

## ECGEstudio: Herramienta para el diagnóstico de enfermedades cardiovasculares

### ECGEstudio: Tool for the diagnosis of cardiovascular diseases

Lic. Lourdes Garrido Martínez,<sup>I</sup> Dr. René Iván González Fernández<sup>II</sup>

<sup>I</sup> Empresa Nacional de Software, DESOFT. Calle 24 entre 23 y 25, Plaza de la Revolución, La Habana, Cuba, CP: 10400. E-mail: [lourdes.garrido@hab.desoft.cu](mailto:lourdes.garrido@hab.desoft.cu)

<sup>II</sup> Empresa de Tecnología Médica Digital ICID. Calle 202 No. 1704 entre 17 y 19, Playa, La Habana, Cuba, CP: 11300. E-mail: [rigonzalez@icid.cu](mailto:rigonzalez@icid.cu)

---

#### RESUMEN

El objetivo del siguiente trabajo es exponer el diseño y las principales características de un sistema desarrollado para el análisis del ECG de reposo. Este está compuesto por: un módulo que adquiere el ECG y lo transmite vía USB, una computadora personal y una aplicación desarrollada sobre la tecnología .NET. Se realizan estudios de tendencia, no encontrados en los electrocardiogramas tradicionales, para analizar la evolución de la Hipertrofia Ventricular, la tendencia a la Muerte Súbita y la recuperación posterior a un infarto cardiaco. Para el diseño del sistema, se siguió una estructura por capas con niveles de abstracción que faciliten su mantenimiento y actualización. Microsoft Visual Studio 2010 fue el entorno de desarrollo y SQL Server Compact el gestor de base de datos. El sistema fue evaluado con señales simuladas y provenientes de voluntarios con frecuencias cardíacas entre 30 y 240 latidos por minutos, obteniéndose una sensibilidad superior al 99 % en la detección de complejos QRS.

**Palabras Clave:** ECG, diagnóstico, índice de Sokolow, score de selvester, dispersión espacial del intervalo QT.

---

#### ABSTRACT

The aim of this paper is to discuss the main features of a system developed for the resting ECG analysis. The proposed system is composed of an electronic ECG module for signal acquisition and transmission via USB, a personal computer and a

Windows application developed on .NET technology. Trend studies, based on several ECGs from a patient, are made to analyze the evolution of ventricular hypertrophy, the propensity to sudden death and the recovering degree after suffering a heart attack; this kind of study is not available in traditional electrocardiographs. The proposed was designed as a layered structure with levels of abstraction to facilitate their continued maintenance and updating. Microsoft Visual Studio 2010 was selected as the development environment and SQL Server Compact as the database manager. The system was tested with simulated ECGs and signals from volunteers with heart rates between 30 and 240 beats per minute, giving sensitivity in QRS complex detection over 99 %.

**Key words:** ECG, prognosis, Sokolow index, score selvester, space infarction QT dispersion.

---

## INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud plantea que mueren cada año más personas por enfermedades cardiovasculares (ECV) que por cualquier otra y se pronostica que en el 2030 morirán alrededor de 23,3 millones, manteniéndose las ECV como principal causa de muerte.<sup>1-2</sup> Por este motivo, es muy importante el uso y continuo perfeccionamiento de técnicas no invasivas para el diagnóstico y prevención de dichas enfermedades, siendo el electrocardiograma (ECG) de 12 derivaciones una de ellas.

El ECG es una representación gráfica de la actividad eléctrica del corazón.<sup>3</sup> La interpretación del mismo permite identificar y medir las ondas, los segmentos y los intervalos de la señal, con el fin de llegar a un diagnóstico de enfermedades.<sup>4</sup>

En Electrocardiografía, factores externos como el estrés, el cansancio y otros pueden propiciar eventos aislados que modifican los parámetros del ECG. Resulta de gran importancia tener la posibilidad de hacer un seguimiento de los pacientes con el fin de observar la tendencia de dichos parámetros y arribar a conclusiones.

Teniendo en cuenta lo anterior, el objetivo principal de este trabajo consistió en desarrollar un sistema informático que permita el análisis detallado del ECG y presente la tendencia a través del tiempo, de los parámetros: Índice de Sokolow, Score de Selvester y Dispersión espacial del intervalo QT. El sistema aportará nuevas herramientas, más allá de las tradicionales, que ayudan al especialista en el pronóstico y seguimiento de las enfermedades cardiacas: Hipertrofia Ventricular, Infarto Cardíaco y Muerte Súbita, partiendo de los datos suministrados por el SysECG.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En la presente investigación están involucrados varios elementos: computadora personal, aplicación de software, módulo para la adquisición de la señal electrocardiográfica (SysECG), cable con electrodos y paciente, véase figura 1.



**Fig. 1.** Elementos involucrados en la ejecución del sistema.

La comunicación entre los dos elementos de hardware se realiza por medio de un puerto serie RS232 o un puerto USB, dependiendo de la versión del equipo utilizada. El SysECG es el encargado de obtener la señal electrofisiológica que proviene del paciente, convertirla en digital y transmitirla a la computadora<sup>5</sup> donde será recibida y procesada por la aplicación de software, objeto del presente trabajo.

Para comenzar el proceso de diseño de la aplicación, fue necesario realizar un completo análisis de los requerimientos, con el objetivo de definir los requisitos funcionales, seleccionar las tecnologías adecuadas para la implementación y concebir la arquitectura de la propuesta. Los requisitos funcionales que rigieron la implementación y establecieron el comportamiento del sistema son:

- Comunicación con el módulo SysECG para obtener la información.
- Filtrado digital de la señal para atenuar la presencia de ruidos e interferencias.
- Funcionalidades de Monitorización encaminadas a facilitar la observación visual del ECG en tiempo real (información: el ECG en diferentes formatos, valor de la frecuencia cardíaca (FC), símbolo sincronizado con la aparición del complejo QRS y los parámetros de registro).
- Detección de complejos QRS en tiempo real para garantizar que el sistema sea capaz de mostrar la frecuencia cardíaca al mismo tiempo que se adquiere el ECG. De esta forma se le facilita, a los especialistas, la observación de la evolución de un paciente durante períodos prolongados.
- Análisis del ECG con el objetivo de la identificar y medir de todos los eventos electrocardiográficos presentes en el ECG adquirido.
- Almacenamiento del ECG y los datos generales del paciente para su posterior estudio. Para ello, el sistema incluye el diseño de una base de datos relacional.
- Estudios de la tendencia de los parámetros siguientes: la Dispersión Espacial del Intervalo QT, el Índice de Sokolow y el Score de Selvester.

- Reportes impresos para facilitar la documentación de los casos analizados y el intercambio entre especialistas.
- Herramientas para la transmisión de estudios a otros especialistas a través de correo, con el fin de poder contar con otros criterios ante casos complicados. Adicionalmente se supervisan los correos relacionados con el sistema que arriban a la cuenta del usuario activo.
- Configuración de un conjunto de parámetros y variables del sistema con el fin de que se autoajuste a los requerimientos o hábitos de cada operador.
- Sistema de seguridad basado en roles para garantizar el acceso restringido a las funciones del sistema.
- Instalador y Manual de Usuario con el fin de facilitar el uso del sistema.

Para poder cumplir con el objetivo del trabajo que se expone, fue necesario realizar una revisión bibliográfica, con vistas a determinar el estado del arte sobre aplicaciones que se comunican con equipos de Electrocardiografía. En este proceso se hizo énfasis en los temas de visualización, procesamiento y almacenamiento de señales, procurando ubicar las características de mayor importancia.

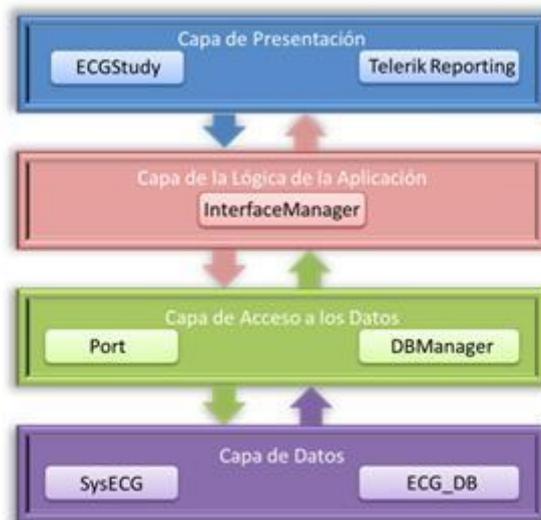
Una característica de interés es la utilización de la arquitectura multicapa,<sup>6</sup> donde cada capa resuelve un nivel de abstracción, para recibir y dar servicios a la siguiente capa, lográndose con esto la separación de presentación, procesamiento y datos. Por otra parte, se impone la programación orientada a objetos y en un nivel superior, la programación orientada a componentes,<sup>7,8,9</sup> utilizándose las clases abstractas para definir ideas generales que posteriormente se implementarán en clases concretas.

En función de lo anterior y teniendo en cuenta lo requerimientos del sistema, se decidió utilizar .NET Framework 4.0 como plataforma, Microsoft Visual Estudio 2010 como entorno de desarrollo, C# como lenguaje de implementación y SQL Server Compact como Sistema de Gestión de Base de Datos. Además se incluyó la colección de controles de *Telerik Reporting* y de *Telerik RadControls* para *Windows Form* con el propósito de implementar una aplicación más amigable debido a la fresca y modernidad de los controles que brinda.

El marco de trabajo seleccionado, desde el punto de vista de programación, ofrece recursos que hacen versátil la solución, con la posibilidad de delimitar bien los diferentes niveles de abstracción, aportan productividad en el desarrollo rápido de aplicaciones, además de proporcionar un modelo consistente de programación orientado a objeto.<sup>10,11,12</sup> Todo esto, unido a la portabilidad que aporta el Framework<sup>13</sup> y al hecho de que las aplicaciones pueden ser desplegadas en una amplia variedad de dispositivos<sup>13,14</sup> justifica la elección.

### **Arquitectura del sistema**

Para la implementación de la aplicación de software se diseñó una arquitectura en capas, la cual garantiza un enfoque con diferentes niveles de abstracción. Cada capa proporciona servicios a la capa inmediatamente superior y se sirve de las prestaciones que le brinda la inmediata inferior, véase figura 2.



**Fig. 2.** Vista lógica de la arquitectura en capas propuesta.

Este tipo de arquitectura, posibilita la división del problema en partes bien definidas, permitiendo la optimización y reutilización del código. La principal ventaja de la misma es garantizar que si existe algún cambio en una de las capas, no se afecten las demás, por lo que se le asignaron responsabilidades precisas a cada una de ellas.

En la *Capa de Datos* se encuentran los datos que maneja la aplicación y está compuesta por el *SysECG*, equipo que obtiene la información que proviene del paciente y *ECG\_DB*, conjunto de tablas y relaciones que permiten el almacenamiento de la información recolectada y procesada.

Por otra parte, la *Capa de Acceso a los Datos* da soporte a las funcionalidades de la Capa de la Lógica de la Aplicación y su fuente de datos proviene de la capa anterior, está compuesta por *Port*, módulo encargado de recibir la información enviada por el *SysECG* y *Manager*, módulo encargado de manejar la información almacenada en el *ECG\_DB*.

La *Capa de la Lógica de la Aplicación* por su parte, maneja todas las operaciones sobre la información obtenida por la Capa de acceso a Datos y a su vez brinda a la Capa de Presentación todos los servicios que garantizan su funcionamiento. En ella se encuentra implementada la lógica de la aplicación y está compuesta por *InterfaceManager*, módulo encargado de obtener la información recolectada por *Port* y procesarla en función de la aplicación. Por otra parte, interactúa con el *Manager* con el fin de manejar la información que navega por el sistema.

La *Capa de Presentación* permite la interacción entre el usuario y la aplicación. Está representada por una interfaz gráfica donde se captan las acciones del usuario, se validan los datos introducidos y se muestran los resultados.

### **Diseño de la aplicación**

Dicha aplicación está dividida en varios módulos a través de los cuales fluye y se procesa la información, véase figura 3.

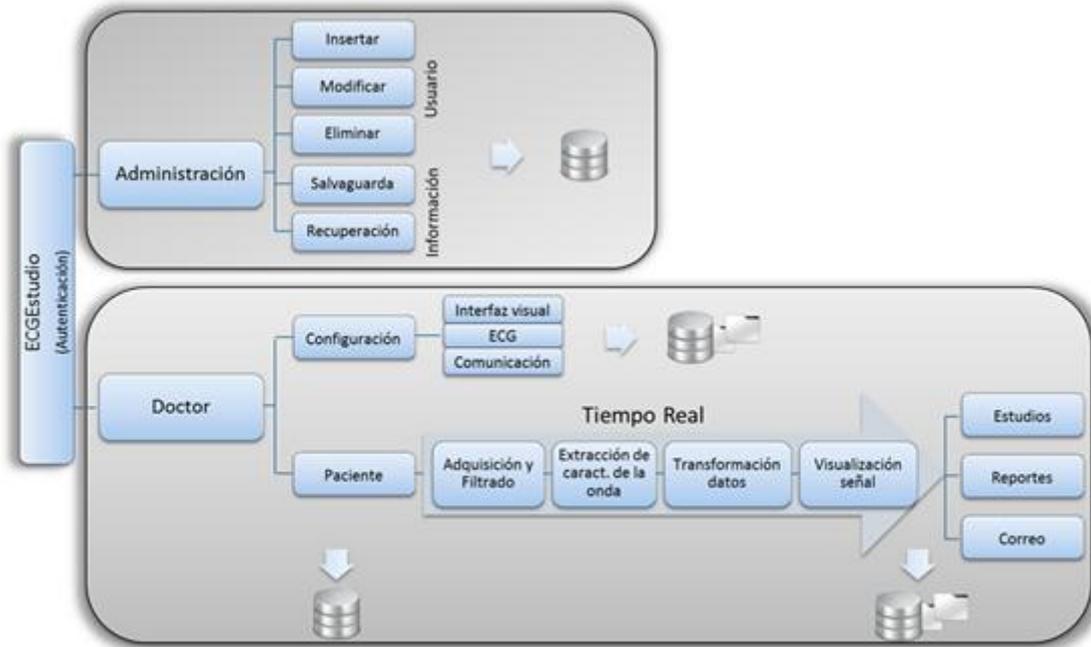


Fig. 3. Diagrama General del sistema.

*ECGEstudio* conforma el formulario principal. Desde él se podrá acceder a todas las posibilidades del sistema teniendo en cuenta el rol que desempeña el usuario (Administrador o Doctor). Para satisfacer sus funcionalidades se definió un conjunto de clases donde cada una representa una entidad bien definida, véase figura 4.

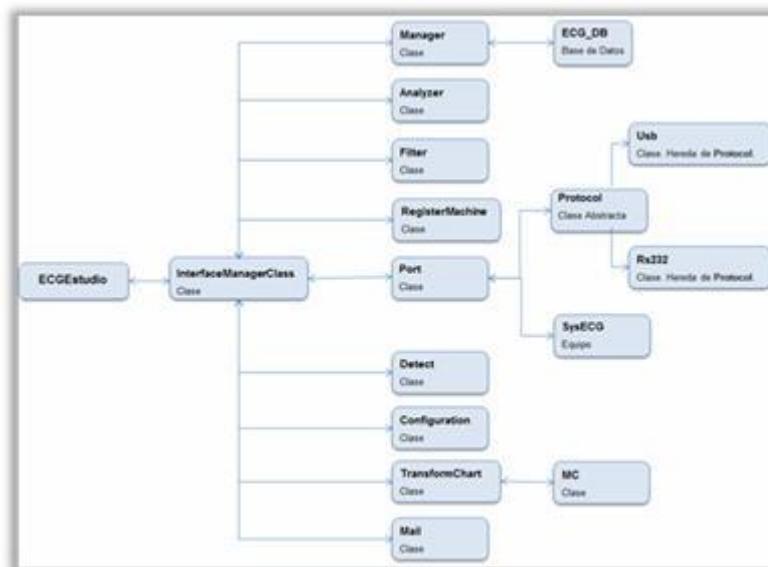


Fig. 4. Diseño de clases.

El *ECGEstudio* solicita la información que necesita al *InterfaceManager*, el cual se encarga de interactuar con el resto de las clases. A continuación se muestra el desempeño de cada una de ellas:

- *Manager*: Maneja la información que se encuentra en la base de datos.
- *Analyzer*: Realiza un conjunto de mediciones de los últimos 10 segundos del ECG con el objetivo de obtener la información necesaria para la realización de los estudios.
- *Filter*: Filtra la señal del ECG con el fin de eliminar el ruido presente en ella y así evitar la interpretación errónea de los datos. Para ello, se utilizó un filtro digital pasabanda propuesto por Ligtenberg<sup>15</sup> e implementado para aplicaciones de tiempo real por especialistas del ICID.<sup>16</sup>
- *RegisterMachine*: Manipula información que se guarda en el registro de Windows.
- *Port*: Se comunica con el equipo SysECG.
- *Detect*: Detecta los complejos QRS y calcula la frecuencia cardíaca cada 15 segundos. Para la detección de los QRS se utilizó el algoritmo del Cálculo de la Función de Velocidad Espacial (FVE).<sup>17</sup>
- *Configuration*: Maneja la configuración del sistema.
- *TransformChart*: Transforma los gráficos (señales o estudios). Contiene la clase MC que se encarga de hallar la función de los mínimos cuadrados<sup>18</sup> dado un conjunto de puntos.
- *Mail*: Implementa todos los métodos necesarios para el envío y recepción de correos electrónicos.

Además de lo expuesto anteriormente, para lograr el funcionamiento del sistema y una visualización eficiente de los datos transmitidos por el equipo, fue necesario utilizar diversos mecanismos que proporciona el .Net Framework, tales como:

- Programación Paralela.
- Gestión de Base de datos.
- Manejo de puertos.
- Control Chart.
- Serialización de información.
- Manipulación del registro de Windows.
- Automatización de componentes del Microsoft Office.

Otro aspecto importante que hay que destacar es que para establecer la comunicación con el SysECG se implementaron 2 protocolos de comunicación: USB y RS232. Para lograr esto se implementó la clase Port y la clase abstracta Protocol. La clase Port es la encargada de establecer la comunicación con el SysECG por medio de los métodos y propiedades que ofrece el módulo SerialPort de .NET Framework. La clase abstracta Protocol define de manera genérica un conjunto de métodos que especifican el funcionamiento del protocolo de comunicación. Con este diseño se garantiza que el ECGEstudio esté preparado para asumir cualquiera de los dos protocolos implementados, así como da la posibilidad de agregar en el futuro otras vías de comunicación, sin necesidad de hacer cambios en la implementación.

### **Estudios Cardíacos**

En la actualidad los sistemas relacionados con la electrocardiografía han incrementado la exactitud y precisión de las mediciones realizadas al ECG.<sup>4</sup> Debido a esto, se pueden implementar mejores herramientas que apoyen al personal médico. Teniendo en cuenta lo anterior, el sistema que nos ocupa se centra en brindar tres estudios que ayudan al médico en el diagnóstico y seguimiento de distintas enfermedades siendo esto, según el criterio de los autores, la principal novedad del trabajo realizado.

1. *Score de Selvester*: Se utiliza para el diagnóstico y seguimiento del Infarto del Miocardio. A partir de los datos del ECG se puede estimar el tamaño del área infartada. Dicha área es proporcional a una puntuación basada en la amplitud de las

ondas Q y R del complejo QRS. Este sistema de puntuación es proporcional al área del miocardio que fue afectada e incluye 54 criterios que aportan 32 puntos en total.<sup>19</sup> Con el fin apoyar al especialista en el diagnóstico y seguimiento de esta patología el sistema brinda las herramientas siguientes:

- Visualización del ciclo estable de cada derivación del estudio seleccionado. En cada señal se marca el inicio y fin del complejo QRS, véase figura 5-1.
- Visualización de las condiciones planteadas por Selvester del estudio seleccionado, véase figura 5-2.
- Tabla con las amplitudes y duraciones de las ondas Q, R, S, Rp en las doce derivaciones del estudio seleccionado, véase figura 5-3.
- Gráfico con los valores del Score de Selvester para todos los estudios que se le han realizado al paciente. El valor correspondiente al estudio seleccionado es identificado con un color diferente al resto. Este gráfico contiene además, la representación de la tendencia de los valores de los Score de Selvester, la cual es calculada a partir de la función de los mínimos cuadrados,<sup>18</sup> véase figura 5-4.

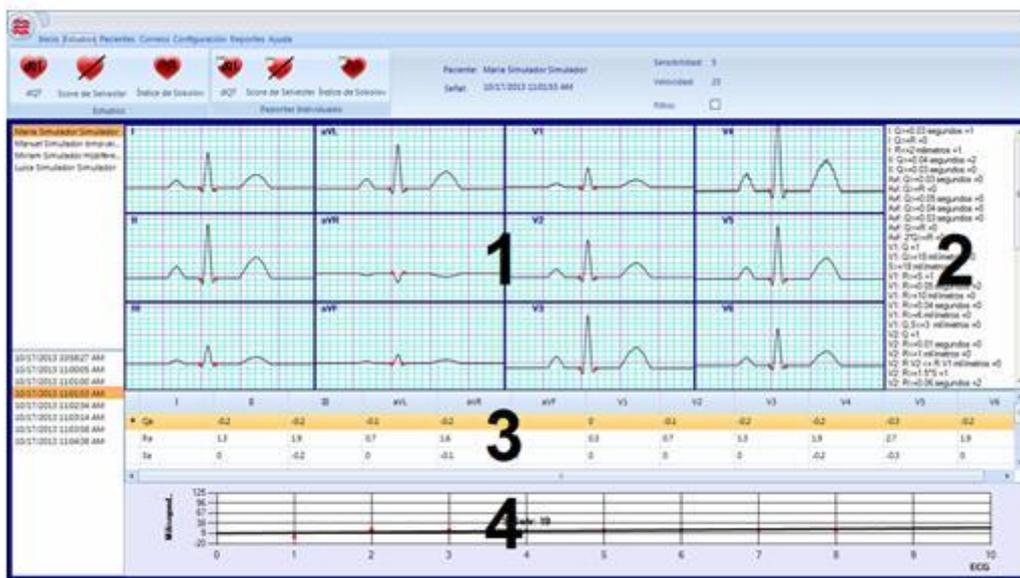


Fig. 5. Pantalla del estudio Score de Selvester.

2. **Índice de Sokolow:** Es uno de los criterios usados para el diagnóstico de la Hipertrofia Ventricular a partir de los datos suministrados por el ECG.<sup>20,21</sup> El estudio de su tendencia permite saber si el tratamiento indicado a un paciente está siendo el adecuado. Con el fin de apoyar al especialista el sistema brinda las herramientas siguientes:

- Visualización del ciclo estable de las seis derivaciones precordiales (V1, V2, V3, V4, V5 y V6) del estudio seleccionado. En cada señal se marca el inicio y fin del complejo QRS.
- Tabla con las amplitudes de las ondas Q, R, S, Rp en las seis derivaciones precordiales del estudio seleccionado.
- Gráfico con los valores del Índice de Sokolow para todos los estudios que se le han realizado al paciente. El valor correspondiente al estudio seleccionado es identificado mediante un color diferente al resto. Este gráfico contiene además, la representación de la tendencia de los valores de los Índices de Sokolow la cual es calculada a partir de la función de los mínimos cuadrados.

3. *Dispersión Espacial del Intervalo QT*: Se utiliza para la predicción de la Muerte Súbita, estimando el comportamiento de un índice altamente relacionado con las arritmias peligrosas.<sup>22</sup> Con el fin apoyar al especialista en la predicción de dichas arritmias y la muerte súbita el sistema brinda las herramientas siguientes:

- Visualización del ciclo estable de cada derivación del estudio seleccionado. En cada señal se marca el inicio de la onda Q y el fin de la onda T, a lo cual se agrega el valor del QT y del QTc (corrección en función de la frecuencia cardíaca).
- Gráfico con los valores de la Dispersión del QT para todos los estudios que se le han realizado al paciente. El valor correspondiente al estudio seleccionado es identificado mediante un color diferente al resto. Este gráfico contiene además la representación de la tendencia de los valores de la Dispersión Espacial del Intervalo QT la cual es calculada a partir de la función de los mínimos cuadrados.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al concluir ECGEstudio se obtuvo una aplicación de escritorio multitarea que se centró en el análisis de la señal electrocardiográfica. La misma, tiene el objetivo de obtener las mediciones, duración y amplitud de eventos significativos, no encontrados en los electrocardiógrafos tradicionales, necesarios para el diagnóstico y seguimiento de diferentes enfermedades por medio del estudio de la tendencia de los parámetros asociados a cada una de ellas.

Es importante destacar que, aunque el presente documento se ha centrado en los estudios, la aplicación desarrollada cuenta además con un conjunto de opciones de administración, visualización, procesamiento de información, configuración, emisión de reportes y transferencia electrónica de datos. Por otra parte, presenta un sistema de seguridad basado en el concepto de usuario conectado (activo), el cual garantiza el acceso restringido a las funciones del sistema y la compartimentación de la información. Todo lo anterior provee un marco integrado para asistir al especialista en el pronóstico y seguimiento de las enfermedades cardíacas: Hipertrofia Ventricular, Infarto Cardíaco y Muerte Súbita.

Para comprobar el funcionamiento del sistema en la práctica, se realizaron diferentes pruebas. En una primera etapa, para el desarrollo de las pruebas se utilizó un simulador de señales electrocardiográficas LIONHEART 1 de la firma BioTek Instruments. El simulador produce señales que se corresponden con diferentes ondas cardíacas. El mismo presenta la posibilidad de seleccionar distintas FC, amplitudes de ondas y trastornos del ritmo cardíaco en general.

En una segunda etapa, se realizaron las pruebas a un conjunto de personas (sanas y enfermas) que se ofrecieron de manera voluntaria.

Los resultados de mayor importancia que se obtuvieron en ambas etapas fueron:

- El detector de QRS funciona correctamente con un porcentaje por encima del 99% para las frecuencias cardíacas probadas, véase tabla 1. Solo ocurrió un falso positivo y 11 falsos negativos.
  - El sistema adquiere la señal en tiempo real de manera correcta y estable. Existe una total correspondencia entre la señal generada por el simulador y la mostrada por la aplicación en la pantalla.
  - El sistema almacena correctamente la información. La señal presentada en el reporte coincide con la visualizada por el sistema en la pantalla

comprobándose la integridad de los datos.

- El sistema envía y recibe los correos electrónicos adecuadamente. Los correos enviados llegaron a su destino satisfactoriamente y con la información correcta. Las respuestas a los correos enviados fueron recibidas y mostradas por el sistema.
- El sistema presenta un tratamiento correcto de errores ante fallos en los diferentes elementos involucrados.

**Tabla 1.** Resultados de la prueba Detección de los QRS en tiempo real

Frecuencia Cardíaca	Total (QRS)	Verdaderos Positivos	Falsos Positivos	Falsos Negativos	Sensibilidad (%)
30 bpm	90	90	1	0	100
60 bpm	180	180	0	0	100
120 bpm	360	359	0	1	99.7
180 bpm	540	537	0	2	99.4
240 bpm	720	715	0	5	99.3
pac	240	239	0	1	99.5
pvc early	240	238	0	2	99.1

## CONCLUSIONES

El objetivo general planteado al inicio del trabajo que se expone fue cumplido pues se desarrolló un sistema informático que permite el análisis detallado del ECG y el estudio de la tendencia de los parámetros: Índice de Sokolow, Score de Selvester y Dispersión espacial del intervalo QT.

El algoritmo implementado para la monitorización del ECG fue efectivo. La señal fue adquirida y mostrada de forma estable al mismo tiempo que se detectaban los complejos QRS con una sensibilidad superior al 99%.

El ambiente de trabajo creado permite el estudio de la tendencia de un grupo de indicadores que se asocian a la aparición o evolución de alteraciones cardíacas que ponen en peligro la vida. De esta forma se dota a los especialistas de herramientas para pronosticar complicaciones futuras en pacientes cardíacos.

La evaluación realizada, de forma preliminar, permite afirmar que el sistema desarrollado es estable, confiable y útil en el estudio de las enfermedades cardíacas de forma no invasiva.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Organización Mundial de la Salud. Enfermedades cardiovasculares 2013 [Citado 13 agosto 2013]. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/es/index.html>
2. Mathers D, Loncar D. Projections of global mortality and burden of disease from 2002 to 2030. World Health Organization: PLoS Med 2005;3(11):e442.
3. Ranjan R, Giri VK. A Unified Approach of ECG Signal Analysis. International Journal of Soft Computing and Engineering 2012;2:5-10. ISSN: 2231-2307.
4. Kligfield P, Gettes S, Bailey J, Childers R, Deal BJ, Hancock W, et al. Recommendations for the Standardization and Interpretation of the Electrocardiogram. Part I: The Electrocardiogram and Its Technology. 10, s.l. Elsevier Inc, Journal of the American College of Cardiology 2007;49:1109-27. ISSN 0735-1097.
5. Garrido H, Cañizares M, Gómez N. Sistema para pruebas electrocardiográficas. Memorias del II Congreso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica 2001.
6. Carreño AJ. Framework para la generación de aplicaciones orientadas al procesamiento de bio-señales. Tesis de Maestría. Manizales, Colombia: Universidad Nacional de Colombia 2013.
7. EcgSoft. Software, Innovative ECG 2013 [Citado abril 2013]. Disponible en: <http://www.ecg-soft.com/ecgnet/ecgnet.htm>
8. HADAD AJ, SOLANO AE, ROZDOWICZ B. Prototipo para la comparación de patrones temporales secuenciales de arritmias cardíacas. En: Ventana Informática ene-jun 2012. Manizales, Colombia: Facultad de Ciencias e Ingeniería, Universidad de Manizales. ISSN: 0123-9678;26:29-43.
9. Miranda VI. Hoostins Desarrollo de una aplicación para dispositivos móviles para el estudio de hábitos de vida saludables. Proyecto final de carrera. Barcelona, España: UPC Julio 2012.
10. Griffiths I, Adams M, Liberty J. Programming C# 4.0. Sixth Edition. California: O'Reilly Media 2010. ISBN 978-0-596-15983-2.
11. Richter J. Applied Microsoft .NET Framework Programming. Washington: Microsoft Press 2002. ISBN 0-7356-1422-9.
12. Albahari J, Albahari B. C# 4.0 IN A NUTSHELL. Fourth Edition. California: O'Reilly Media 2010. ISBN:978-0-596-80095-6.
13. Troelsen A. Pro C# 2010 and the .NET 4 Platform. Fifth Edition. New York: Apress 2010. ISBN-13 (electronic): 978-1-4302-2550-8.
14. Microsoft Corporation. Libros en pantalla de SQL Server Compact 4.0 - Español 2011. [Citado abril 2013]. Disponible en: <http://download.microsoft.com>

15. Ligtenberg A, Kunt M. A Robust Digital QRS-Detection Algorithm for Arrhythmia Monitoring. *Computing and Biomedical Research* 1983;16:273-286.
16. González R, Cañizares M. Estudio espacial del Segmento ST. *Bioingeniería y Física Médica Cubana* 2004;5:23-29.
17. Cañizares M. Desarrollo y Evaluación de un Método para la Clasificación del Ritmo Cardíaco. Tesis de Maestría. La Habana, Cuba: Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría" 2004.
18. Avedano LE. Fundamentos de Instrumentación En: Colombia 2002. Publicaciones UTP ISBN: 8065-41-0;50:350.
19. Abdel-Salam Z, Wafa S, Kamel S, Nammass W. The modified Selvester QRS score: Can we predict successful ST segment resolution in patients with myocardial infarction receiving fibrinolytic therapy?. *Cardiology Journal* 2010;17:367-373. ISSN 1897-5593.
20. de Vries O, Heesen WF, Beltman FW, Kroese AH, May JF, Smit AJ, Lie KI. Prediction of the left ventricular mass from the electrocardiogram in systemic hypertension. *Am J Cardiol* 1996;11:974-978.
21. Casale PN, Devereux RB, Alonso DR, Campo E, Kligfield P. Improved sex-specific criteria of left ventricular hypertrophy for clinical and computer interpretation of electrocardiograms: validation with autopsy findings. *Circulation* 1987;75:565-572.
22. González R, Rodríguez A, Almeida R. ESTUDIO DE LA TENDENCIA DE LA DISPERSIÓN ESPACIAL DEL INTERVALO QT. Sociedad Cubana de Bioingeniería 2005. ISBN 959-212-158-3.

Recibido: 22 de septiembre de 2015.

Aprobado: 13 de noviembre de 2015.