

Sistema de registro y monitoreo cardíaco a distancia para embrión de gallina

Heart monitor for chicken embryo

Fatima Moumtadi ^{a*}, Alexis Robles Becerra ^{a**}, Ángel Lambertt Lobaina ^{b***}

^aFacultad de ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México

^bFacultad de ingeniería, Universidad Anáhuac, Ciudad de México, México

Recibido: 08/05/2017; revisado: 27/07/2017; aceptado: 16/10/2017

F. Moumtadi, A. R. Becerra, Á. Lambertt Lobaina: Sistema de registro y monitoreo cardíaco a distancia para embrión de gallina. *Jou.Cie.Ing.* **10** (1): 1-5, 2018. ISSN 2145-2628, e-ISSN 2539-066X.

Resumen

Debido al constante desarrollo de los métodos utilizados en la incubación además del aumento en el volumen de producción de aves de corral y pruebas realizadas a embriones de pollo, es necesario monitorear los embriones correspondientes a un lote de huevos seleccionados para su inspección. Uno de los parámetros de interés es la actividad cardíaca. Diversos trabajos se han realizado utilizando algunos métodos como el balistocardiograma que se basa en detectar los movimientos del embrión por acción del bombeo de la sangre o el acustocardiograma, que mediante el cambio de presión producido entre el interior del huevo y el exterior se pueden obtener datos de la actividad cardíaca. Para monitorear la actividad cardíaca, se diseñó e implementó un prototipo no invasivo que se encarga de la adquisición de la señal cardíaca por medio de emisor y receptor infrarrojo, la señal es acondicionada y procesada para posteriormente ser guardados en una base de datos y mostrados en una página web.

Palabras Claves: Sensor; monitor cardíaco, embrión de gallina; base de datos.

Abstract

Due to the constant development of the methods used in the incubation besides the increase in the volume of production of poultry and tests carried out on chicken embryos, is necessary to monitor the embryos corresponding to a batch of eggs selected for their inspection. One of the important parameters of interest is cardiac activity. Several works have been done using some methods such as the ballistocardiogram which is based on detecting the movements of the embryo by the action of the blood pumping or the acoustocardiogram, base on the change of pressure produced between the interior of the egg and the outside can obtain data Of cardiac activity. To monitor cardiac activity, a non-invasive prototype was designed and implemented which is responsible for the acquisition of the cardiac signal through the infrared emitter and receiver, the signal is conditioned and processed to be saved in a database and showed in a Web page.

Keywords: Sensor, heart monitor, chicken embryo, database.

* fatima@fi-b.unam.mx

** yo_soy_yoale@comunidad.unam.mx

*** alambertt@anahuac.mx

1. Introducción

La reproducción en cautiverio de las aves se lleva a cabo con la ayuda de una incubadora que emula las condiciones de temperatura y humedad en las que se encontraría el huevo si estuviera en su hábitat natural, en el dispositivo se tiene que introducir el huevo fertilizado para que con el paso del tiempo y con un control adecuado de temperatura, ventilación y humedad para que el embrión pueda desarrollarse satisfactoriamente [1–3].

El sistema circulatorio del embrión es el primero en formarse por lo cual una de las formas utilizadas para verificar el estado del contenido del embrión es realizando un monitoreo del latido cardíaco [4, 5] para saber si la incubación y el desarrollo del embrión se está llevando de forma adecuada y poder asegurar que el embrión se encuentre saludable. También con la ayuda del monitoreo del sistema cardíaco se pueden observar los cambios en la frecuencia cardíaca del embrión de pollo para identificar los efectos producidos por diversos factores externos, como se menciona en Akiyama et al. [6] donde se observa la respuesta en el ritmo cardíaco por efecto de cambiar los niveles de oxígeno.

Algunos métodos utilizados para registrar la actividad cardíaca del embrión de pollo son mencionados en Tazawa et al. [7], como el Electrocardiograma (ECG) que es un método invasivo en el caso del embrión de gallina, el Balistocardiograma (BCG) [8] que es un método no invasivo y detecta el movimiento del huevo por efecto del bombeo de sangre, el Acustocardiograma (ACG) [9] que se basa en detectar los cambios de presión entre un micrófono y el cascarón del huevo, este método también es utilizado en [10]. Además, en [11] realiza una revisión de diferentes métodos para el estudio del sistema circulatorio en embriones de aves y de los datos obtenidos en ellos.

En Lewin et al. [12] se hace un análisis de la oximetría de pulso en el embrión de gallina. Los embriones de los huevos que se utilizaron en dicho artículo son de 12 a 20 días de incubación, que fue donde se pudo visualizar la señal. Para verificar que la señal fuera la deseada se comparó la señal del oxímetro con la de un electrocardiograma. En el trabajo mencionado se utilizaron dos fuentes de luz, una de luz roja y otra de luz infrarroja y un fotodetector obteniendo de 210 a 300 latidos por minuto. Otro trabajo relacionado fue realizado por Youssef et. al. [13] donde mediante un método semi-invasivo determinan el ritmo cardíaco por medio de vídeo y procesamiento de señales, obteniendo resultados de huevos de 13 a 19 días.

En lo referente al almacenamiento de datos y la visualización, en Fong et al. [14] se muestra un trabajo basado en computación móvil, mostrando los datos de un ECG en una aplicación de página web.

2. Método y materiales

La adquisición de la señal del corazón del embrión de gallina se realiza mediante el uso de luz infrarroja que conforme al envío de sangre por parte del corazón provoca que en el transductor se tenga una variación en la cantidad de luz, debido al incremento de oxihemoglobina [15].

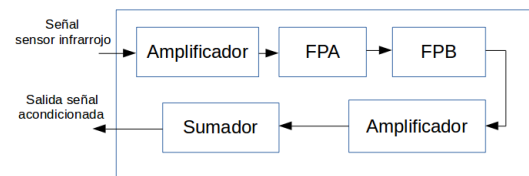


Figura 1. Diagrama de bloques para el acondicionamiento de la señal.

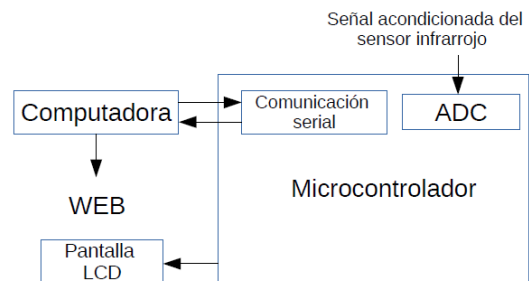


Figura 2. Diagrama de bloques para la adquisición de la señal cardíaca.

Para obtener la señal cardíaca es necesario acondicionar la señal que se obtiene del transductor para posteriormente procesarla digitalmente. Este acondicionamiento, figura 1, se lleva a cabo mediante un arreglo de diferentes configuraciones de amplificadores operacionales como amplificadores de transimpedancia, amplificadores inversores y no inversores, seguidores, sumadores y filtros analógicos, con lo cual se obtiene una señal adecuada para ser leída por el microcontrolador. Para la adquisición de la temperatura se utiliza un sensor de temperatura analógico y de la misma manera se utiliza un amplificador no inversor para poder acondicionar la señal obtenida.

El diagrama del dispositivo se muestra en la figura 2 donde el microcontrolador (ATmega328), por medio de los convertidores analógico-digital, realiza la lectura de la señal cardíaca, además de encargarse de la modulación del led infrarrojo a una frecuencia de 1 kHz, también se encarga de la comunicación con la computadora por medio de comunicación serial.

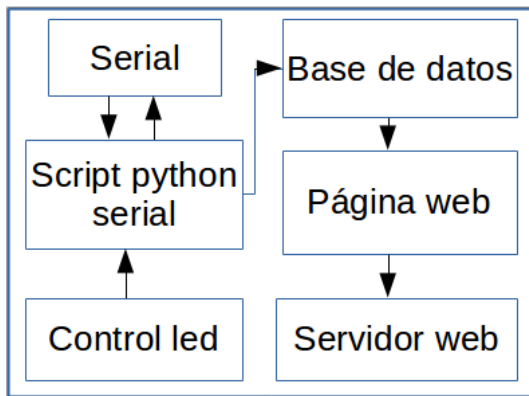


Figura 3. Diagrama de bloques para el almacenamiento y presentación de los datos obtenidos.

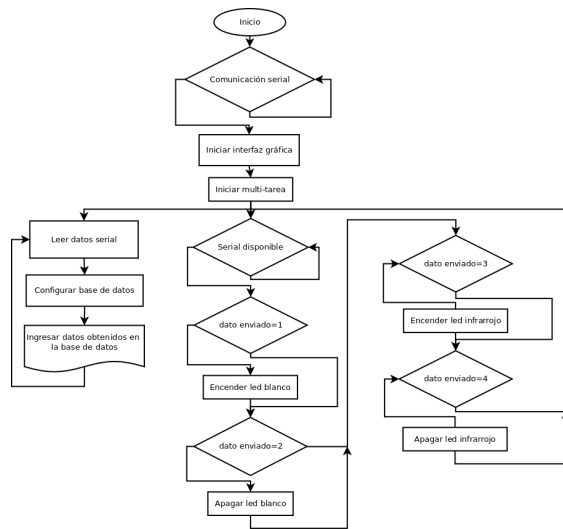


Figura 4. Diagrama de flujo para el almacenamiento y presentación de los datos obtenidos.

Una vez que el microcontrolador recibe las señales se realiza el cálculo para obtener la frecuencia cardíaca. Cada que la señal recibida rebasa un umbral se incrementa el valor de una variable. Posteriormente al pasar un tiempo de 60 segundos se obtiene el valor en pulsos por minuto.

Al tener los valores de frecuencia cardíaca y temperatura, se presentan en una pantalla gráfica LCD y se almacenarán en una base de datos en el programa MySQL mediante una conexión Ethernet, lo anterior se realiza conforme a los diagramas de las figuras 3 y 4. Siendo visible la señal cardíaca en la pantalla gráfica LCD.

Una de las principales ventajas que se presenta en el dispositivo es la conectividad con internet ya que los usuarios del mismo podrán monitorear el dispositivo a distancia.

3. Resultados

El sistema diseñado es capaz de adquirir la señal de los movimientos de sístole y diástole provenientes del corazón. Las pruebas se realizaron en nueve huevos de gallina, en los cuales la edad comprendía entre los 18 y 20 días.

3.1. Adquisición de la señal cardíaca

En las figura 5 - 7 se muestra la señal fotopleletismográfica obtenida en huevos de 18, 19 y 20 días. Para 9 huevos de 18 días se registra una media de 268.88 latidos por minuto con una desviación estándar de 17.6383, en 9 huevos de 19 días, una media de 270 latidos por minuto con una desviación estándar de 23.9791, por último en 9 huevos de 20 días, donde se registra una media de 270 latidos por minuto con una desviación estándar de 17.3205. Comparando con los valores obtenidos por [13] donde se obtuvieron valores de frecuencia cardíaca promedio para 18 y 19 días de 269 y 261 latidos por minuto y con desviación estándar de 12 y 15 respectivamente.

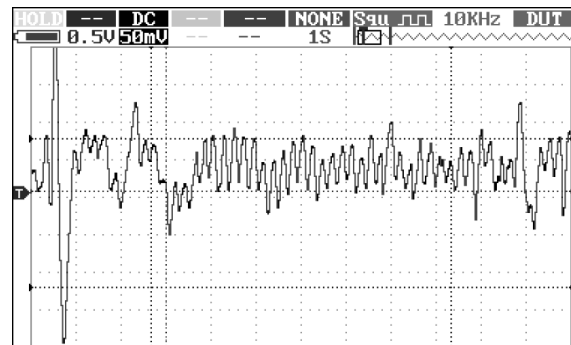


Figura 5. Señal fotopleletismográfica, embrión de 18 días

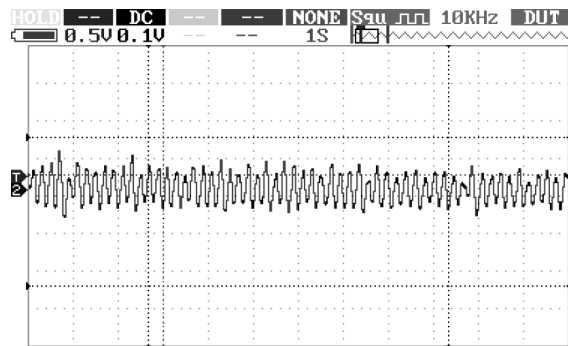


Figura 6. Señal fotopleletismográfica, embrión de 19 días

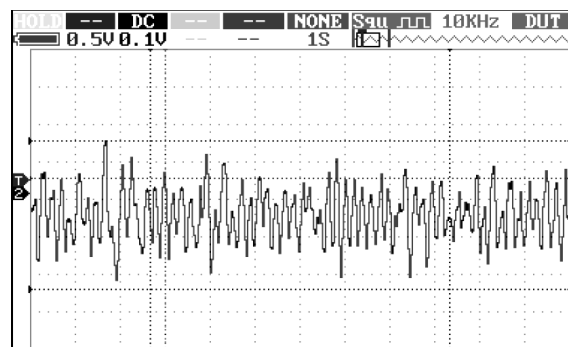


Figura 7. Señal fotopleletismográfica, embrión de 20 días

Huevo	18 días	19 días	20 días
1	260	250	250
2	260	270	260
3	270	270	270
4	250	240	260
5	280	290	290
6	260	270	270
7	290	290	280
8	250	240	250
9	300	310	300

Tabla 1: Datos obtenidos, en latidos por minuto, de nueve huevos durante 3 días.

Se realizó la medición de 9 huevos de la misma edad desde los 18 hasta los 20 días y los resultados obtenidos de Frecuencia Cardíaca se muestran en la tabla 1. Adicionalmente en el gráfico de la figura 8 se muestra la gráfica de los latidos de los 9 embriones de pollo de prueba donde se realiza el seguimiento durante tres

días (de 18 a 20 días) de nueve embriones de huevo de gallina. Un problema importante surge durante la adquisición de la señal y es el constante y perceptivo movimiento del embrión dentro del huevo, por lo cual se debe buscar la correcta posición para que la señal pueda ser leída.

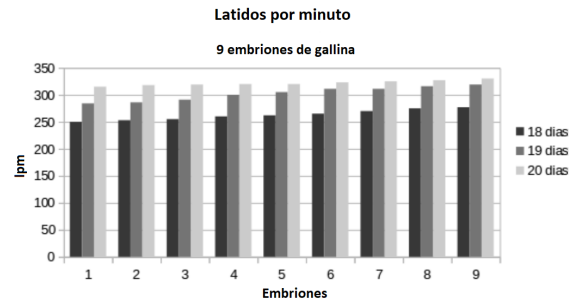


Figura 8. Gráfica de los datos obtenidos de nueve embriones de gallina.

3.2. Presentación y almacenamiento de datos

El almacenamiento de datos se realizó de manera correcta ya que todos los datos enviados por el microcontrolador fueron bien recibidos por la base de datos (figura 9), con la ayuda de un Script de Python diseñado. Estos datos son leídos por otro Script de Python que a su vez se encarga de generar la página web en la que se podrán visualizar la última frecuencia cardíaca junto con la hora y fecha en el que se recibió el dato, figura 10.

#	id	Device	Source	HeartRate	Timestamp	Type
19	60	D1	shs	245	2016-03-15 00:53:57	0
20	61	D1	shs	247	2016-03-15 12:51:30	0
21	62	D1	shs	245	2016-03-15 13:06:31	0
22	63	D1	shs	246	2016-03-16 10:35:46	0
23	64	D1	shs	245	2016-03-16 10:50:46	0
24	65	D1	shs	245	2016-03-17 08:49:05	0
25	66	D1	shs	247	2016-03-17 09:04:06	0
26	67	D1	shs	246	2016-03-17 09:19:06	0
27	68	D1	shs	245	2016-03-17 09:34:07	0
28	69	D1	shs	245	2016-03-17 09:49:07	0
*	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

Figura 9. Visualización de la base de datos.

Monitor cardíaco

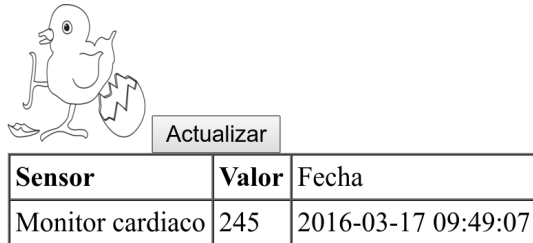


Figura 10. Página web implementada donde se muestra el valor de la frecuencia cardíaca, así como la hora y la fecha en la cual se realizó la medición.

4. Conclusiones

El dispositivo desarrollado es capaz de realizar la adquisición de la señal cardíaca a manera de pulsómetro en embriones de una edad de 18 a 20 días.

Se realizó la adquisición de la señal cardíaca del embrión del huevo de gallina utilizando emisor y receptor infrarrojo, filtrado, algunas configuraciones de amplificadores operacionales como amplificadores, un convertidor corriente-voltaje, un amplificador de instrumentación, sumadores. Obteniendo para huevos de 18 días una media de 268.88 latidos por minuto, para huevos de 19 días una media de 270 latidos por minuto y para huevos de 20 días una media de 270 latidos por minuto.

Se obtuvieron los valores de frecuencia cardíaca procesando los datos obtenidos por el convertidor analógico-digital y desplegando cada 6 segundos, tanto el valor de la frecuencia cardíaca como la señal obtenida en un LCD gráfico.

El último dato guardado junto con la hora y fecha de guardado son impresos en un página web para su visualización en otro dispositivo.

Referencias

[1] N. French, "Modeling incubation temperature: the effects of incubator design, embryonic development, and egg size," *Poultry Science*, vol. 76, no. 1, pp. 124-133, 1997.

[2] N. Ruiz Diaz, G. Orrego, M. Reyes, and M. Silva, "Aumento de la temperatura de incubación en huevos de gallina araucana

(gallus inauris): Efecto sobre la mortalidad embrionaria, tasa de eclosión, peso del polluelo, saco vitelino y de órganos internos," *International Journal of Morphology*, vol. 34, no. 1, pp. 57-62, 2016.

[3] C. Yeo, H.-c. Park, K. Lee, and C. Song, "Avian embryo monitoring during incubation using multi-channel diffuse speckle contrast analysis," *Biomedical optics express*, vol. 7, no. 1, pp. 93-98, 2016.

[4] J. Höchel, R. Akiyama, T. Masuko, J. T. Pearson, M. Nichelmann, and H. Tazawa, "Development of heart rate irregularities in chick embryos," *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, vol. 275, no. 2, pp. H527-H533, 1998.

[5] H. Tazawa, T. Hiraguchi, O. Kuroda, S. Tullett, and D. Deeming, "Embryonic heart rate during development of domesticated birds," *Physiological zoology*, vol. 64, no. 4, pp. 1002-1022, 1991.

[6] R. Akiyama, H. Mitsubayashi, H. Tazawa, and W. Burggren, "Heart rate responses to altered ambient oxygen in early (days 3-9) chick embryos in the intact egg," *Journal of Comparative Physiology B*, vol. 169, no. 2, pp. 85-92, 1999.

[7] H. Tazawa, H. Mitsubayashi, M. Hirata, J. Höchel, and J. T. Pearson, "Cardiac rhythms in chick embryos during hatching," *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, vol. 124, no. 4, pp. 511-521, 1999.

[8] H. Tazawa, Y. Suzuki, and H. Musashi, "Simultaneous acquisition of eeg, bcg, and blood pressure from chick embryos in the egg," *Journal of Applied Physiology*, vol. 67, no. 1, pp. 478-483, 1989.

[9] H. Tazawa, T. Hiraguchi, T. Asakura, H. Fujii, and G. Whittow, "Noncontact measurements of avian embryo heart rate by means of the laser speckle: comparison with contact measurements," *Medical and Biological Engineering and Computing*, vol. 27, no. 6, pp. 580-586, 1989.

[10] H. Rahn, S. Poturalski, and C. Paganelli, "The acoustocardiogram: a noninvasive method for measuring heart rate of avian embryos in ovo," *Journal of applied physiology*, vol. 69, no. 4, pp. 1546-1548, 1990.

[11] T. P. Kelder, R. Vicente-Steijn, R. E. Poelmann, C. L. Mummery, M. C. DeRuiter, and M. R. Jongbloed, "The avian embryo to study development of the cardiac conduction system," *Differentiation*, vol. 91, no. 4, pp. 90-103, 2016.

[12] R. Lewin, M. Dörner, and H. Tönhardt, "Pulse oximetry: a new way of determining the heart rate in chicken embryos," *Pflügers Archiv European Journal of Physiology*, vol. 434, no. 5, pp. 639-641, 1997.

[13] A. Youssef, S. Viazzi, V. Exadaktylos, and D. Berckmans, "Non-contact, motion-tolerant measurements of chicken (gallus gallus) embryo heart rate (hr) using video imaging and signal processing," *Biosystems Engineering*, vol. 125, pp. 9-16, 2014.

[14] E.-M. Fong and W.-Y. Chung, "Mobile cloud-computing-based healthcare service by noncontact eeg monitoring," *Sensors*, vol. 13, no. 12, pp. 16451-16473, 2013.

[15] S. Bencomo, S. Villazana, and B. Salas, "Design and construction of a pulse oximeter," *Revista Ingenieria UC*, vol. 23, no. 2, pp. 162-171, 2016.