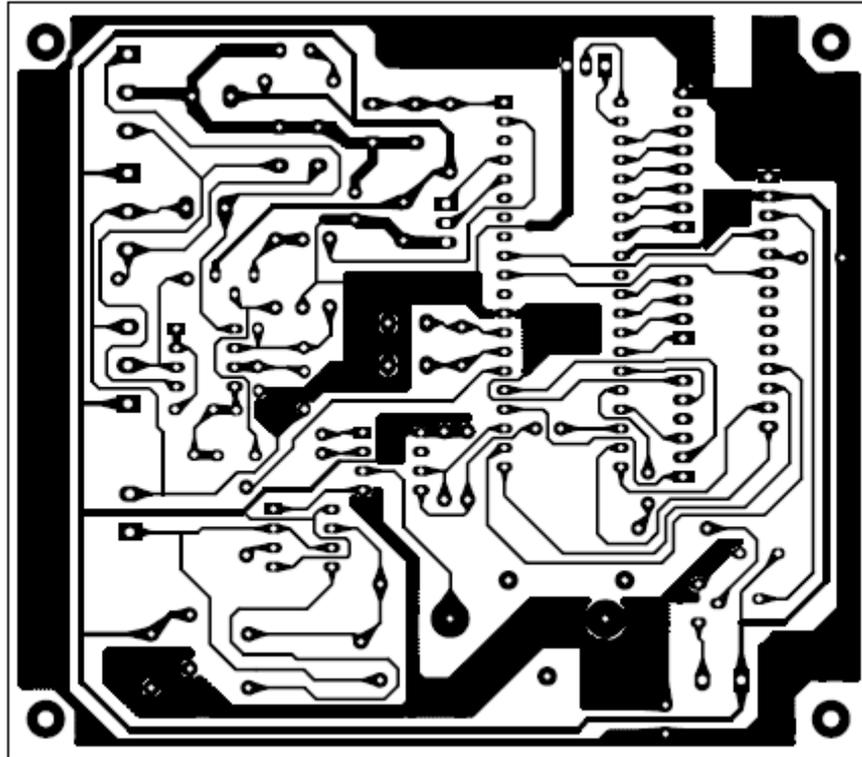
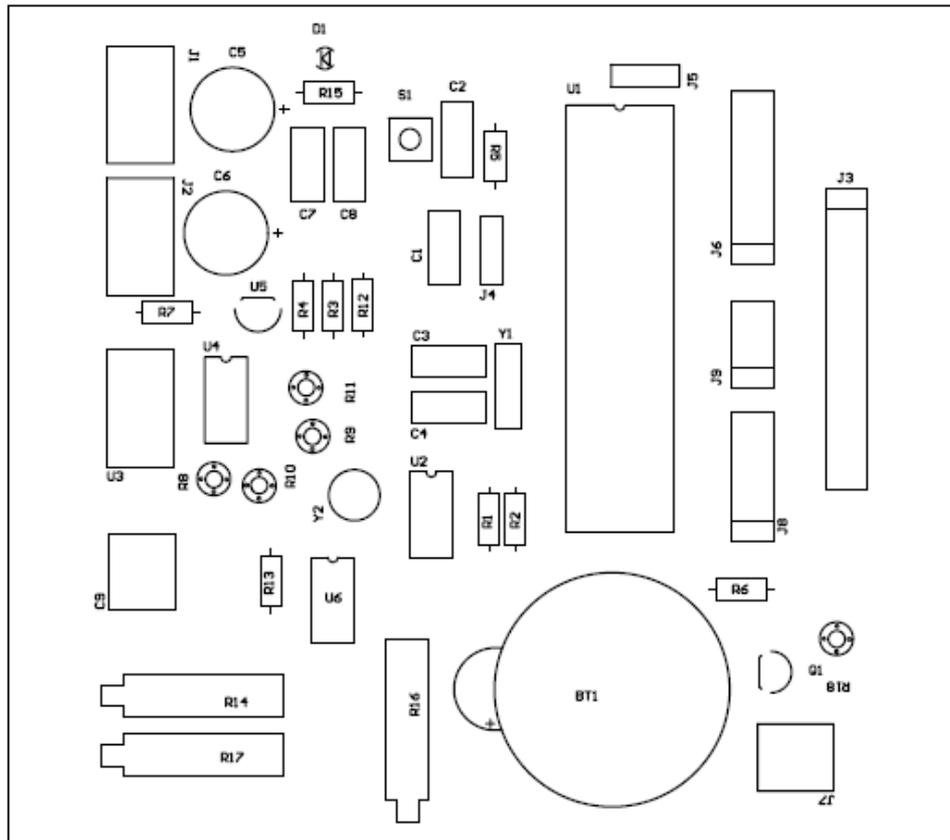


Figura. 4.9 Diagrama esquemático del circuito de control del microprocesador PIC 16F877A

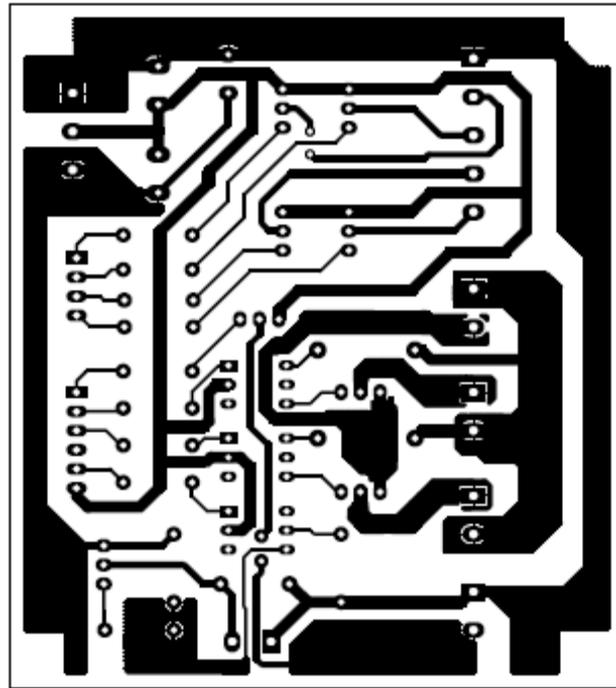


(a)

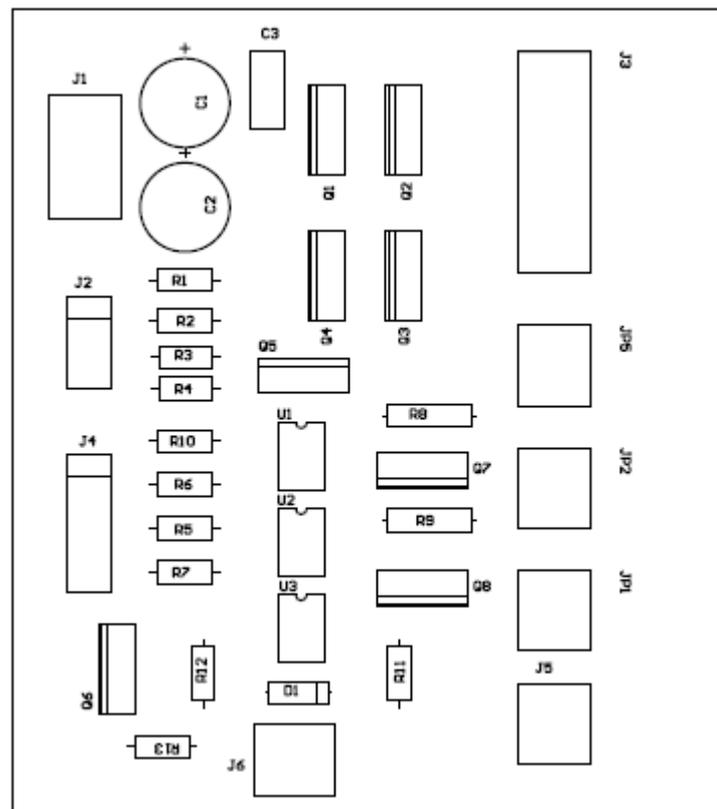


(b)

Figura 4.10. (a) Circuito impreso, (b) posición elementos.



(a)



(b)

Figura 4.12. (a) Circuito impreso, (b) posición elementos.

4.4 DISEÑO DEL SOFTWARE.

Esta sección describe el diseño del software de acuerdo a los requerimientos necesarios para la implementación de la incubadora de huevos de avestruz, dada en el capítulo 1 y por medio del hardware diseñado mencionado en el presente capítulo, para lo cual es necesario diseñar un software específico para el microcontrolador PIC17F877A. En el Anexo B, se encuentra el programa realizado en assembler del microcontrolador.

La Tabla 4.1 muestra un resumen de las condiciones básicas de la incubadora.

Temperatura	35,5°C a 36,9°C
Humedad	25 a 27% HR
Días de Incubación	39 a 42 días
Volteo	A partir del 3 ^{er} día de incubación hasta el 39 ^{avo} día
Numero de veces de volteo	8 a 10 veces al día

Tabla 4.3. Condiciones básicas para la incubación de un huevo de Avestruz.

Considerando los datos de la Tabla 4.1 se tiene los siguientes parámetros del software diseñado:

Entradas:

- Para medir la temperatura se tiene que configurar un canal analógico del microcontrolador y realizar las conversiones voltaje → temperatura.
- Para medir la humedad es necesario medir la frecuencia en el pin RC0 del microcontrolador y realizar las respectivas conversiones frecuencia → humedad.

- Como el circuito encargado de medir el tiempo es el circuito integrado DS1307 (reloj en tiempo real con interfaz I2C), el software debe comunicarse con el reloj para leerlo o resetearlo.

Salidas:

- Todas las salidas de control (motor paso, temperatura, humedad) son digitales por lo tanto estas tomarán el valor de cero o uno lógico de acuerdo a las condiciones presentes.

El lenguaje de programación para el microcontrolador utilizado es el Programa Pic Basic Pro Versión 3.23, debido a su manejo menos complicado que el lenguaje ensamblador. El tipo de lenguaje de programación es similar a las instrucciones del lenguaje Basic, las cuales una vez terminado el programa se realiza la compilación que transforma el lenguaje Basic en lenguaje Ensamblador, y por último a lenguaje máquina.

La Figura 4.13 muestra el diagrama de flujo principal y la Figura 4.14 muestra el diagrama de flujo del vector de interrupción.

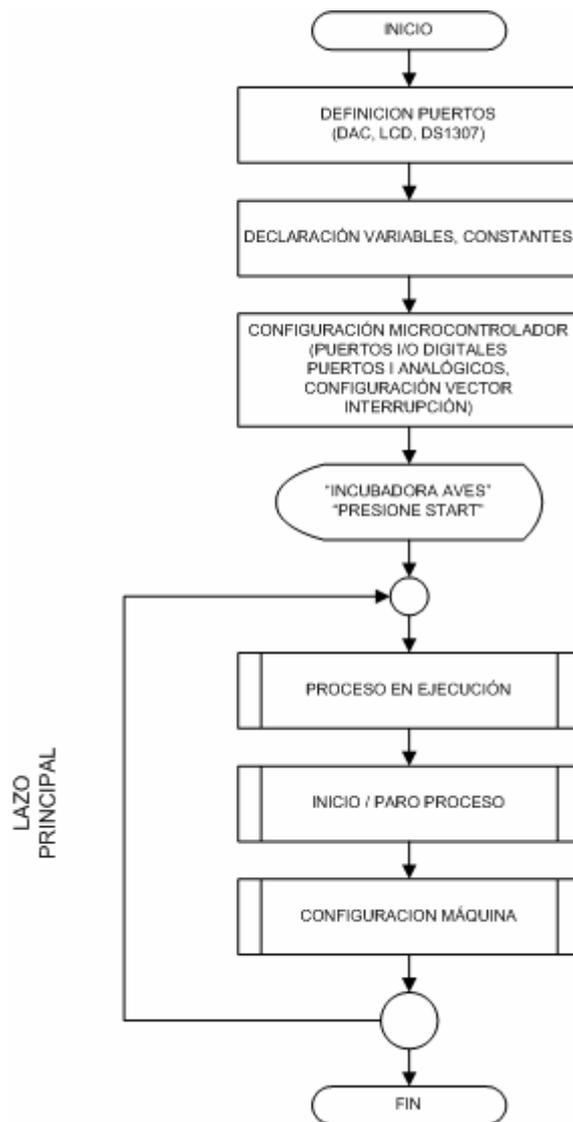


Figura 4.13. Diagrama de flujo del programa principal.

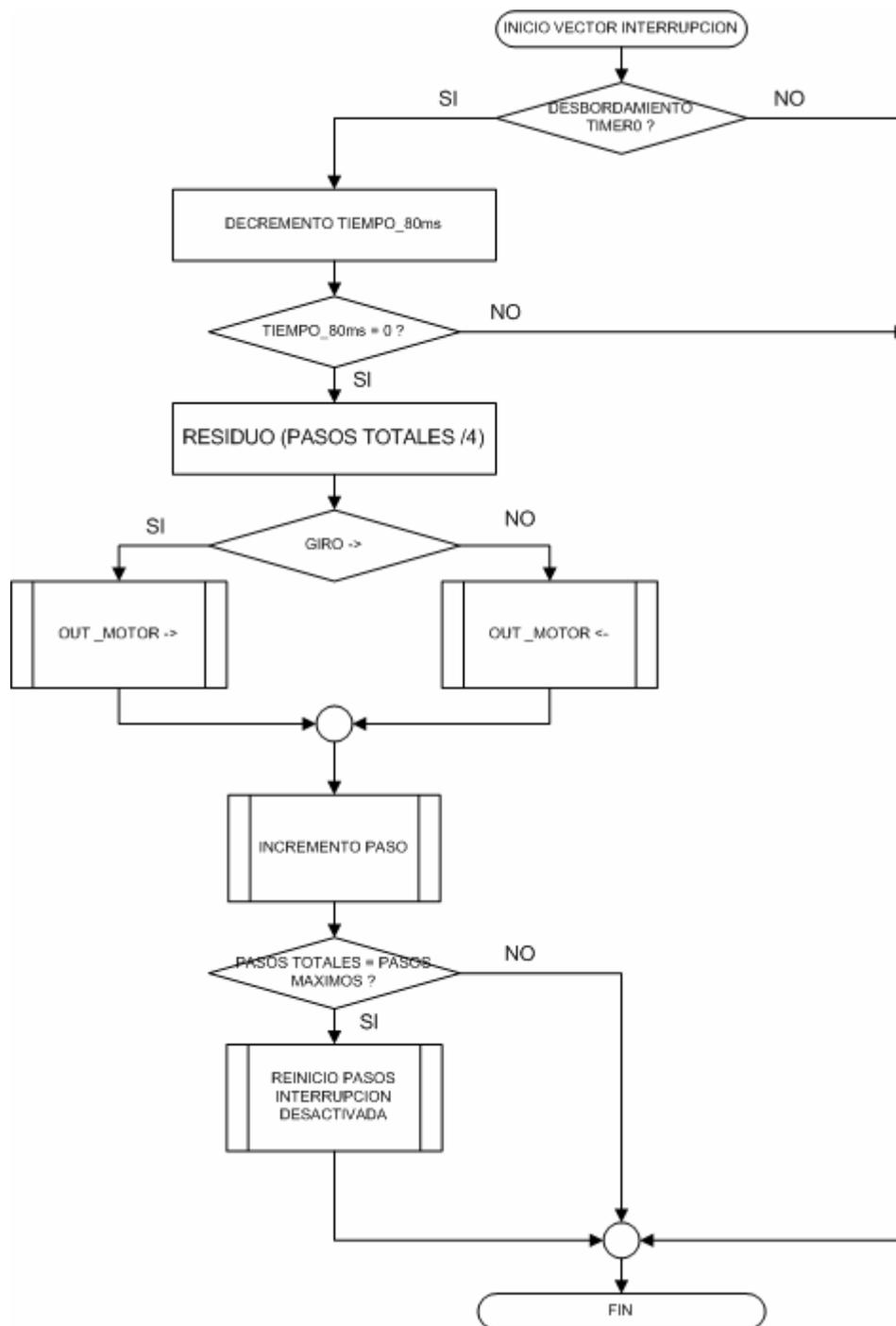


Figura 4.14. Diagrama de flujo del vector de interrupciones.

4.4.1 DIAGRAMA PRINCIPAL.

Como se observa en el diagrama de la Figura 4.13 el programa principal se encuentra conformado de las siguientes secciones:

4.4.1.1 Definición de los Pines del Microcontrolador.

En esta sección se establece el tipo de LCD (interfaz a 4 bits, puerto al que se encuentra conectado), configuración del conversor análogo digital “**DAC**” (número de bits del conversor, tiempo de muestreo)

4.4.1.2 Declaración de Variables, constantes y sobrenombres.

En esta sección se declara y etiqueta el tipo de variable (Word, byte, bit) a utilizarse en el programa, dar sobrenombres a los puertos del microcontrolador con la finalidad de hacer más legible y comprensible el programa diseñado, ya que es más fácil recordar una etiqueta como por ejemplo: buzzer que PORTC.6 del microcontrolador, y por último se define todas las constantes (tiempos, valores de control de humedad y temperatura, etc) de la incubadora.

4.4.1.3 Configuración del Microcontrolador.

En este lugar se configura los respectivos registros del microcontrolador para establecer el tipo de entradas (digitales y analógicas) y salidas digitales, y configuración del temporizador cero “**TIMERO**”.

4.4.1.4 Inicialización de Variables.

Aquí se establecen un valor inicial de las variables, ya que de no hacerlos estas tomarían un valor incierto después de un reset o al conectarlo a la energía eléctrica.

4.4.1.5 Lazo Principal.

Es el lugar donde el código escrito se ejecuta continuamente; para el presente caso se tiene lo siguiente:

4.4.1.5.1 Detección proceso en ejecución:

La Figura 4.15 muestra el diagrama de flujo de esta sección.

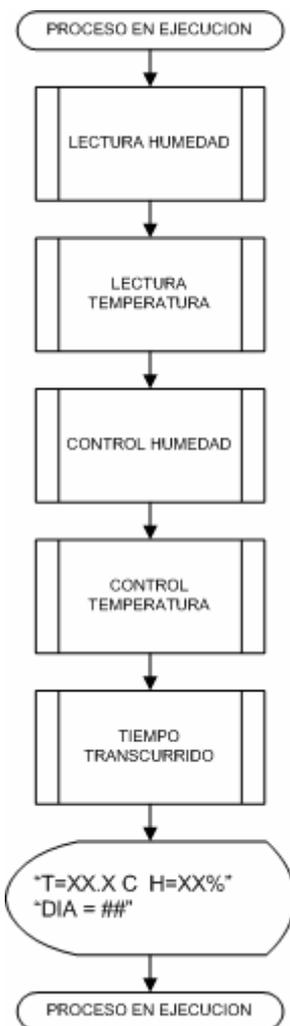


Figura 4.15. Diagrama de flujo para la detección de proceso en ejecución.

Como se puede observar una vez iniciado el proceso se procede a leer la temperatura y la humedad para realizar sus respectivos controles (encendido y

apagado de: calentador, ventilador, humidificador) y por último se procede a realizar el movimiento del motor a paso según los días transcurridos.

4.4.1.5.2 Inicio / Paro Proceso.

En esta sección re-inicializa todas las variables ya sea al detener o iniciar el proceso, y además, muestra en la pantalla “LCD” el estado del proceso (encendido o apagado), la Figura 4.16 muestra el diagrama de flujo para iniciar y detener el proceso.

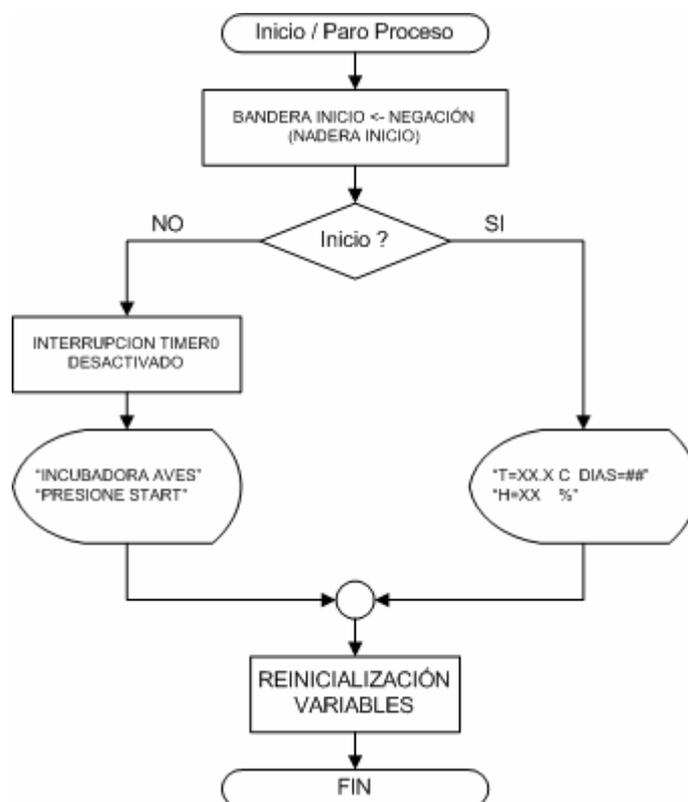


Figura 4.16. Diagrama de flujo Inicio /detención Proceso.

4.4.1.6 Configuración proceso.

En este bloque se configura las siguientes opciones del proceso:

4.4.1.6.1 Modo Simulación:

Con esta opción se puede establecer una simulación del proceso con tiempo acelerado, para fines demostrativos del proceso, la Figura 4.17 muestra su respectivo diagrama de bloques.

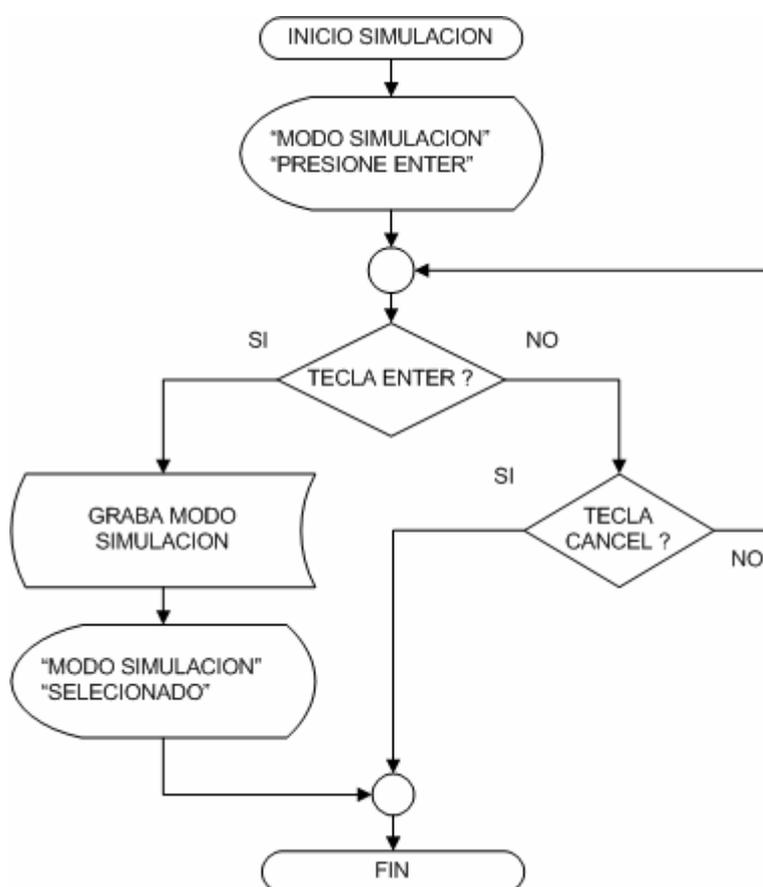


Figura 4.17. Diagrama de flujo selección modo simulación.

Como se puede observar en el diagrama el programa entra en un ciclo continuo hasta que se presione la tecla enter o cancel.

4.4.1.6.2 Modo Normal:

Con esta opción la incubadora entra a funcionar en modo normal., es decir, en tiempo real, el diagrama de flujo se muestra en la Figura 4.18.

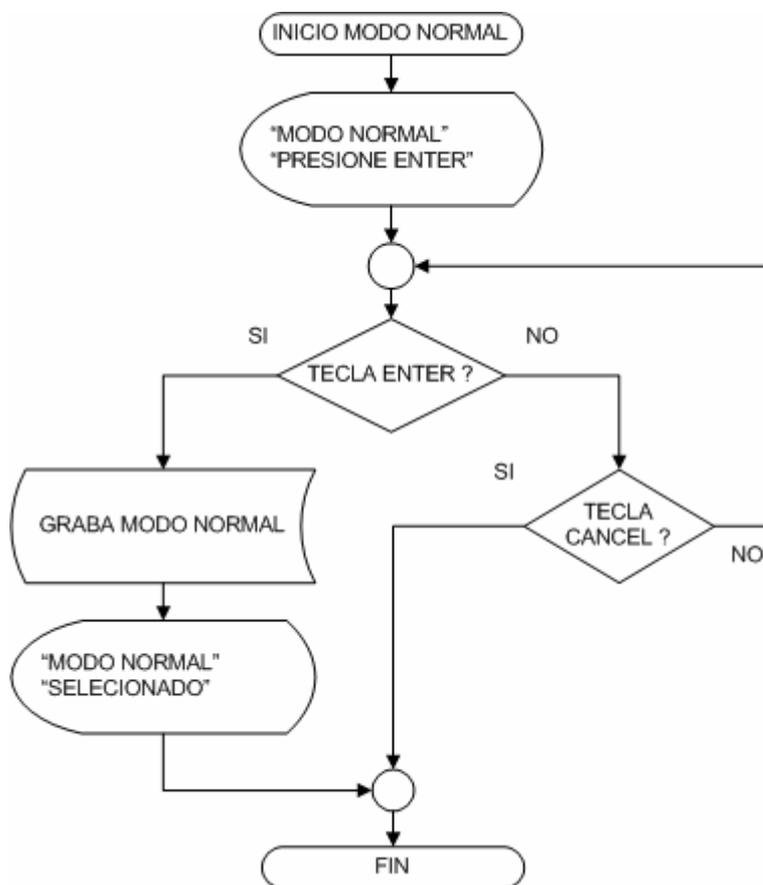


Figura 4.18. Diagrama elección modo normal.

4.4.1.6.3 Incremento de días:

En esta opción se puede aumentar o disminuir el número de días de incubación en un límite máximo de 55 días y un límite mínimo de 40 días, la Figura 4.19 muestra el diagrama de flujo.

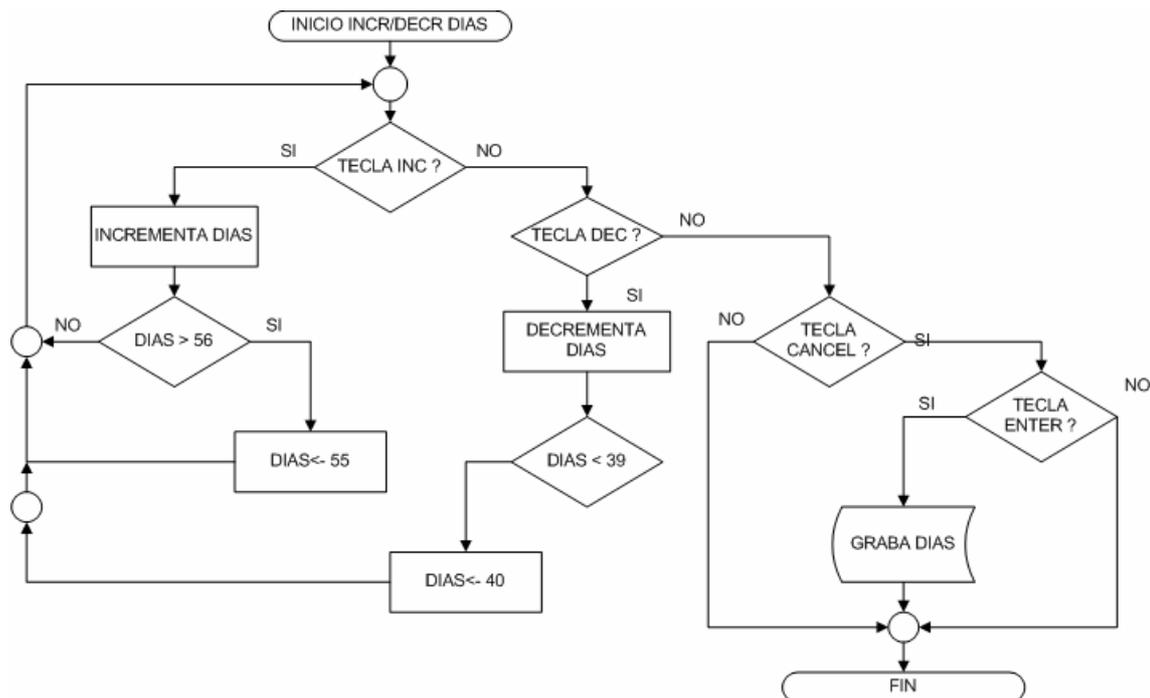


Figura 4.19. Diagrama de flujo incremento / decremento de días.

4.4.2 VECTOR INTERRUPCIONES.

Como se observa en la Figura 4.14, la única fuente de interrupción habilitada es por desbordamiento del timer0, en dónde realiza la acción del giro de un paso del motor en intervalos de 80ms, hasta alcanzar los 300 pasos y deshabilitar la interrupción del timer0 una vez alcanzado el número de pasos totales.

4.4.3 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA.

Una vez energizada la incubadora se puede realizar las siguientes acciones:

- Configuración Incubadora.
- Inicio / Paro proceso.
- Para iniciar o detener el proceso presione la tecla START/STOP

4.4.3.1 Configuración Incubadora.

Las opciones disponibles son:

- Modo Normal
- Modo Simulación
- Selección número de días de incubación.

Para ingresar al modo normal presione la tecla función una vez, luego presione enter y el sistema indicara el modo seleccionado y saldrá de la configuración. La secuencia de las teclas para seleccionar este modo es la siguiente:

- FUNCION - ENTER
 - Modo Simulación

Para ingresar al modo simulación presione la tecla función dos veces, y luego presione enter y el sistema indicara el modo seleccionado y saldrá de la configuración, es decir la siguiente secuencia:

- FUNCION - FUNCION - ENTER
 - Selección numero de días de incubación.

Para seleccionar el número de días presione la tecla función tres veces, y luego presione enter y para elegir el número de días presione las teclas arriba o abajo para incrementar o decrementar los días, luego presione enter para grabar en la memoria eeprom y salir o presione la tecla cancel para salir sin grabar, es decir:

- FUNCION - FUNCION - FUNCION - ENTER (selección numero de días)

↑ - INCREMENTA

↓ - DECREMENTA

ENTER para grabar y salir

CANCEL para salir sin grabar.

4.4.3.2 Inicio Proceso.

Una vez configurada la incubadora se puede iniciar el proceso en la cual se podrá observar en la pantalla LCD los valores de humedad, temperatura, y los días transcurridos desde el momento en que ingresaron los huevos a incubar.

4.5. ENSAMBLAJE DEL EQUIPO.

El equipo y sus partes se muestran en la Figura 4.20.

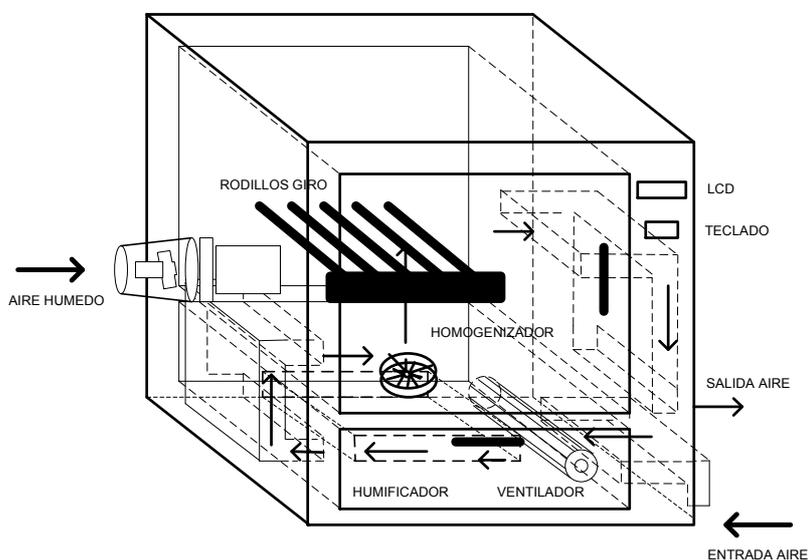


Figura 4.20. Incubadora y sus partes.

4.6 PRUEBAS Y RESULTADOS.

Las pruebas realizadas a la incubadora, con respecto temperatura y humedad se muestran en la Tabla 4.2.

Temperatura °C			Humedad Relativa %		
REAL	MEDIDO	ERROR %	REAL	MEDIDO	ERROR %
25	25.1	0.4	20	20,1	0.5
30	30.2	0.6	30	29,9	0.3
35	34.9	0.25	40	40,2	0.5
40	40	0	50	49,8	0.4

Tabla 4.2. Resultados de las pruebas con respecto a la temperatura y humedad.

Como se observa los valores obtenidos se encuentran entre los rangos aceptables (menores al 10%).

Con el tipo de control ON-OFF se logra mantener los valores de temperatura y humedad dentro del rango esperado para la incubación de los huevos de avestruz.

Con la utilización del motor a pasos se logra controlar el sistema de volteo con precisión y facilidad, sin la necesidad de la utilizar un sistema de realimentación que mida la velocidad y la posición.

Con la utilización del ventilador ubicado en la parte inferior, se logra homogenizar la temperatura y la humedad en el interior de la incubadora.

Para el sistema de humidificación; la esponja debe ser cambiada cada 20 días para evitar la acumulación de gérmenes.

4.7 ANALISIS TÉCNICO-ECONÓMICO.

Como se dijo en la introducción este tipo de incubadoras son difíciles de adquirir debido a que la incubación de huevos de avestruz no es muy conocida en Ecuador, siendo esto reafirmando por las estadísticas y encuestas realizadas por el INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) que se muestran en el Anexo C. Es por esto que no se producen incubadoras en el mercado ecuatoriano, lo cual hace que los precios estén elevados.

Si tomamos en cuenta que la finalidad de toda empresa, es la generación e incremento de utilidades en función del capital invertido, se deduce que esto estará en relación de factores tales como: los costos de producción, volúmenes de operación y precios de venta de los productos, además persiguiendo los propósitos de producción:

- Beneficio económico para el inversionista.
- Entrada de divisas al ser un producto de exportación.
- Crear fuentes de trabajo.
- Ayudar con la economía del país

4.4.1 PRESUPUESTO Y FUENTES DE FINANCIAMIENTO.

- **Recursos Materiales.**

Los recursos materiales se refieren al costo, por la compra de los distintos dispositivos electrónicos Anexo D, partes y suministros a utilizarse mostrados en la Tabla 4.3

DESCRIPCIÓN	VALOR
Placa de Control 11*11,5 cm2	\$ 12.65
Placa de Potencia 9,5*8 cm2	\$ 7.60
Microcontrolador Pic 16F877	\$ 8.50
Sensor de humedad HS1100	\$ 25.00
Sensor de temperatura LM35	\$ 6.00
Triacs BT139600/BT136600	\$ 2.50
Reloj digital	\$ 6.00
LCD	\$ 15.00
Motor a pasos	\$ 16.00
Fuente de voltaje	\$ 12.00

Ventilador 1	\$ 15.00
Ventilador 2	\$ 50.00
Niquelinas	\$ 50.00
Electro válvula	\$ 25.00
Disipadores	\$ 3.50
Otros	\$ 15.00
Construcción y armado del horno	\$ 200.00
Filtro humidificador	\$ 15.00
Total	\$474.75

Tabla 4.3. Valores de partes y Elementos

Se han utilizado dispositivos electrónicos, partes y suministros de alta calidad con precios bajos y que son encontrados fácilmente en el mercado. El costo de material de consulta ya sea escrita o por comunicación electrónica (Internet) es de \$100 USD aproximadamente.

- **Recursos Humanos.**

Para la construcción del proyecto se ha requerido de la participación de:

- Personal para la construcción del Horno (CrearHornos)
- Personal para el ensamblaje de nuevo diseño dinámico (Metalmecánica Armijos)
- Información del personal que labora en los criaderos de avestruces Amaguaña.
- Información del personal de Biblioteca.
- Información y guía de profesor tutor experto en Electrónica de Control.
- Colaboración de personal de diversos centros comerciales.

- **Recursos financieros.**

Se ha cuantificado los costos determinando un presupuesto estimado de \$ 700, con el aporte participativo de cada uno de los integrantes del proyecto.

- **Nota.**

En el mercado ecuatoriano no se ha podido encontrar incubadoras de huevo de avestruz para pequeños y medianos productores, la única que se encontró esta diseñada para industrias grandes que se dediquen al negocio y su costo esta alrededor de 15000 dólares.

CONCLUSIONES.

- De los resultados obtenidos se deduce que el error de medición de la temperatura se encuentra en el rango del $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$, y en el caso de la humedad este está en alrededor del $\pm 1\%$.
- Con el control ON-OFF utilizado en la temperatura y humedad, se logró mantener dichas variables dentro de las condiciones establecidas previamente, para que el huevo logre su proceso de incubación dentro del período determinado.
- Con la utilización del motor a pasos se logró establecer la velocidad de volteo razonable, sin tener que utilizar sistemas de realimentación para controlar la velocidad del motor.
- El sistema de secado del aire (calentamiento del aire), es útil en lugares en donde la humedad es excesiva (por ejemplo. Región Oriental).
- Con los sistemas de calentamiento y humidificación separados, se logra tener una temperatura del aire a una humedad independiente.
- De acuerdo a las características del huevo (peso y tamaño), se puede programar en la incubadora, los días de incubación.
- Con el control automático se logra optimizar el tiempo de incubación del huevo de avestruz.
- El costo de la incubadora es accesible para el mediano productor.
- La incubadora es de fácil manejo, no se necesita de mayores conocimientos técnicos para su utilización.

- Tiene la capacidad de funcionar en modo simulación para la calibración de las variables, dependiendo del sitio donde vaya a funcionar, especialmente la humedad que se debe calibrar de acuerdo a la zona.
- El circuito diseñado es altamente confiable, ya que se dispone de sensores muy precisos, además de tener un LCD a través del cual se pueden visualizar la temperatura y humedad en el interior del aparato, y posee una alarma auditiva en caso de mal funcionamiento de alguno de sus elementos.

RECOMENDACIONES

- Dado que la incubadora debe estar funcionando las 24 horas del día, se recomienda añadir un sistema de UPS en caso de cortes de energía.
- De lo investigado, uno de los aspectos en los que se debe tener mayor cuidado es el manejo reproductivo de las aves, para lo cual se debe seleccionar las aves que serán destinadas como reproductoras. El principal criterio de selección es la contextura física, es decir, se elegirán las aves más robustas y de mejor condición corporal y que no presenten síntomas de enfermedades ni anomalías
- Para seleccionar los huevos a poner en la incubadora estos deben tener un brillo suave, estar limpios y no tener manchas, de lo contrario lo más probable es que sean infértiles.
- Al terminar el periodo de incubación, los huevos deben ser puestos en una nacedora.
- Se recomienda abrir la incubadora lo menos posible, sólo cuando sea estrictamente necesario (Ej.: para pasar huevos a la nacedora, para la ovoscopia, etc.).

- En caso de haber un corte de luz, y no tener conectada la incubadora a un UPS no se debe abrir la incubadora, para evitar que ingrese aire frío al interior de la incubadora.
- Se debe observar constantemente la cantidad de agua que se tiene en el depósito, para la bandeja destinada a humedecer la esponja del sistema de humidificación.
- Se debe cambiar la esponja perteneciente al circuito humidificador para evitar el depósito de bacterias.
- Es recomendable que para el circuito de sensado de la humedad se utilice un CI oscilador de la familia CMOS, puesto que los resultados obtenidos con el mismo, permiten mayor sensibilidad en la calibración de la frecuencia.