

# Cancelación de interferencias en la señal de puntos de acupuntura

**Yanexy San Martín Reyes**

Correo electrónico: yanexy@electronica.cujae.edu.cu

**Artículo Original**

**Juan David Chailloux Peguero**

Correo electrónico: juandavid@electronica.cujae.edu.cu

Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cujae, La Habana, Cuba

## Resumen

Este artículo propone la cancelación de interferencias o artefactos mediante el método de Allen para la señal capturada en diferentes puntos de acupuntura (meridiano del intestino pequeño, puntos ID1-ID2 y ID1-ID19). Para ello se consideró que la variable de interés puede ser caracterizada posteriormente a su adquisición mediante la sustracción de las distintas interferencias que puedan coexistir en ella, como son los casos del electrocardiograma o de algún otro artefacto; la bioseñal que se obtendría como resultado de la cancelación, será por tanto la señal de acupuntura o en su defecto otra señal, que desde el punto de vista bioeléctrico pueda ser caracterizada y al mismo tiempo permita establecer una correspondencia a largo plazo de estudio, entre los distintos puntos de acupuntura y las disímiles enfermedades.

Palabras clave: señal de acupuntura, procesado de bioseñal, cancelación de interferencia

Recibido: 27 de marzo del 2012

Aprobado: 28 de abril del 2012

## INTRODUCCIÓN

La acupuntura es uno de los procedimientos terapéuticos más antiguos usado en el mundo [1]. En las últimas décadas se han venido realizando profundas investigaciones en la búsqueda de los orígenes de los puntos de acupuntura y los meridianos, [2-5] así como su relación con los distintos sistemas del organismo. [6]

La validación clínica de la acupuntura está todavía incipiente, [7] concluyéndose que la acupuntura es un método terapéutico moderno en plena evolución, y que en 25 siglos de existencia no solo se ha extendido por el mundo, sino que se enriquece con el surgimiento de nuevos métodos diagnósticos y terapéuticos. [8] Los métodos terapéuticos acupunturales existentes [9] parten de una verdad contrastada: hay zonas del tejido en las que la resistencia al paso de una corriente de baja tensión es menor que en las zonas adyacentes, [10-11] y tales zonas son precisamente aquellas en las que desde hace miles de años la medicina tradicional china situó los puntos de acupuntura para el desarrollo de diversos tratamientos de rehabilitación. El aumento de efectos secundarios, la ausencia de tratamientos curativos para ciertas enfermedades crónicas,

el elevado costo de nuevos fármacos, la aparición de resistencia microbiana y de nuevas enfermedades, son algunas de las razones del renovado interés en el empleo de la medicina alternativa y complementaria. [12]

Actualmente se emplean técnicas de imagen cerebral para entender qué hace la acupuntura, al nivel del cerebro, así como qué características (colocación de las agujas, tipo de estimulación, etc.) son importantes para sus efectos beneficiosos. Un equipo de la división de ciencia y tecnologías de la salud del Harvard-MIT, investiga sobre las medicinas alternativas complementarias y estudia las bases neurológicas de la acupuntura. Sus investigaciones han demostrado que la acupuntura afecta las regiones del cerebro implicadas en los procesos sensoriales y en los procesos cognitivos y emocionales, además de que induce un patrón característico de actividad cerebral. [2]

La literatura reporta que se continúan estudiando las características de los efectos cerebrales de los tratamientos acupunturales, combinando el análisis de imágenes obtenidas por *resonancia magnética nuclear*, *tomografía axial computarizada*, etc., para profundizar en las respuestas a estos estímulos en zonas distantes del cuerpo. [3]

El procesamiento de señales ha ayudado a revelar valiosas informaciones para la predicción de enfermedades, perfeccionamiento de diagnósticos y terapias médicas, de esta forma las investigaciones se han encaminado al análisis de las señales bioeléctricas como son: las de electrocardiograma (ECG), electroencefalograma (EEG) y electromiograma (EMG), entre otras.

Paralelamente se ha descubierto y confirmado que la mayoría de los puntos de acupuntura analizados corresponden a puntos de alta conductancia eléctrica, [13 - 15] con relación a otras localizaciones en la superficie del cuerpo. [4] Además, se mencionan otras propiedades eléctricas relacionadas con los puntos de acupuntura y los meridianos; [15 -18] pero hasta ahora no se reportan evidencias relacionadas con la presencia de una señal bioeléctrica asociada al punto de acupuntura (SA).

Este trabajo está orientado a mostrar la aplicación de un método de cancelación de interferencias (incluyendo artefactos), el cual tiene como resultado de su aplicación la presencia de una señal en el punto de acupuntura, o en su defecto otra señal que desde el punto de vista bioeléctrico permita cuantificar e identificar algunos parámetros, y a su vez, establecer una correspondencia a largo plazo de estudio, entre los puntos de acupuntura y las disímiles enfermedades o anomalías energéticas corporales (según la filosofía oriental).

Para las mediciones se tuvieron en cuenta varios puntos de acupuntura, los cuales se muestran en la figura 1, pertenecientes al meridiano intestino delgado (ID).

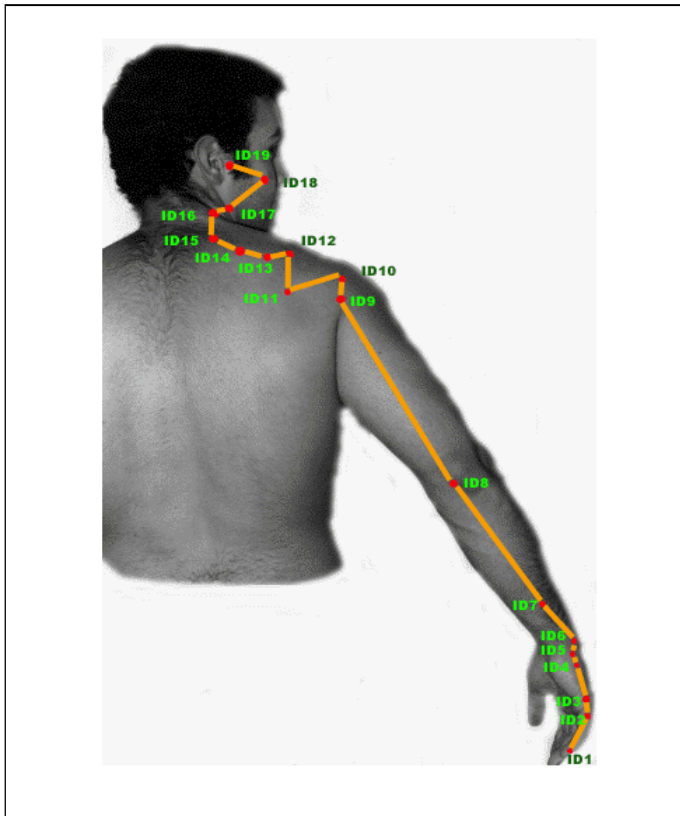


Fig. 1. Localización de los puntos acupunturales que conforman el meridiano intestino delgado.

Este meridiano comienza en el ángulo ungual interno del meñique (ID 1), y finaliza en el oído (ID 19). [19 -21] Se seleccionó este meridiano debido a que los puntos de acupuntura a los cuales se les realizó la medición, se hicieron coincidir con algunos de los puntos estudiados, [15] en los cuales al captar sus valores de resistencia y compararlos con los de la piel circundante, reflejaron una menor resistencia eléctrica de la piel en los sujetos en estudio, dichos puntos además, no presentan una localización compleja. Es importante destacar que los estudios clásicos sobre el tema tienden a limitar las mediciones para las extremidades superiores y las manos; [5] por otro lado, los puntos seleccionados para este estudio ID1-ID2 e ID1-ID19 no se hallan localizados sobre glándulas sudoríparas, las que podrían provocar un cambio en la lectura de los instrumentos de medición y esto repercutiría en una localización errónea de dichos puntos sobre el meridiano. [5]

## MATERIALES Y MÉTODOS

La presencia de ruido, interferencias o artefactos en el registro de bioseñales es un hecho prácticamente inevitable. Estos elementos deben ser aislados y minimizados para que las siguientes fases de tratamiento de la señal ofrezcan resultados con precisión satisfactoria. [22] Cada uno de estos elementos se puede estudiar por separado. Así, la señal adquirida podrá ser representada como la combinación de todos estos elementos, de la forma descrita en la ecuación (1):

$$y[n] = x[n] + r[n] + b[n] \quad (1)$$

Donde  $y[n]$  representa la señal discreta adquirida;  $x[n]$  la señal de electroacupuntura real captada por el sistema de adquisición y acondicionamiento de la señal en los puntos seleccionados del meridiano,  $r[n]$  el ruido en general incluyendo algunos artefactos y la interferencia de la red eléctrica y  $b[n]$  las variaciones de la línea de base. En todos los casos  $n$  representa el índice temporal discreto. Uno de los objetivos de los algoritmos de procesamiento es reducir al máximo  $r[n]$  y  $b[n]$  para que la señal obtenida  $y[n]$  sea lo más parecida a la señal real  $x[n]$ . [23]

Existen diferentes métodos de cancelación de ruidos en dependencia de las características y las condiciones de adquisición de la señal. Estos métodos pueden variar desde el filtrado de la señal en tiempo real, el apantallamiento de los distintos elementos del sistema, hasta las técnicas de relajación del paciente, pudiendo aplicarse simultáneamente al tratamiento.

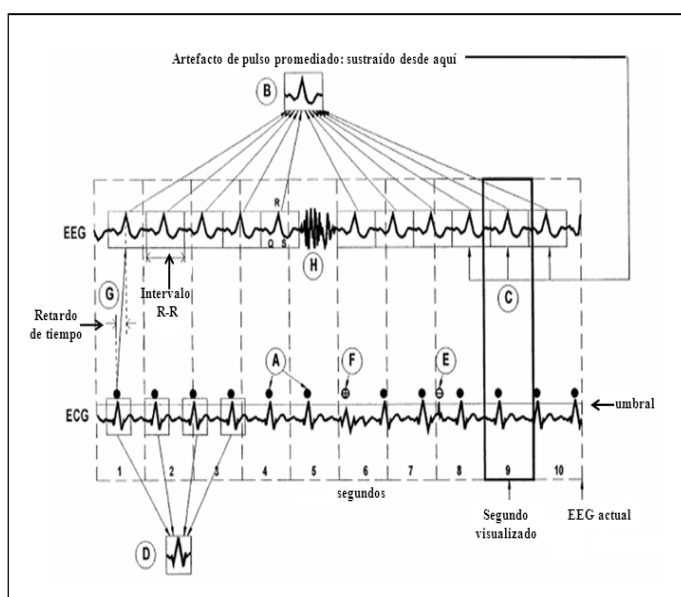
### Método de Allen

Este es un método de cancelación de artefacto de pulso estandarizado, [24] que consiste en la sustracción del artefacto de pulso (PA) con relación a la señal obtenida a través del punto de acupuntura. Se ha seleccionado dicho método debido a la efectividad que presenta ante la atenuación de la señal interferente de ECG en la captación de señales

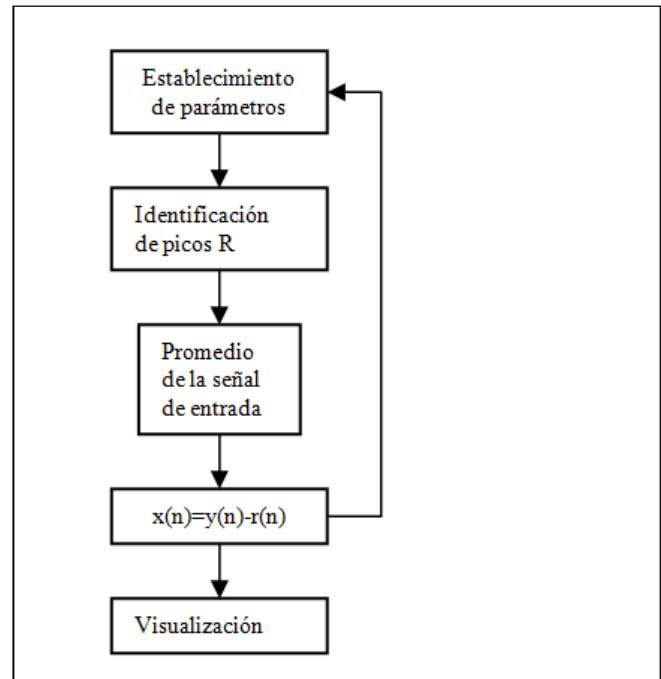
electroencefalográficas, las cuales, en comparación con la señal representativa de la actividad cardíaca, presentan muy bajos valores de amplitud. Los biopotenciales en los puntos de acupuntura seleccionados para el estudio manifiestan niveles de amplitud en el orden de 0,2 mV pico a pico.

La figura 2 muestra el procedimiento donde en A) es detectado un pico de ECG correspondiente al complejo QRS, este pico debe ser un punto de derivada igual a cero por encima de un umbral preestablecido. Este umbral se adoptó teniendo en cuenta una cota de valor medio entre 5 picos para valores máximos y mínimos, en todas las secciones dentro de la ventana de 10 s. [24] B) Es calculada mediante promediación sincrónica con el ECG y la forma de onda del (PA). En C) la señal promediada de (PA) es sustraída de la señal de acupuntura (SA) en los intervalos de tiempos correspondientes a los picos de ECG más el tiempo de demora. D) Para confirmar que el pico de ECG detectado corresponde a un complejo QRS, la forma de onda promedio es calculada de los primeros 4 picos de ECG detectados, el criterio seguido con relación a tomar los primeros 4 picos se corresponde con el empleado en [24]. Esta forma de onda es entonces correlacionada con la forma de onda del ECG en cada pico detectado. E) Los picos de ECG correspondientes al ruido en la señal de ECG son rechazados debido a su bajo coeficiente de correlación [24] con la forma de onda calculada en D). F) Los complejos QRS que no son detectados son añadidos a un intervalo de tiempo del valor medio del intervalo R - R, del pico verdadero de ECG más cercano. G) El (PA) ocurre en la (SA) un intervalo de tiempo después de registrado el complejo QRS en el ECG. H) Si la sección de la (SA) sincronizada con un pico de ECG contiene otro tipo de artefacto, entonces esta sección es rechazada y no se incluye en el cálculo del promedio de la forma de onda del (PA).

Este método de sustracción fue implementado mediante el empleo del software MatLab 6.5.



**Fig. 2. Esquema del algoritmo de sustracción de PA (método de Allen). Fuente: Adaptado a partir de [24].**



**Fig. 3. Implementación algorítmica del método de Allen para la cancelación de artefactos de la señal obtenida en puntos de acupuntura.**

Algorítmicamente quedaría representado mediante la figura 3.

La ventana de promediación de 10 s fue escogida de este modo para lograr la suficiente efectividad para separar el PA de la SA limpia y tener la suficiente rapidez para seguir los cambios en la forma de onda del artefacto.

El ECG de referencia puede estar contaminado con algún otro tipo de artefacto. Debido a esto, la señal del ECG será sometida a un filtro de promediación de ventana móvil de coeficiente 3, en aras de atenuar los picos de alta frecuencia que pudieran estar presentes. A continuación se le aplica un filtro FIR pasa-alto de coeficiente 25 y de frecuencia de corte 20Hz, que servirá para atenuar los cambios en la línea de base del ECG.

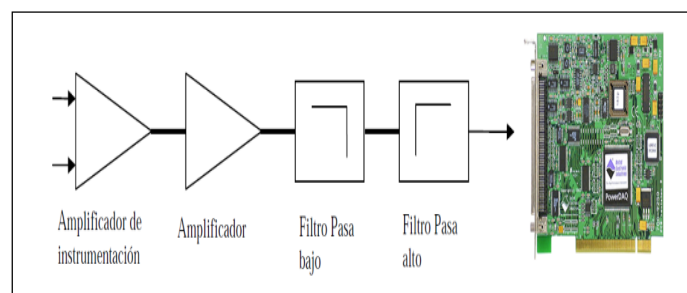
## RESULTADOS

La señal fue adquirida con un sistema para la detección, captura y estimulación en puntos de acupuntura. Este sistema está confeccionado por elementos de hardware: una tarjeta de adquisición PDL-MF-16-50/16, del fabricante PowerDAQ [25] y una tarjeta de acondicionamiento, el esquema se muestra en la figura 4.

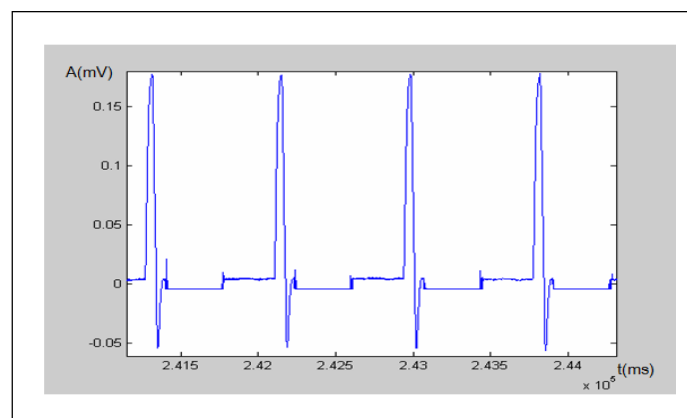
En el análisis del error se tuvo en cuenta la componente digital y la componente analógica. De acuerdo con las características técnicas de la tarjeta el error digital es despreciable frente al aporte de la etapa analógica, estando esta última circunscrita a la tarjeta de acondicionamiento para la captura de la señal contando a su vez de dos componentes fundamentales que son los componentes

activos (TL074, AD620, BC107B) y los pasivos (resistores y capacitores) garantizando que el error total de la etapa analógica no sobrepase el 5 %.

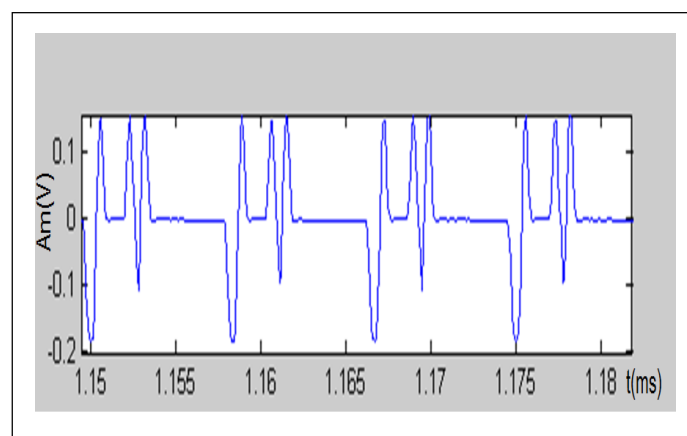
Se obtuvieron 45 registros en total de tres sujetos voluntarios, dos hombres de 23 años, y una mujer de 31 años. En las figuras 5 y 6 se ilustran las formas de onda más representativas (asociadas a la paciente mujer), en el momento de realizar las mediciones todos los sujetos con estudio se encontraban sentados y con el brazo derecho relajado sobre una superficie horizontal y sin afecciones clínicas notables; la medición se realizó a una temperatura ambiente promedio de 28°C, en horario del medio día (1:00 pm).



**Fig. 4. Esquema de la etapa acondicionadora y su conexión a la tarjeta de adquisición PDL-MF-16-50/16.**

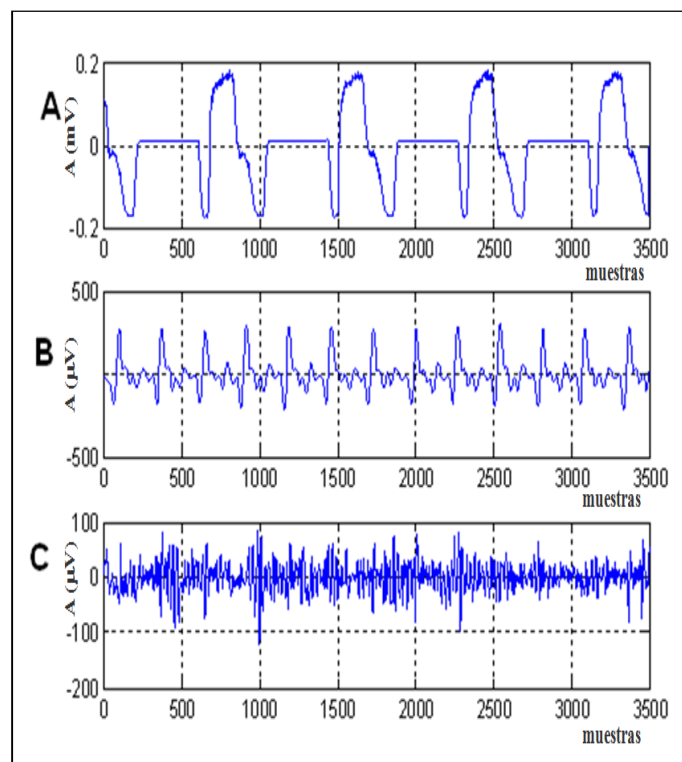


**Fig. 5. SA adquirida entre los puntos ID1-ID2 (sin procesar).**



**Fig. 6. SA obtenida entre los puntos ID1-ID19 (sin procesar).**

Para las mediciones se empleó un registro de SA en un punto de acupuntura correspondiente al meridiano (ID) de cada paciente supuestamente sano y su respectiva señal de ECG (derivación 2) tomada previamente, para la eliminación del PA. La figura 7 muestra los resultados del procesamiento de la señal (tomada a la paciente en estudio) mediante el método de Allen.



**Fig. 7. Característica de amplitud contra número de muestras de la señal obtenida entre los puntos ID1-ID2. A) Señal de acupuntura; B) PA promediado sincrónicamente del ECG; C) Señal de acupuntura después del procesamiento.**

En la implementación del método se tratan de validar los picos de ECG detectados, mediante la determinación de su coeficiente de correlación con la señal resultante de la promediación centrada en el punto  $R \pm 0,25s$  de los cuatro primeros picos. [24] El problema se centra fundamentalmente en que los cuatro primeros picos no son validados y son detectados a partir de su orden de aparición, manteniéndose entre ellos los debidos intervalos de tiempo. Esta debilidad del método, podría implicar el rechazo de picos verdaderos y la aceptación de picos falsos, posibilitando así la introducción de más artefactos en la SA.

Una solución a este problema sería la validación de los cuatro primeros picos, a partir de contrastarlos con una forma de onda modelo de un ECG, adquirido en un medio estéril (libre de cualquier tipo de artefacto). La forma de onda modelo de un ECG podría obtenerse mediante la adquisición de registros ECG en pacientes sanos, pertenecientes a una muestra considerable y que cumplan con poseer prácticamente la misma forma de onda asociada al complejo PQRST (derivación 2), de modo que se podría obtener un



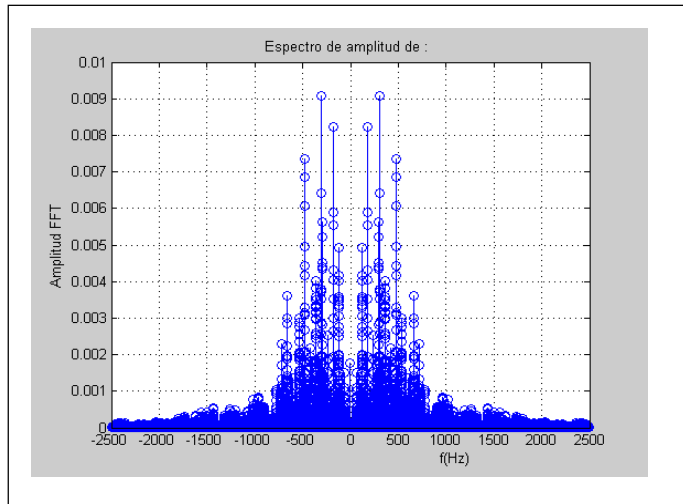
modelo de forma de onda a partir de hallar la media entre todos ellos.

Para probar la efectividad del algoritmo de substracción, se determinó el espectro de frecuencia de la señal obtenida a través del punto de acupuntura, con y sin substracción del PA.

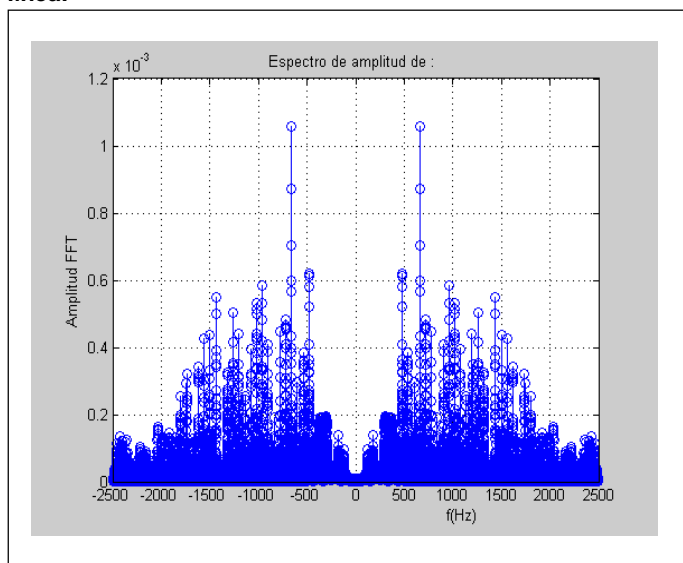
Posteriormente se implementaron funciones para el filtrado del artefacto de línea y de las variaciones de la línea de base, donde primeramente se hizo pasar la señal original por dos filtros de promediación de ventana deslizante de orden 3 y después por un filtro adaptativo Notch con algoritmo de corrección nLMS (Normalized Least Mean Squared).

Se obtuvo además el espectro de frecuencia de la señal obtenida a través del punto de acupuntura (figuras 8 y 9).

Se evidencia el papel del filtrado nLMS en la atenuación del artefacto de línea de 60Hz y sus armónicos.



**Fig. 8.** Espectro de frecuencia de la señal obtenida a través del punto de acupuntura antes del filtrado de artefacto de línea.



**Fig. 9.** Espectro de frecuencia de la señal obtenida a través del punto de acupuntura después del filtrado del artefacto de línea.

## CONCLUSIONES

El presente estudio intenta dar un paso en el campo del procesamiento de una señal biomédica (SA) a partir de soportarse en un método basado en el promediado de latidos, aún considerando que la muestra es pequeña, y que solo se tomaron registros de extremidades superiores y en individuos (supuestamente sanos) saludables. Estudios futuros suponen la posibilidad de ampliar estas medidas bioeléctricas a un mayor número de sujetos, extender las mediciones de otros puntos de acupuntura y meridianos en otros sitios del cuerpo (extremidades inferiores, tronco, y oído), así como a diversas condiciones clínicas.

Las experiencias obtenidas mediante la implementación y posterior utilización del método de Allen muestran que es un método efectivo para la eliminación de PA considerando que la señal de ECG que se tome de referencia presente una buena relación señal - ruido, de modo que permita realizar una detección de los picos con mayor exactitud. En aras de aumentar aún más la efectividad en la eliminación de PA, se le podrían implementar correcciones al método agregándole una etapa adicional de filtrado.

## REFERENCIAS

1. **WHITE A., Ernest.** "A Brief History of Acupuncture". *Rheumatology*, 2004, vol.43, pp.662-663.
2. **LEWITH GEORGE, T.; WHITE PETER, J. and JEREMIE, Pariente.** "Investigating Acupuncture Using Brain Imaging Techniques: The Current State of Play", *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine (eCAM) (Harvard-MIT)*, 2005, núm. 2, pp.315-319.
3. **IEEE Engineering in Medicine and Biology: Evaluating the Alternative Bioengineering for Complementary and Alternative Medicine.** IEEE Engineering in Medicine and Biology. 2005, vol. 24, núm. 2. New York: IEEE Engineering in Medicine and Biology, 2012. ISSN 1523-9829.
4. **C. AHN, Andrew and G. MARTINSEN, Orjan.** "Electrical Characterization of Acupuncture Points: Technical Issues and Challenges". *J Altern Complement Med*, October 2007, vol.13, núm. 8, pp.817-824.
5. **C. AHN, Andrew et al.** "Electrical Properties of Acupuncture Points and Meridians: a Systematic Review". *Bioelectromagnetics*, 2008, núm. 29, pp.245-256.
6. **RASSI PICHARDO, Juana M. y DELGADO ÁLVAREZ, Eduardo.** "BIMET: una nueva tecnología en la Medicina Bioenergética". En: *Memorias II Congreso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica* (Habana 23 - 25 de Mayo de 2001), artículo 00107. La Habana, Cuba. Sociedad Cubana de Bioingeniería, 950-7132-57-5.
7. **WITRE PADILLA, Omar.** "La acupuntura: un método médico contemporáneo". *Croizatia*, 2005, núm.6, pp. 7-22.
8. **RASSI PICHARDO, Juana M.; DELGADO ÁLVAREZ, Eduardo; ROIG RASSI, Alina et al.** "Teoría solitónica

- de la Acupuntura Sistema Bimet". *Esculapio*, 2007, núm.3, p. 4.
9. **GIEBEL, Jürgen**. "Mecanotransducción y transducción de señales a través del tejido conjuntivo". *Revista Internacional de Acupuntura*, 2008, vol.2, núm.1, p. 6.
  10. **MARTÍNEZ DOMÍNGUEZ, Yenier y GUTIÉRREZ APORELA, Marcel A.** "Equipo para tratamiento por cromoterapia y detector de punto de acupuntura". Director: Antonio E. Díaz, Rubén Herrera Rodríguez. Tesis de Grado, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cujae, La Habana, 2009.
  11. **VALLE CASAS, Omar**. "Instrumento indicador analógico de resistencia y temperatura de la piel para puntos de acupuntura". Director: Antonio E. Díaz y Rubén Herrera Rodríguez. Tesis de Grado, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cujae, La Habana, 2007.
  12. **SAN MARTÍN REYES, Yanexy y ÁLVAREZ FALCÓN, Leovaldo**. "Métodos de cancelación de artefactos para la señal de puntos de acupuntura". Director: Emiliano Alba Blanco. Tesis de Grado, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cujae, La Habana, 2007.
  13. **REICHMANIS, Maria and BECKER, Robert O.** "Physiological Effects of Stimulation at Acupuncture Loci: A Review". *Comp Med East West*, 1978, núm. 6, pp.67-73. PubMed: 710080.
  14. **REICHMANIS, Maria; ANDREW, Marino A. and BECKER, Robert O.** "Electrical Correlates of Acupuncture Points". *IEEE Trans Biomed Eng*, 1975, núm. 22, pp.533-535. PubMed: 1184029.
  15. **HYVARINEN, J. and KARLSSON, M.** "Low-Resistance skin Points that May Coincide with Acupuncture Loci". *Med Biol*, 1977, núm. 55, pp.88-94. PubMed: 865155.
  16. **BROWN, M. L.; ULETT, G. A. and STERN, J A.** "Acupuncture Loci: Techniques For Location". *Am J Chin Med*, 1974, núm. 1, pp.67-74. PubMed: 4812065.
  17. **IONESCU TIRGOVISTE, C. and PRUNA, S.** "Electroacupunctogram: A New Recording Technique of the Acupoint Potentials". *Med Interne*, 1987, núm. 25, pp.67-76. PubMed: 3589449.
  18. **ZHU, Z. X.** "Research Advances in the Electrical Specificity of Meridians and Acupuncture Points". *Am J Acupunct*, 1981, núm. 9, pp.203-216.
  19. **FOCKS, C.** *Atlas de acupuntura*. 2ª ed. Elsevier-Masson, 2009. 740 pp. ISBN 9788445819357.
  20. **DOVALE BORJAS, Caridad y ROSELL PUIG, Washington**. *Elementos básicos de medicina bioenergética*. La Habana: Ciencias Médicas, 2001. 30 pp. ISBN 959-7132-75-3.
  21. **PARGAS TORRES, Feridia**. *Enfermería en la Medicina Tradicional y Natural*. La Habana: ECIMED - Ciencias Médicas, 2005. 168 pp. ISBN 959-212-168-0.
  22. **CARRIÓN, P.; RIETA, J. y RÓDENAS, J.** *Procesado de Señales Biomédicas*. Cuenca: Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha, 2007, 208 pp. ISBN 978-84-8427-541-1.
  23. **MICÓ, Pau**. "Estudio de métodos para procesamiento y agrupación de señales electrocardiográficas". Director: David Cuesta Frau. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, España, 2005.
  24. **PHILIP J., Allen; GIOVANNI, Polizzi; KARSTEN, Krakow et al.** "Identification of EEG Events in the MR Scanner: The Problem of Pulse Artifact and a Method for Its Subtraction". *Neuroimage*, 1998 vol. 8, pp. 229 - 239.
  25. **PowerDAQ User Manual**, 6ª ed, (PN: PDAQ-MAN-MFX Rev. 6.0.1), pp. 1-178, United Electronic Industries, Inc., USA, June, 2010.

## AUTORES

### Yanexy San Martín Reyes

Ingeniera en Telecomunicaciones y Electrónica, Profesora Asistente, Departamento de Bioingeniería, CEBIO, Facultad de Ingeniería Eléctrica, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cujae, La Habana, Cuba

### Juan David Chailloux Peguero

Ingeniero en Automática, Máster en Sistemas Digitales, Instructor, Departamento de Bioingeniería, CEBIO, Facultad de Ingeniería Eléctrica, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cujae, La Habana, Cuba

## Canceling Interference in Acupuncture Points Signal

### Abstract

The present paper propose the cancellation of interference or artifacts by the method of Allen in signals captured in different acupuncture points (Small Intestine Meridian, points ID1-ID2 and ID1-ID19). It is considered that the biosignal under study should be able to be characterized after its acquisition by subtracting the different interference variables that may coexist in the measurement zone, as it is in the case of ECG or any other artifact. The biosignal obtained as a result of the cancellation will be the acupuncture signal or from its imperfection another wave can be obtained as from a bioelectrical point of view such imperfection can be characterized and at the same time can be useful to establish a long-term correspondence between the behavior of the signals on various acupuncture points and different diseases.

Key words: acupuncture signal, biosignal processing, interference canceling