

REPORTE DE PRÁCTICA

Control de temperatura para incubación de huevos

Armando Rodríguez-Cruz^[a], Cynthia Ivette Quijano-Castillo^[a], Gustavo Hernández-Bautista^[a],
Oliver Oldair Vázquez-Hernández^[a], Daniel Vélez-Díaz^{[b][c]}

RESUMEN EJECUTIVO

La incubación de huevos conlleva tres etapas, cada una requiere de ciertas condiciones como temperatura, humedad, ventilación, etc. Se tiene como objetivo Implementar y analizar un sistema de control de temperatura mediante un sensor LM35, realizando un sistema retroalimentado que nos permita mantener una temperatura adecuada para el proceso de incubación.

La metodología que se aplica consiste en obtener el diagrama de bloques y la función de transferencia para el sistema de control de temperatura. Al tener estos datos como referencia se prosigue a aplicar el método Routh-Hurwitz para verificar si el sistema es estable; este proceso se realizará de manera analítica y posteriormente con ayuda del software de MATLAB se corroboraran los resultados.

Una vez que se sabe que el sistema es estable se realiza la simulación del circuito con ayuda de los softwares de simulación y se prosigue a realizar las pruebas en físico. Al pasar el circuito a la tablilla de prueba se corrobora que todo funcione correctamente y se procede a pasar el diagrama a una placa fenólica y soldar los componentes.

Con referencia a otros sistemas de control se recomienda el uso del sensor DHT11 ya que la humedad también es un factor importante en este proceso y dicho sensor permite el monitoreo de temperatura y humedad simultáneamente.

Palabras clave: control de temperatura, LM35, control automático, incubación de huevos.

EXECUTIVE SUMMARY

The incubation of eggs involves three stages, each requires certain conditions such as temperature, humidity, ventilation, etc. The objective is to implement and analyze a temperature monitoring system using a sensor LM35, performing a system feedback that will enable us to maintain a suitable temperature for the incubation process.

The methodology consists of obtaining the block diagram and the transfer function for the temperature control system. By having these data as a reference is continuing to implement the Routh-Hurwitz method to check if the system is stable; this process will take place in an analytical and subsequently with the help of MATLAB software is corroborated the results.

Once you know that the system is stable is the simulation of the circuit with the help of simulation software and continues to carry out the tests in physical.

When passing the circuit to the splint test confirms that everything works correctly and we proceed to the diagram to a phenolic plate and weld the components.

With reference to other control systems, it is recommended that the use of the DHT11 because moisture is also an important factor in this process and this sensor allows the monitoring of temperature and humidity simultaneously.

Keywords: temperature control, LM35, automatic control, incubation of eggs.

TABLA DE CONTENIDO

	RESUMEN EJECUTIVO
I.	INTRODUCCIÓN
II.	MARCO REFERENCIAL
	<i>A. Temperatura</i>
	<i>B. Relación entre la temperatura del aire de la incubadora y los huevos incubados</i>

	<i>C. Control De La Temperatura Durante El Proceso De Incubación</i>
	<i>D. Problemas con la temperatura</i>
III.	EQUIPO EXPERIMENTAL
IV.	METODOLOGÍA
	<i>A. Función de transferencia</i>
	<i>B. Diagramas de bloques</i>
	<i>C. Método de estabilidad de Routh-Hurwitz</i>
	<i>D. Lugar geométrico de las raíces</i>
V.	RESULTADOS
	<i>A. MATLAB</i>
	<i>B. Prototipo físico</i>
	<i>C. Medidas de referencia tomadas</i>
VI.	DISCUSIÓN
	CONCLUSIONES
	NOTACIONES
	GLOSARIO
	REFERENCIAS

I. INTRODUCCIÓN

En este informe se abordara el tema de control de temperatura, todos los datos se establecerán con la finalidad de aplicar dicho control a una incubadora de huevos disminuyendo así las fluctuaciones de temperatura que suelen afectar a este proceso.

Se tiene como objetivo Implementar y analizar un sistema de control de temperatura mediante un sensor LM35, realizando un sistema retroalimentado que nos permita mantener una temperatura adecuada para el proceso de incubación.

No se sabe con exactitud el momento en que surgen las incubadoras. Los primeros indicios de su existencia aparecen con el cierre de una fábrica en Estados Unidos, en la década de 1950. Como construcciones de arriendos múltiples para emprender nuevos negocios surgen a finales de la década del 70. Es en los Estados Unidos donde esta herramienta de desarrollo económico se origina y fortalece. A finales de década del 70 estableció los primeros programas de incubación. Se funda la primera incubadora de base tecnológica posteriormente, en la década de 1980, este es el período de mayor auge. Comienza un interés inusitado por este tipo de mecanismos, las comunidades empiezan a crear incubadoras como una herramienta específica para alcanzar sus metas de desarrollo. Las primeras incubadoras fueron de uso mixto, incubaban toda clase de industria, luego comenzaron a surgir industrias de incubadoras específicas, procesamiento de alimentos, biomedicina y otros. La industria ha estado creciendo a una tasa constante desde inicios los ochenta y siguen creciendo. (Alcivar Moreira & Loor garcía, 2011)

La problemática es que las variaciones de temperatura durante el proceso de incubación provocan daños críticos en el desarrollo de los embriones.

II. MARCO REFERENCIAL

La incubación de huevos requiere de un proceso basado en varias etapas en las cuales es necesario monitorear y regular diversos parámetros.

Principalmente se hace referencia al control de la temperatura mediante sensores y ventilación con la finalidad de obtener los valores indicados en la figura 2.

Áreas	Velocidad de Ventilación		Temperatura		Humedad Relativa (%)
	(cfm /1000)	(m ³ /hr /1000)	°F	°C	
Recepción de huevo	(1 minuto Intercambio de aire)		66-70	19-21	60-65
Area de espera	2	3.38	66-70	19-21	60-65
Sala de incubación	8	13.5	76-80	24-27	55-62
Sala de nacimiento	17	28.7	76-80	24-27	55-62
Sala de pollitos bebes	40	67.6	72-75	22-24	65-70
Salida de pollitos	(0.5 minutos Intercambio de aire)		72-75	22-24	65-70
Sala de limpieza	(0.5 minutos Intercambio de aire)		72-75	22-24	65-70
Sala de limpieza de equipo	(1 minuto Intercambio de aire)		72-75	22-24	N/A
Corredores	(5 minutos Intercambio de aire)		75	24	N/A

Parámetros necesarios en las etapas para la incubación

A. Temperatura

El calentamiento de los huevos durante la incubación artificial se produce mediante el intercambio de calor entre el aire y los huevos. De ahí se deriva, que la temperatura del aire se constituye en el factor fundamental en este proceso. (Alcivar Moreira & Loor garcía, 2011)

La temperatura de las incubadoras se enmarca entre 37 y 38 grados C. Es necesario disminuir el nivel de temperatura durante los últimos días (2 a 3) de incubación, es decir, que la temperatura se ajusta según las etapas de incubación. (Alcivar Moreira & Loor garcía, 2011)

La temperatura determina la rata metabólica del embrión y por lo tanto su velocidad de desarrollo. (Alcivar Moreira & Loor garcía, 2011)

En una máquina multi-etapa, la temperatura debe permanecer constante. La temperatura óptima para incubabilidad y calidad del pollito dependerá del tipo de incubadora. Temperaturas más altas o más bajas de las que recomiendan los fabricantes conllevarán a desarrollos más rápidos o más lentos y consecuentemente a la reducción en incubabilidad. (Alcivar Moreira & Loor garcía, 2011)

En incubación de una etapa, la temperatura puede ser alterada para el crecimiento del embrión y para la producción de calor, comenzando con una temperatura más alta y reduciéndola en diferentes etapas hasta la transferencia. (Alcivar Moreira & Loor garcía, 2011)

El balance incorrecto al cargar máquinas de multi-etapa puede crear variaciones significantes de temperatura. Máquinas parcialmente llenas no podrán alcanzar temperaturas correctas y prolongan el tiempo de incubación, mientras que sobrecargar puede crear problemas de sobrecalentamiento. Ambas condiciones afectarán adversamente la incubabilidad y la calidad del pollito. (Alcivar Moreira & Loor garcía, 2011)

B. Relación entre la temperatura del aire de la incubadora y los huevos incubados

Al comienzo de la incubación, los embriones no están preparados funcionalmente (ni orgánicamente) para emitir calor. Por esto reaccionan como los organismos de sangre fría, es decir, cuando la temperatura del aire se eleva, aumenta el metabolismo de los embriones. Si la temperatura disminuye, el metabolismo decrece igualmente. Por tanto, el aumento de la temperatura favorece la multiplicación celular, la formación de las capas y las membranas embrionarias (alantoides, corion, amnios y saco vitelino), así como la nutrición. En resumen, se incrementa el ritmo de crecimiento y desarrollo de los embriones. (Alcivar Moreira & Loor garcía, 2011)

Al final de la incubación, cuando ya la emisión de calor por parte del huevo es alta, la disminución de la temperatura (dentro de los límites normales) actúa (Figura 3), por su parte, de forma completamente inversa; estimula el consumo de los nutrientes o lo que es lo mismo, acelera el metabolismo y el desarrollo en los embriones. (Alcivar Moreira & Loor garcía, 2011)

<i>Especie</i>	<i>1ª. Etapa de incubación</i>	<i>2ª. Etapa de incubación</i>
<i>GALLINA</i>	<i>(primeros 18 días)</i>	<i>(últimos 3 días)</i>
<i>Temperatura</i>	<i>37.5-37.7 °C</i>	<i>36.5-37 °C</i>

Etapas de la incubación

El aire que sale de las máquinas incubadoras remueve dióxido de carbono y el exceso de calor producido por los huevos. (Alcivar Moreira & Loor garcía, 2011)

La entrada de aire a la sala de incubadora debe ser de 13.52 metros cúbicos hr (8cfm) por 1000 huevos. (Ventilación de la Incubadora – Correcta Instalación). (Alcivar Moreira & Loor garcía, 2011)

Todas las máquinas incubadoras tienen una fuente de humedad que pueden controlar varios niveles de humedad relativa. El aire fresco suplementa un poco de humedad de esta manera reduce la carga en el sistema de humidificación interna, el aire entrante a las máquinas es pre-

humidificado para igualar lo más cercano posible la humedad relativa interna. La temperatura del aire debe ser de 24-27 °C (76 -80 °F). (cobb, 2013)

Las incubadoras de multi etapa requieren una constante cantidad de aire. Esta debe ser ajustada para que los niveles de dióxido de carbono dentro de la máquina no excedan 0.4%. Muchas de las máquinas de bandeja fija trabajan a 0.2 – 0.3 % y las máquinas de carros 0.3 – 0.4% pero estos elevados niveles de dióxido de carbono no son requeridos. (cobb, 2013)

C. Control De La Temperatura Durante El Proceso De Incubación

Mantener el nivel de temperatura en un valor estable durante el proceso de incubación no es fácil. Para lograr esta exigencia se necesita un ajuste casi perfecto de todos los sistemas de la incubadora y un trabajo eficiente de los instrumentos de control de los factores de incubación. Para que se mantenga un nivel óptimo de temperatura en el interior del gabinete de incubación es necesario contar con una interrelación muy estrecha entre los sistemas de humedad, ventilación por un lado y la temperatura por el otro. La temperatura ideal es de 37,5° C (100° F) como se muestra en la figura siguiente. (Alcivar Moreira & Loor garcía, 2011)

Tipo de Ave	Tiempo de Incubación (días)	Temperatura de Incubación	Humedad relativa en la Incubación	Movimientos del Huevo (mínimo de veces por día)
Gallina	21 a 22	37.5°C	60% tendiendo a subir.	4
Codomiz	16 a 17	37.5°C a 38.3°C	60% hasta el 14vo. Día y aumentando hasta la eclosión a 90%	2
Pato	28 a 30	20°C a 21°C	55% aumentando a 75% en los tres últimos días	3 (por un espacio de 8 hrs. cada vez)
Avestruz	39	36°C a 36.5°C	20% y 30%	8 a 10

Condiciones de incubación para diversas aves

D. Problemas con la temperatura

Mayor de La Normal: (Alcivar Moreira & Loor garcía, 2011)

- Se adelanta el desarrollo embrionario
- Hay posiciones anormales de los embriones
- Hay gran mortalidad a partir del día 18

- Más de 40° C (hay gran mortalidad)

Menor de La Normal: (Alcivar Moreira & Loor garcía, 2011)

- Se retrasa el desarrollo embrionario.
- Hay un retraso en el desarrollo del embrión.
- Hay muchas bajas en los 3-4 primeros días.

Diagnóstico de problemas de nacimiento	
NACIMIENTO TEMPRANO	<ul style="list-style-type: none"> • Alta temperatura - 1 a 19 días • Huevos pequeños
NACIMIENTO TARDIO	<ul style="list-style-type: none"> • Bajas temperaturas o humedad - 1 a 19 días • Almacenamiento de huevo • Huevos grandes • Baja temperatura en la nacedora
POLLITOS PEGAJOSOS	<ul style="list-style-type: none"> • Temperaturas muy altas - 20 a 21 días • Almacenamiento de huevos • Huevos rotos en la bandeja • Inadecuado volteo
MALAS POSICIONES	<ul style="list-style-type: none"> • Huevos colocados hacia abajo • Huevos deformes • Inadecuado volteo
OMBLIGOS ABIERTOS	<ul style="list-style-type: none"> • Altas temperaturas - 1 a 19 días • Alta humedad - 20 a 21 días • Almacenamiento de huevos
PROBLEMAS LOCOMOTORES	<ul style="list-style-type: none"> • Variación de la temperatura durante la incubación • Edad del lote • Manejo de los huevos la primera semana de incubación
POLLITOS ABNORMALES	<ul style="list-style-type: none"> • Pico torcido: Hereditario o infección viral • Pérdida de ojos: Altas temperaturas o manejo • Cuello anormal: Nutrición • Dedos torcidos: Temperatura y nutrición • Piernas abiertas: Superficie lisa en las bandejas de la nacedora

Diagnóstico de problemas de nacimiento

III. EQUIPO EXPERIMENTAL

Se hace uso del software matemático MATLAB, del software de simulación ISIS proteus y multisim, además se requerirá una fuente de alimentación y los materiales siguientes:

Unidades	Materiales
3	Opam
1	Lm35
4	Potenciómetros
3	Resistencias 1k

2	Resistencias 220
2	Condensadores 0.1uf
2	330
2	Moc 3010
2	Triac BT136
1	Placa fenólica
1	Acido
1	Papel transfer
1	Ventilador Reciclado
1	Batería
1	Foco boquilla cable

IV. MÉTODO

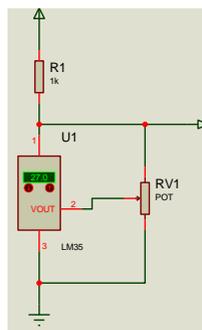
La metodología aplicada consiste en obtener el diagrama de bloques y la función de transferencia del sistema de control de temperatura, al tener estos datos como referencia se prosigue a aplicar el método Routh-Hurwitz para verificar si el sistema es estable; este proceso se realizara de manera analítica y posteriormente con ayuda del software de MATLAB se corroboraran los resultados.

Una vez que se sabe que el sistema es estable se realiza la simulación del circuito con ayuda de los softwares de simulación y se prosigue a realizar las pruebas en físico.

Al pasar el circuito a la tablilla de prueba se corrobora que todo funcione correctamente y se procede a pasar el diagrama a una placa fenólica y soldar los componentes.

A. Función de transferencia

Del sensor (Torres Mendez, 2009)



Circuito LM35 simulado

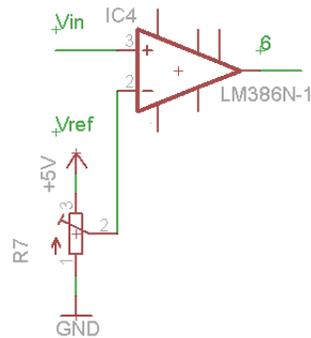
$$V_o = (V_{amp} + 0.2) + 0.01$$

$$V_o(t) = (V_{amp} + 0.2) + V_T(t)$$

$$V_o(s) = \frac{(V_{amp} + 0.2)}{s} + V_T(s) \quad (2)$$

$$\frac{V_o}{\frac{(V_{amp} + 0.2)}{s} + V_T(s)} = 1$$

Del comparador (Torres Mendez, 2009)



Circuito Amplificador operacional

$$V_o = (V_i - V_{ref})A$$

$$A = \frac{V_o}{(V_i - V_{ref})} \quad (3)$$

En la ecuación (3) tenemos los siguientes parámetros:

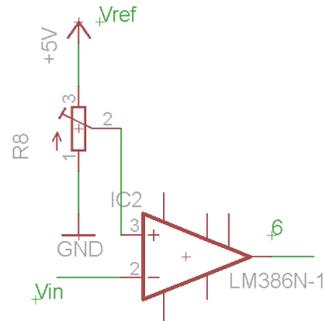
V_o = es el voltaje de salida

V_i = es el voltaje de entrada

V_{ref} = es el voltaje de referencia

A = es la ganancia del comparador.

Para el primer amplificador y para el segundo la ecuación es un poco diferente

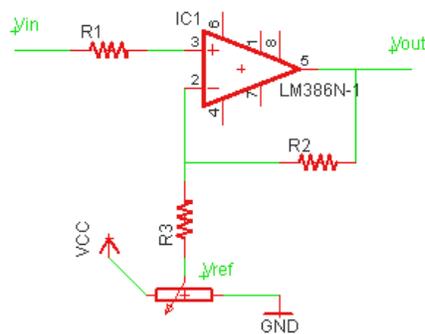


Circuito Amplificador operacional

$$A = \frac{V_o}{(V_{ref} - V_i)} \quad (4)$$

Para esta cuarta ecuación como la entrada V_i va en V^- entonces la comparación es inversa al otro para que puedan dar los voltaje para activar al siguiente bloque, hay que notar que nunca va a funcionar los comparadores al mismo tiempo, y en el estado que la temperatura este dentro del rango ninguno de los dos comparadores va a funcionar.

Amplificador diferencial (Torres Mendez, 2009)



Amplificador diferencial

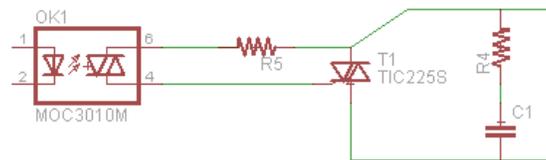
Amplificador de entradas combinadas invertido y no invertido, donde la configuración tiene ganancia positiva y negativa (Figura 15). $R_1 = R_2 = R_3 = 1K\Omega$

$$V_o = V_i \left(\frac{R_2}{R_1} + 1 \right) - V_{ref} \frac{R_2}{R_1} \quad (5)$$

$$V_o = 2V_i - V_{ref} \quad (6)$$

$$\frac{V_o}{2V_i - V_{ref}} = K \quad (7)$$

Relé de estado sólido (Torres Mendez, 2009)



Circuito relé de estado sólido

El presente relé de estado sólido está formado por un MOC3010, un triac BT136, dos resistencias y un capacitor (Figura 16). Es la interface del actuador, al recibir una señal eléctrica o un voltaje V_{in} de alguno de los comparadores, internamente el opto acoplador da una señal para que exista continuidad y pueda activar al dispositivo, para la activación de la compuerta del triac se necesita 0.5Volt.

$$v_i = i(t)R_5 > 0.5V$$

$$v_o = i(t)R_4 + \frac{1}{C} \int_{-\infty}^t idt$$

$$\frac{v_o(t)}{v_i(t)} = \frac{i(t)R_4 + \frac{1}{C} \int_{-\infty}^t idt}{i(t)R_5}$$

$$R_5 = 330\Omega, R_4 = 10K\Omega$$

$$\frac{V_o(s)}{V_i(s)} = \frac{R_4CS+1}{CSR_5} \quad (8)$$

Ventilador con motor DC y foco (Torres Mendez, 2009)

$$G(s) = \frac{1}{s} \quad (9)$$

B. Diagramas de bloques

Aplicando los conocimientos previos adquiridos en clase y por investigación se realiza el diagrama de bloques, así como su simplificación para llegar a la función de transferencia. (Torres Mendez, 2009)

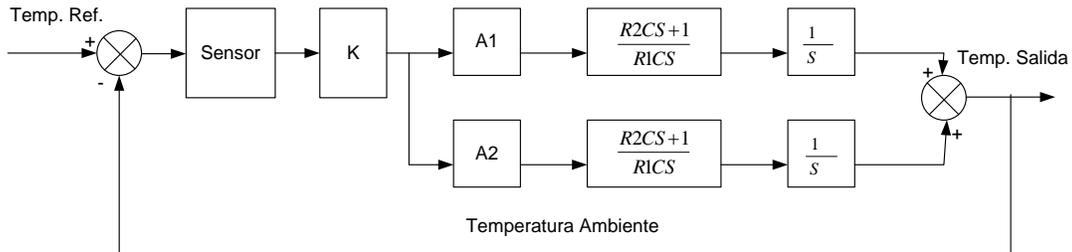
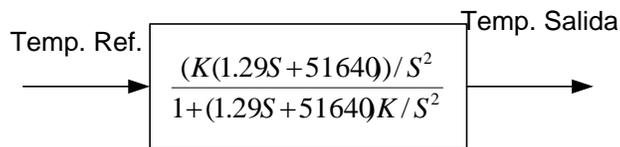


Diagrama de Bloques



Simplificación de diagrama de bloques

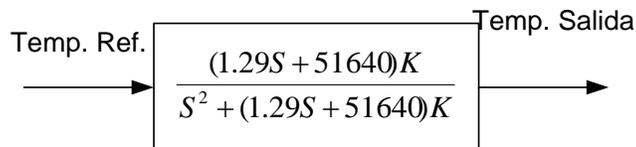


Diagrama de bloques de la función de transferencia

C. Método de estabilidad de Routh-Hurwitz

El método de la estabilidad Routh- Hurwitz proporciona la respuesta al problema de la estabilidad considerando la ecuación característica del sistema mostrada a continuación. (Dorf, 1989)

$$\Delta(S) = S^2 + 1.29SK + 51640K$$

$$\Delta(S) = S^2 + 1.29ks + 51640k$$

Tabulación de Routh-Hurwitz

s^2	1	51640K
s^1	1.29K	0
s^0	a1	0

$$a1 = \frac{-\begin{bmatrix} 1 & 51640k \\ 1.29k & 0 \end{bmatrix}}{1.29k}$$

$$a1 = \frac{-66615,6k^2}{1,29k}$$

$$a1 = +51640k$$

Actualización de tabulación Routh Hurwitz

s^2	1	51640K
s^1	1.29K	0
s^0	51540K	0

Entonces

$$1,29k > 0 \quad 51640k > 0$$

$k > 0$ $k > 0$ si nuestra función de transferencia dada en la ecuación (7) está dentro de

$K = 0.87$ este rango obtenida por análisis por criterio de Ruth Hurwitz estará en la estabilidad.

Donde

$$\frac{V_o}{2V_i - V_{ref}} = K \rightarrow \frac{5.71}{13.2 - 6.61} = 0.87,$$

Tomamos este valor de referencia, donde el sistema está funcionando dentro de la estabilidad (Dorf, 1989)

D. Lugar geométrico de las raíces

Si la ganancia en lazo abierto K varía, la forma del lugar geométrico $G(j\omega)$ en el diagrama de la magnitud logarítmica con respecto a la fase no cambia, pero se mueve hacia arriba (al aumentar K) o hacia abajo (al disminuir K) a lo largo del eje vertical. Los lugares de las raíces para el sistema son los lugares de los polos en lazo cerrado cuando la ganancia K varía de cero a infinito. (Ogata, 1993)

$$\Delta(s) = 1 + (1.29s + 51640)k/s^2$$

$$k = 0.87$$

$$GH(s) = (1.12s + 44926.8)/s^2$$

$$Np - Nz = 2 - 1$$

$$Np - Nz = 1$$

V. RESULTADOS

A. MATLAB

En esta sección se presentan los resultados en forma descriptiva.

Matlab es un software de computadora, dedicado a la simulación de funciones matemáticas, con el cual nos apoyaremos para corroborar los datos al aplicar el método de Routh- Hurwitz para la estabilidad.

Comprobación del criterio de Routh-Hurwitz

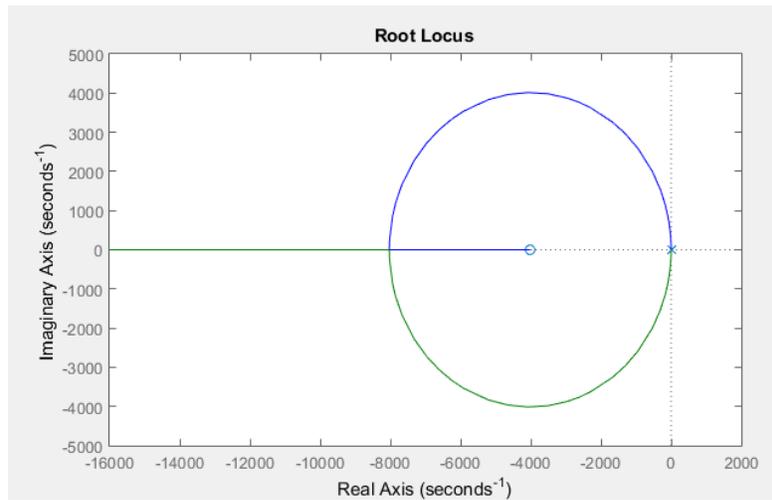
Utilizando Matlab, se obtiene la función de transferencia y el gráfico es el siguiente

```
>> sys = tf([1.12 4496.8],[1 0 0])
```

```
sys =  
  
1.12 s + 4497  
-----  
s^2  
  
Continuous-time transfer function.
```

Resultado de comando sys

>> rlocus([1.12 4496.8], [1 0 0])



Lugar geométrico de las raíces

Diagramas de bode

$$GH(s) = (1.29S + 51640)K / S^2$$

$$K = 0.87$$

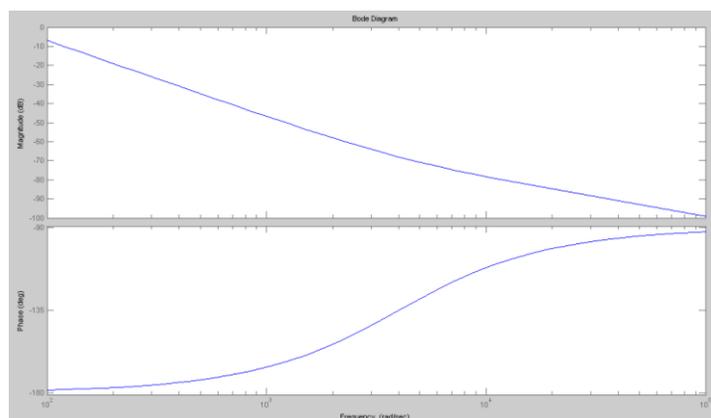
$$GH(s) = (1.29S + 51640)0.87 / S^2$$

$$GH(s) = (1.12S + 44926.8) / S^2$$

$$GH(s) = 1.12(S + 40113.21) / S^2$$

$$GH(s) = 44926.8(S / 40113.21 + 1) / S^2$$

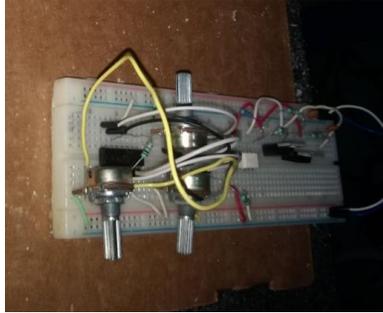
$$GH(jw) = 44926.8(jw / 40113.21 + 1) / (jw)^2$$



Diagramas de Bode

B. Prototipo físico

Para realizar el prototipo físico se empezó por armar el circuito por partes sobre una tablilla de pruebas (protoboard). De este modo se podía comprobar que cada parte diera los resultados esperados.



Prueba en protoboard

Una vez que se obtuvieron los datos esperados se prosiguió a realizar el diagrama para realizar el circuito en una placa fenólica.

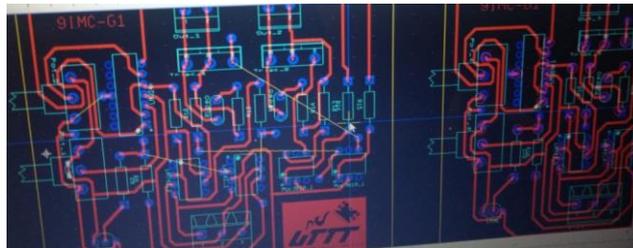
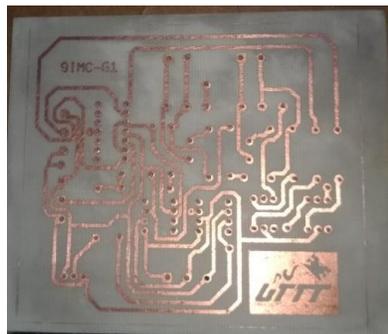
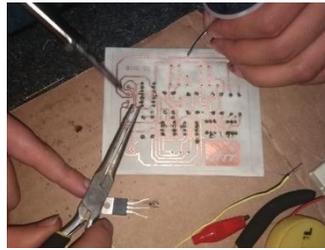


Diagrama de circuito impreso



Diseño de placa fenólica

Posteriormente se soldaron los componentes y se volvió a corroborar el funcionamiento.



Armado de circuito en placa fenólica

C. Medidas de referencia tomadas

Voltaje referencia sensor

$$V_{out} = 0.20V$$

Equivalente a 20 grados

Voltajes de referencia amplificador operacional configuración diferenciador.-

$$V_{ref} = 6.61V$$

$$V_{in} = 6.59V$$

$$V_{out} = 5.71V$$

Voltaje de referencia amplificador operacional configuración Comparador.-

Controlador de alta temperatura:

$$V_{ref} = 4.14V$$

$$V^- = 4.03V$$

$$V_{out} = 5.27V$$

Controlador de alta temperatura:

$$V_{ref} = 5.5V$$

$$V^+ = 6.97V$$

$$V_{out} = 5.5V$$

Activación Ventilador 9Vcd

Activación foco 110Vca (representación de un calefactor)

VI. DISCUSIÓN

Después de investigar acerca de los sistemas de control de temperatura para ser aplicados en incubadoras de huevos se descubrió que existen muchos factores que favorecen a estos sistemas pero de igual forma existen problemáticas que se deben resolver para que se tenga un funcionamiento óptimo.

Existe una gran cantidad de controles de temperatura que se pueden implementar en el proceso de incubación de huevos, sin embargo también hay muchas problemáticas en estos sistemas ya que en ocasiones los mismos componentes utilizados provocas averías en el sistema que perjudican el desarrollo de los embriones o el correcto funcionamiento de las incubadoras al verse alterados los factores que se requieren para su correcto funcionamiento.

Se consideraron páginas de discusión y debate referentes al tema con lo cual se logró encontrar los puntos débiles del sistema desarrollado a través de experiencias de terceros.

CONCLUSIONES

La incubación de huevos es un proceso muy delicado, en el cual afectan muchas variables, se realizó el control de la temperatura pero es favorable que al mismo tiempo se pueda monitorear la humedad ya que en ocasiones esta también tiene puede afectar en nuestro sistema de control.

El sensor utilizado fue un sensor LM35 el cual funciono de una manera correcta dándonos los resultados esperados, pero se tuvieron inconvenientes al hacer las pruebas ya que la alimentación del circuito se realizó a 12V y el sensor en ocasiones no funcionaba de la manera correcta con este voltaje.

En conclusión es necesario realizar mejoras al sistema con la finalidad de hacer que este funcione de una manera más eficiente, posiblemente cambiando el sensor utilizado y agregando variables de control.

NOTACIONES

Símbolo	Descripción
V_o	Voltaje de salida
V_i	Voltaje de entrada
V_{ref}	Voltaje de referencia
A	Ganancia del comparador
R	Resistencia
$GH(S)$	Función de transferencia retroalimentada

GLOSARIO

Incubabilidad Es la capacidad de un huevo fértil de producir un pollito vivo y apto, y se mide en porcentajes que están dados por los huevos fértiles cargados en la incubadora y los pollitos nacidos.

REFERENCIAS

Ausubel, D. P. (2000). *The Acquisition and Retention of Knowledge: A Cognitive View*. N.Y.: Springer Science+Business Media Dordrecht.

Consejo-Editorial. (s.f.). *Mexican Journal of Medical Research: Aims and scope, Multidisciplinary Journal and Guide for Authors*. Recuperado el 30 de mayo de 2016, de Universidad Autonoma del Estado de Hidalgo:
<http://www.uaeh.edu.mx/scige/revista/icsa/n7/aims.html>

Griffith University. (1 de abril de 2011). *Writing an Executive summary*. Recuperado el 30 de mayo de 2016, de Information services:

https://www.griffith.edu.au/__data/assets/pdf_file/0003/320178/writing-an-executive-summary.pdf

Marianelli, B. (20 de agosto de 2010). *Technical Reports and Journal Articles*. (U.S. Department of Energy Office of Scientific and Technical Information) Recuperado el 31 de mayo de 2016, de Accelerating Science Discovery - Join the Discussion:
<http://www.osti.gov/home/ostiblog/technical-reports-and-journal-articles>

Münch, L., & Ángeles, E. (1990). *Métodos y Técnicas de Investigación* (2a ed.). México: Trillas.

[a] Alumno del programa educativo de Ingeniería Mecatrónica, de la Universidad Tecnológica de Tula-Tepeji. arc123_93@hotmail.com , Ive.quica@gmail.com , hernandezbautistagustavo@gmail.com , oldairintek@gmail.com

[b] Docente del programa educativo de Ingeniería Mecatrónica, de la Universidad Tecnológica de Tula-Tepeji. daniel.velez@uttt.edu.mx

[c] Profesor Investigador de Ingeniería de Software, en la Escuela Superior de Tlahuelilpan, de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. daniel@uaeh.edu.mx

[d] Alumno del programa educativo en Ingeniería Mecatrónica, de la Universidad Tecnológica de Tula-Tepeji. oldairintek@gmail.com