

INVESTIGACIÓN

# Sistema de Adquisición y Monitoreo de Señales Eléctricas Generadas en la Actividad Cerebral y la Actividad Cardíaca

A. Ortega<sup>1</sup>, L. Dorado<sup>1</sup>, G. Bolaños<sup>1</sup> y J. Casas<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Física de Bajas Temperaturas, Departamento de Física, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia

<sup>2</sup> Departamento de Medicina Interna, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia

Recibido: 19 de Septiembre de 2007; Revisado: 07 de Octubre de 2007; Aceptado: 10 de Enero de 2008

**Resumen**— Se diseñó y construyó un Sistema de Adquisición y Monitoreo para adquirir y visualizar señales eléctricas generadas en la corteza cerebral a fin de utilizarlas para un diagnóstico médico y/o en aplicaciones de robótica. El sistema permite la visualización de la señal electroencefalográfica a través de una interfaz de usuario diseñada en LabVIEW. Posteriormente el equipo fue modificado para ofrecer al usuario la posibilidad de visualizar adicionalmente la señal electrocardiográfica, a través de un selector disponible en el circuito electrónico.

**Palabras Clave:** Adquisición y procesamiento de Bioseñales EEG, ECG, LabVIEW.

**Abstract**— An acquisition and monitoring of electrical signals system was designed and fabricated to acquire and visualize the electrical signals in the cerebral cortex with the purpose of using them in diagnostic and / or robotics applications. The system shows the electroencephalographic signal by means of an interface built in LabVIEW. Later the system was improved to offer to the user the possibility of also visualize the electrocardiographic signal by using a selector available in the circuit.

## I. INTRODUCCIÓN

Los procesos biológicos que realiza el organismo humano, así como los desórdenes o alteraciones fisiológicas que en este puedan presentarse, alteran directamente las características de las señales eléctricas generadas en la actividad cerebral, las cuales son el resultado de la transmisión de información entre las células del sistema nervioso (las neuronas) en zonas específicas del cerebro. Estas señales eléctricas pueden ser medidas y acondicionadas a fin de realizar un diagnóstico preventivo al desarrollo de ciertas enfermedades o un control en el proceso evolutivo de una enfermedad que ya se ha manifestado, y adicionalmente es posible hacer uso de las señales adquiridas y procesadas en interesantes aplicaciones de robótica, basadas en la codificación y clasificación de la información adquirida.

Otra señal bioeléctrica de interés es electrocardiográfica, la cual suministra información valiosa de la actividad eléctrica del corazón, vital para el adecuado funcionamiento del organismo humano.

La medición de bioseñales, sin embargo, no es labor sencilla, ya que se trata con señales eléctricas cuya amplitud

es del orden de los microvoltios ( $1 \times 10^{-6}V$ ) [1], dificultándose su adquisición con equipos de medición convencionales. Se hace entonces necesario diseñar un sistema de adquisición adecuado para obtener un registro exacto de las señales bioeléctricas de interés.

En este trabajo se presenta el diseño y construcción de un sistema de alta sensibilidad para la lectura de señales eléctricas generadas en la actividad cerebral y en la actividad eléctrica del corazón.

## II. METODOLOGÍA

El Sistema de Adquisición y Monitoreo de Señales Eléctricas Generadas en la Actividad Cerebral y en la Actividad Cardíaca consta de tres etapas básicas comunes a los dos módulos: Acondicionamiento de la Señal, Digitalización y Transmisión y Visualización. La figura 1 muestra un esquema simplificado del sistema.

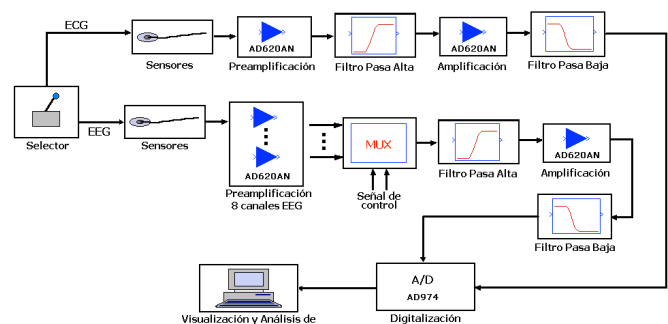


Fig. 1. Diagrama de Bloques del Sistema de Adquisición y Monitoreo de Señales eléctrica Generada en la Actividad Cerebral y Señal Electrocardiográfica.

### A. Adquisición de la Señal:

Para sensar la señal eléctrica en la corteza cerebral se utilizan electrodos superficiales de Ag/AgCl acoplados a un cable blindado que conduce la señal hasta el circuito electrónico. El sistema se diseñó para realizar la medición de 8 canales de medición, donde cada canal canal consiste en la señal diferencial de dos electrodos ubicados sobre el cuero cabelludo del paciente, en un montaje para registro bipolar.

En el caso de la señal electrocardiográfica, se requiere sólo un canal de registro, constituido por dos electrodos de

Ag/AgCl ubicados apropiadamente en el pecho del individuo y un electrodo de puesta a tierra usualmente ubicado en la pierna izquierda del mismo

### B. Acondicionamiento de la Señal

**Preamplificación:** Tanto para la señal Electroencefalográfica (EEG) como para la Electrocardiográfica (ECG) es necesario implementar una etapa inicial de preamplificación de baja ganancia, para lo cual se utilizan Amplificadores de Instrumentación AD620AN de Analog Devices, cuyas características lo hacen ideal para su uso en sistemas de adquisición de datos que requieren mucha precisión, baja sensibilidad al ruido y bajo consumo de corriente, como en aplicaciones médicas [2]. Para la señal de EEG, se implementa una etapa de presimplificación por cada uno de los 8 canales bipolares de registro.

**Filtro Pasa Alta:** El registro de las señales de EEG y ECG se realiza a partir de la medición con electrodos ubicados sobre la piel del paciente, lo cual introduce en la señal medida un voltaje DC propio de la piel, pero que no corresponde a la señal que desea medirse. Se hace necesario incluir un filtro pasa alta para eliminar esta componente DC no deseada. Así, las señales de EEG y ECG preamplificadas pasan a través de un filtro Pasa Alto tipo Butterworth de cuarto orden, con frecuencia de corte de 0,5 Hz, implementado con un filtro universal MF10CN de MAXIM. Así se permite el paso únicamente de la componente AC de la señal medida, que es la que trae la información de interés.

**Amplificación:** La señal de ECG filtrada se amplifica utilizando un amplificador de instrumentación AD620AN. Por su parte, los 8 canales bipolares de registro de la señal EEG son multiplexados utilizando un multiplexor análogo ADG 608, de Analog Devices, el cual es controlado a través de un microcontrolador PIC 16F873A, el cual garantiza el paso secuencial de los 8 canales de registro. La salida del multiplexor es amplificada utilizando un AD620AN. fre de biopotenciales como para la Estas deben colocarse al final del artículo y deben escribirse tal como se describe al final de esta plantilla.

**Filtro Pasa Bajo:** Se filtra nuevamente la señal de EEG y ECG, a fin de limitar la banda de frecuencia de la señal de estudio y eliminar así componentes de frecuencia no deseadas y ruido. Para ello se utiliza en ambos casos un filtro Butterworth pasa bajo de orden ocho MAX 7480 de la MAXIM. Para la señal de EEG la frecuencia de corte es de 70 Hz, y para la señal de ECG de 100 Hz.

**Digitalización:** La señales de EEG y ECG previamente acondicionadas son ahora digitalizadas utilizando un conversor análogo/digital AD974 de Analog Devices, con resolución de 16 bits, cuatro canales de entrada y frecuencia de muestreo máxima de 200KHz [3] Este conversor cuenta con una interfaz serial para la salida de los 16 bits que componen la señal digitalizada. Las señales de control del conversor se generan con un microcontrolador PIC 16F873A.

Este indica al conversor el canal a convertir y genera una señal de reloj que fija la frecuencia de salida de los datos del conversor, que para este caso es de 100KHz. La salida de datos del conversor se conecta a la USART de un microcontrolador PIC 18F452, y a su vez se interfasa con un computador a través del puerto paralelo. Este cambio de interfaz, de serial a paralelo, se realiza con el fin de tener mayor control y velocidad en la transmisión de los datos.

**Visualización y Almacenamiento:** Un programa en LabView permite adquirir los datos a través del puerto paralelo del computador, visualizarlos y almacenarlos en archivos de texto para su posterior análisis. La figura 2 muestra el Panel Frontal del programa de adquisición y visualización, el cual permite el registro de un canal de ECG y 8 canales de registro bipolar de EEG.

### III. RESULTADOS

El Sistema de Adquisición y Monitoreo implementado permite registrar un canal electrocardiográfico y ocho canales de registro bipolar de la señal electroencefalográfica. Para el caso de la señal de EEG, se han efectuado mediciones en personas de diferentes edades y a través de diferentes ubicaciones de los electrodos, siguiendo el sistema internacional 10 – 20. A continuación se muestran varios registros realizados sobre diferentes individuos, y sus respectivos análisis de frecuencia.

Las figuras 3 y 4 muestran el registro de un canal de medición en un individuo normal de 23 años y su respectivo análisis de frecuencia. La ubicación de los electrodos fue sobre la frente del individuo, con el electrodo de puesta a tierra ubicado sobre el mastoides. .

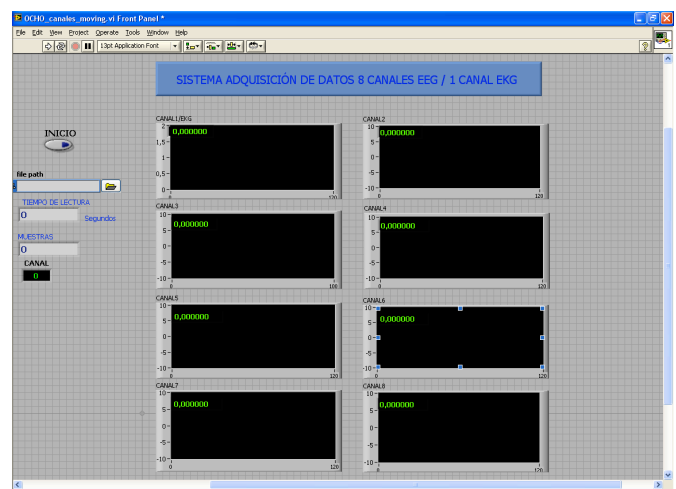


Fig. 2. Panel frontal del programa de visualización de datos en LabVIEW

A partir del análisis de frecuencia (FFT) para la curva de la figura 3 se pueden observar picos pronunciados alrededor de 33 y 45 Hz.

En este caso, las frecuencias registradas corresponden a un *ritmo beta* normal, el cual comprende frecuencias entre los 14 y 50 Hz, lo cual concuerda además con el hecho de que los electrodos se ubicaron sobre la frente del paciente, región donde se puede registrar actividad beta.

Se realizaron otros registros sobre el mismo individuo con otras ubicaciones de los electrodos. Por ejemplo, la figura 5

muestra el registro de la actividad cerebral medida en la región posterior de la cabeza del individuo.

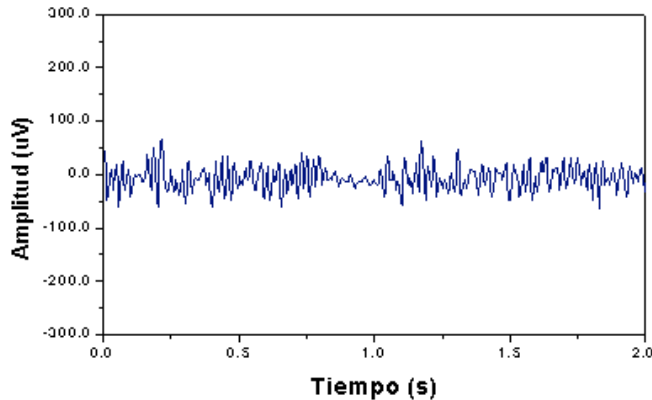


Fig. 3. Registro de la actividad cerebral de un individuo normal de 23 años con ubicación frontal de los electrodos.

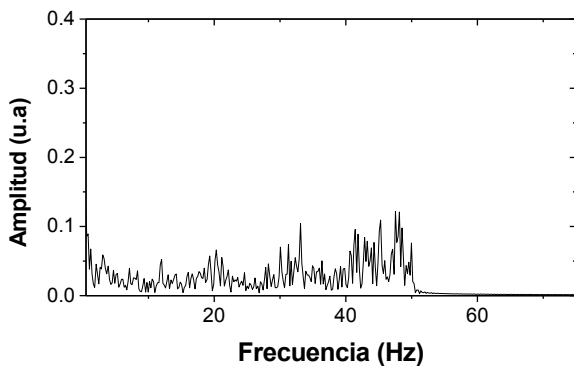


Fig. 4. Análisis de Frecuencia para la señal que de la figura 3.

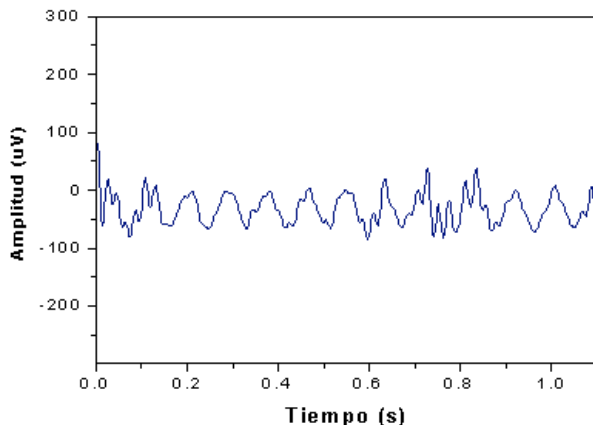


Fig. 5. Registro de la actividad cerebral de un individuo normal de 23 años con ubicación de los electrodos sobre la región posterior de la cabeza.

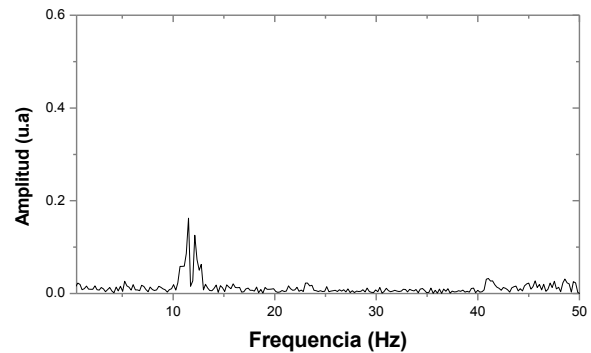


Fig. 6. Análisis de Frecuencia para la señal que de la figura 5.

El análisis de frecuencia para este registro muestra componentes de frecuencia predominantes alrededor de 11 Hz, correspondientes a un *ritmo alfa* normal. La actividad alfa comprende frecuencias entre los 8 y 13 Hz, y puede registrarse en las regiones posteriores de la cabeza cuando el paciente se encuentra despierto y en estado de reposo, como sucedió en este caso.

Por último, se realizó una medición sobre un niño de 8 años de edad, con los electrodos ubicados en la región frontal izquierda de la cabeza, obteniendo el registro que se muestra en la figura 7.

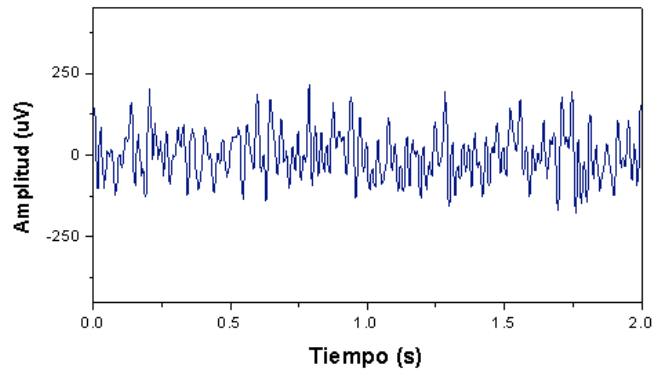


Fig. 7. Registro de la actividad cerebral de un individuo normal de 8 años con los electrodos ubicados sobre la región frontal izquierda.

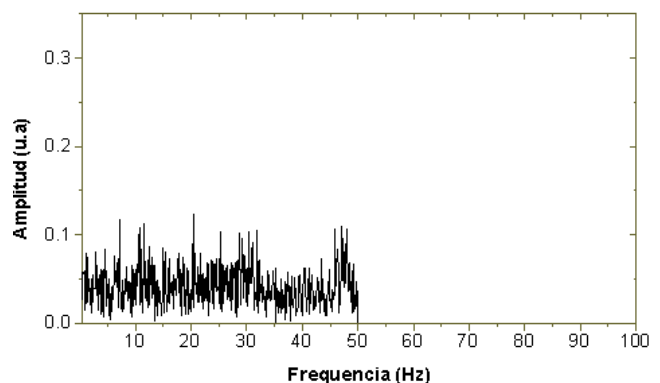


Fig. 8. Análisis de Frecuencia para la señal que de la figura 7.

Se observa que la amplitud de las señales medidas es mayor a las mostradas en los casos anteriores. Esto responde, además de la edad del paciente, al hecho de que el niño no se encontraba en estado total de reposo, ya que incluso se mostraba inquieto por el funcionamiento del equipo y por el registro de sus ondas cerebrales en el computador. El análisis de frecuencia del registro se muestra en la figura 8, mostrando actividad en toda la banda de frecuencia del sistema, sobresaliendo las componentes de 7, 11, 20 y 47 Hz.

#### IV. CONCLUSIONES

Los registros obtenidos de la actividad cerebral en diferentes puntos del cráneo de un paciente demuestran la calidad del

sistema construido ya que la información obtenida concuerda con la reportada por la literatura teniendo en cuenta la ubicación de los electrodos en cada caso y la edad y estado general del individuo.

#### REFERENCIAS

- [1] Schmidt, Robert F. "Fundamentos de Neurofisiología". Alianza Editorial. Madrid 1980, pag 323.
- [2] Low Cost, Low Power Instrumentation Amplifier AD620AN Datasheet, Analog Devices, 1999.
- [3] 4-Channel, 16-Bit, 200 kSPS Data Acquisition System AD974 Datasheet, Analog Devices, 1999.