



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

**“DESARROLLO DE UN SISTEMA DE TELEMEDICINA QUE
UTILIZANDO LA TECNOLOGÍA DE LAS TABLETAS CAPTE LA
ACTIVIDAD ELÉCTRICA DEL CORAZÓN DE UN PACIENTE Y JUNTO
CON SU INFORMACIÓN PERSONAL LA TRANSMITA POR
INTERNET”**

Gionella Yvett Rodríguez Alarcón ⁽¹⁾ Blanche Jaqueline Verdezoto Mendoza ⁽²⁾ Francisco David Icaza Paredes ⁽³⁾
Ing. Miguel Yapur Auad ⁽⁴⁾
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador
gio_ll_16@hotmail.com⁽¹⁾;jaqueline_verdezoto@hotmail.com⁽²⁾;fdavid24@hotmail.es⁽³⁾
myapur@espol.edu.ec⁽⁴⁾

Resumen

En el cuerpo humano se originan una gran variedad de señales eléctricas, provocadas por la actividad química que tiene lugar en los nervios y músculos. El electrocardiograma (EKG) es el registro gráfico en función del tiempo de las variaciones de potencial eléctrico que se obtienen con el electrocardiógrafo. Estas variaciones se las capta a través de electrodos a nivel de la piel. Este proyecto consiste del diseño e implementación de un circuito electrocardiógrafo y, mediante comunicación Bluetooth, se envían los datos procesados a una Tableta; que, junto con la información personal del paciente, se transmite por Internet a otro especialista.

Palabras claves: EKG, electrodos, paciente, tableta.

Abstract

In the human body a great variety of electric signals are generated, those are caused by the chemical activity that happens in nerves and muscles. The electrocardiogram (EKG) is the graphic register in time of the variations in electrical potential using an electrocardiograph. These variations are captured by the electrodes that are collocated on the skin. This project consists of the design and implementation of an electrocardiograph circuit and, through Bluetooth, the data are sent to a tablet; those data with the patient's identification are transmitted, through internet, to another physician.

Keywords: EKG, electrodes, patient, tablet.

Introducción

A pesar de la técnica que existe en la actualidad para medir los biopotenciales eléctricos del corazón, como es la electrocardiografía convencional, no siempre el doctor puede realizar el electrocardiograma a su paciente, por ende no logra dar un diagnóstico rápido.

Entonces este proyecto busca mejorar esta técnica usando una nueva tecnología como es el uso de las tabletas, el cual consta de cuatro secciones: En la primera sección se explica el electrocardiograma junto con su interpretación y las derivaciones bipolares. En la segunda sección se describe cada una de las etapas del electrocardiógrafo y la transmisión de datos vía bluetooth. En la tercera sección se explica el funcionamiento de la aplicación en la tableta, la cual consta de menú enfermero y menú doctor. Y por último se establecen los resultados.

1. Conceptos básicos.

1.1 Electrocardiograma e Interpretación.

El electrocardiograma (EKG) es una representación gráfica de la contracción cardíaca, en la cual se registra la actividad eléctrica del corazón, a través de los electrodos.

Onda P: Indica que se ha iniciado las corrientes iónicas en el nodo Sinusal o nodo SinoAtrial. Señala que hay contracción auricular.

Onda Q: Es el comienzo de la activación ventricular, es pequeña, no es extensa ni profunda y representa la primera curva negativa seguida de la onda P.

Onda R: Representa la activación ventricular, es corta y alta. Es la primera onda positiva seguida de la onda Q.

Onda S: Representa la finalización de la activación ventricular, es pequeña, al igual que la onda Q. Es la primera onda negativa seguida de la onda R.

Onda T: Pertenece a la formación del impulso, es decir, la repolarización de los ventrículos, es relativamente amplia, gruesa y semicircular.

Onda U: Es muy pequeña, positiva, semicircular que aparece seguida de la onda T.

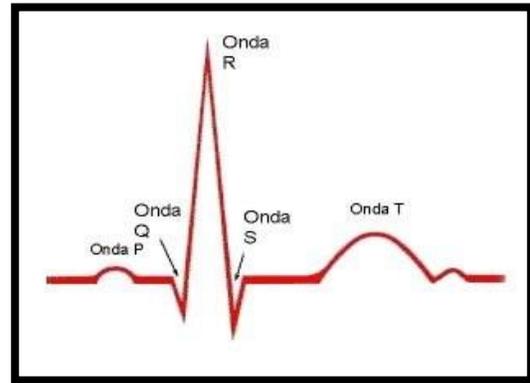


FIGURA 1.1 Onda Cardíaca e Intervalos.

1.2 Derivaciones Bipolares.

Estas derivaciones se obtienen con el llamado triángulo de Einthoven, registran la diferencia de potencial entre dos electrodos situados en extremidades diferentes. Las extremidades sensadas son: brazo derecho, brazo izquierdo y pierna izquierda, utilizando la pierna derecha como referencia. Se los denomina D1, D2 y D3.

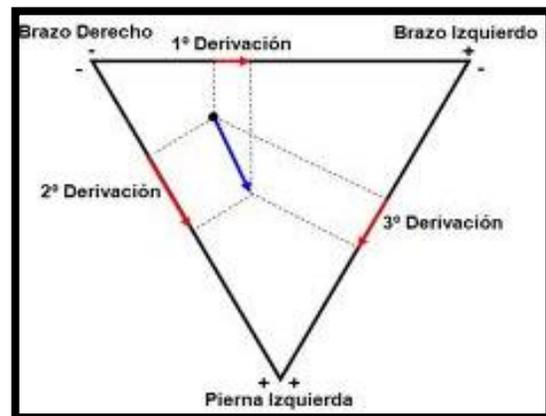


FIGURA 1.2 Triángulo de Einthoven.

2. Etapas del Electrocardiógrafo y Transmisión de Datos

2.1 Diagrama de Bloques.

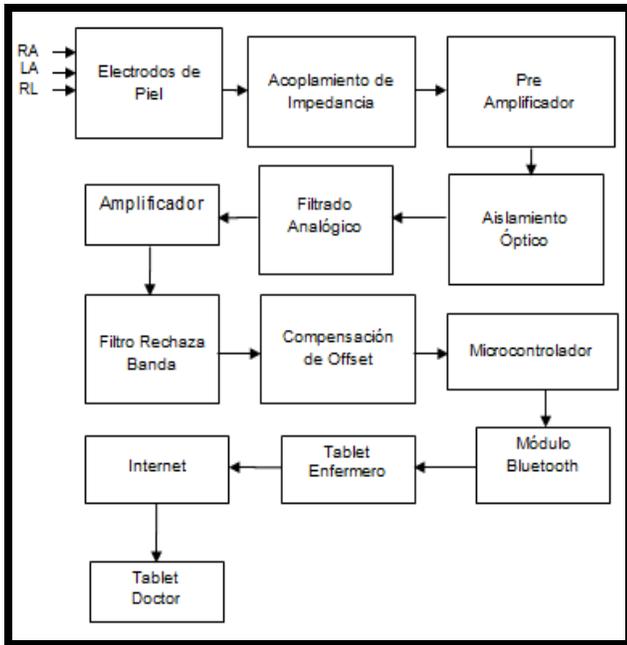


FIGURA 2.1 Diagrama de Bloques del Proyecto.

2.2 Electrodo de Piel.

Los electrodos son dispositivos electrónicos que permiten convertir la corriente iónica del cuerpo en corriente eléctrica, para poder analizar el estado cardíaco del paciente. Los electrodos que se usan en la adquisición de las señales cardíacas son electrodos Tipo Parche.



FIGURA 2.2 Electrodo Tipo Parche.

2.3 Acoplamiento de Impedancia.

En esta etapa el objetivo es acoplar la señal de entrada que proviene de los electrodos con el circuito Electrocardiógrafo. Se configuró el amplificador

operacional para que trabaje como un seguidor de voltaje.

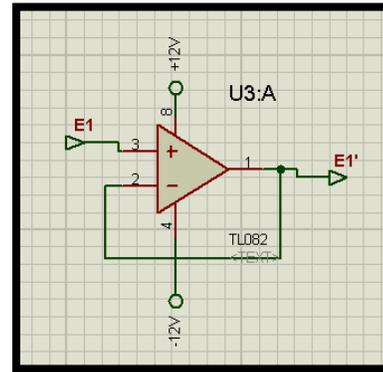


FIGURA 2.3 Acoplador de Impedancias.

2.4 Pre-amplificador.

En esta etapa se utilizó el integrado AD620AN, que es un amplificador de instrumentación; realiza la resta de dos entradas (E1' y E2') y el resultado se multiplica por un factor de ganancia.

En la construcción de esta etapa se estableció una Ganancia de 100, cuyo valor de R_g es 500Ω , obtenida de la siguiente formula:

$$R_g = \frac{49.4 \text{ K } \Omega}{G - 1}$$

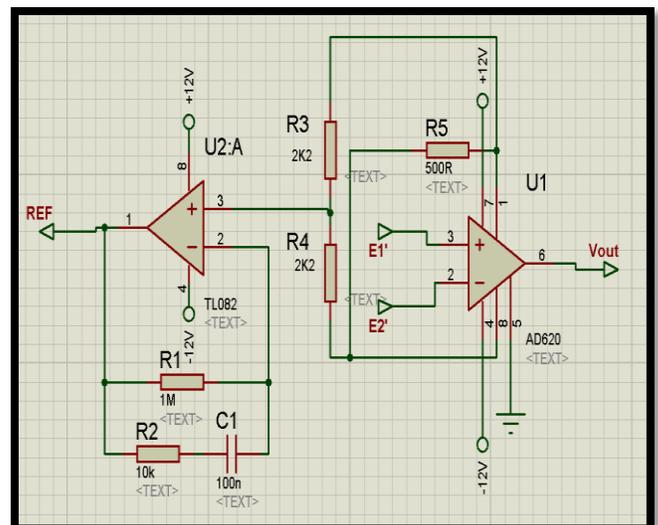


FIGURA 2.4 Amplificador de Instrumentación.

2.5 Filtros Analógicos

Una de las etapas más importantes de este circuito electrocardiógrafo es el filtrado, ya que nos determina el ancho de banda.

La señal de Electrocardiograma (EKG) tiene componentes entre 0.05 y 150 Hz, por lo tanto el circuito electrocardiógrafo solo debe dejar pasar las señales que se encuentren en este rango; para esto se diseñaron un Filtro Pasa-Alto, Filtro Pasa-Bajo y un filtro Notch. Se utiliza este filtro Pasa-Alto debido a que existe una componente DC, que se forma por el offset de los amplificadores operacionales y por la polarización de los electrodos. La frecuencia de corte seleccionada es de 0.723 Hz.

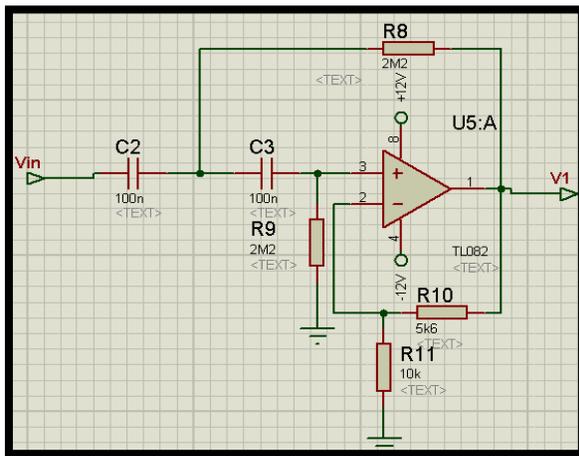


FIGURA 2.5 Filtro Pasa-Alto.

Se utiliza el filtro Pasa-Bajo con la finalidad de permitir el paso de frecuencias menores a la frecuencia de corte. La frecuencia de corte seleccionada es de 106,103Hz.

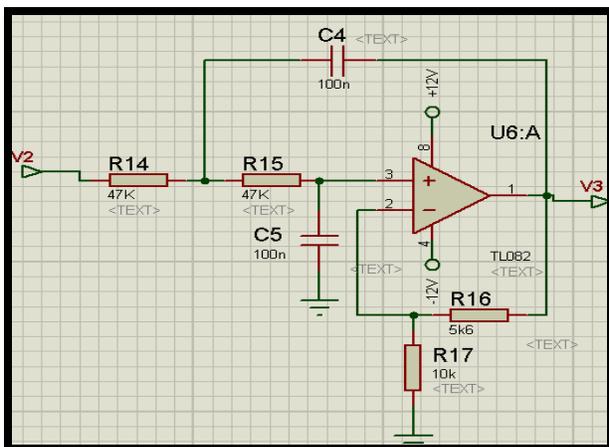


FIGURA 2.6 Filtro Pasa-Bajo.

Se utiliza el Filtro Notch para descartar las frecuencias que estén interfiriendo en el circuito; como del ruido eléctrico del ambiente, de las lámparas fluorescentes y también de los electrodos.

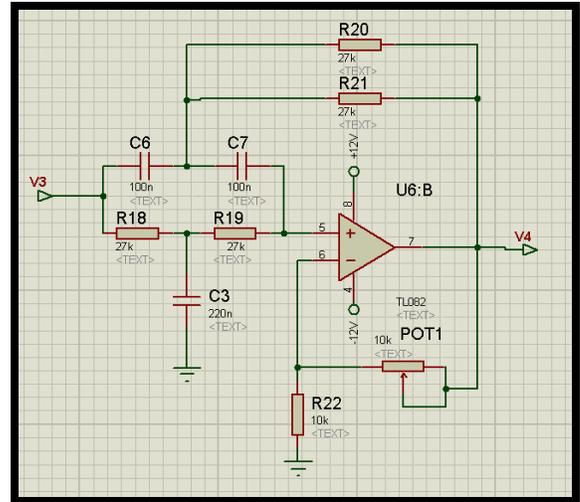


FIGURA 2.7 Filtro Notch.

2.6 Amplificador.

Para la parte de amplificación se utilizará un opamp no inversor. En este diseño se eligió un ganancia de 85, y a R13 se le dio un valor de 1.2k.

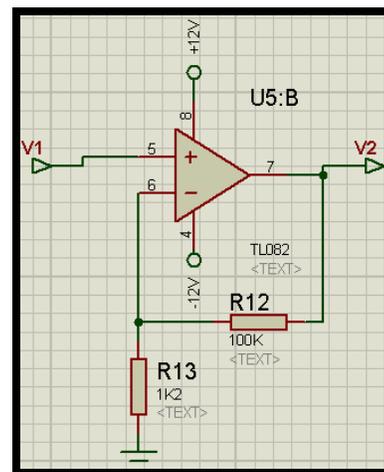


FIGURA 2.8 Divisor de Voltaje.

2.7 Compensación de Offset.

Ésta última etapa de diseño de electrocardiógrafo logra remover momentáneamente la parte negativa de la señal sin alterarla, para lo cual se utiliza el opamp restador inversor que resta la señal menos un valor negativo, en este caso de -1.2V, aumentando así el nivel DC de la señal, y convirtiendo la señal totalmente positiva, ya que el microcontrolador trabaja solo con valores positivos entre 0 y 5V.

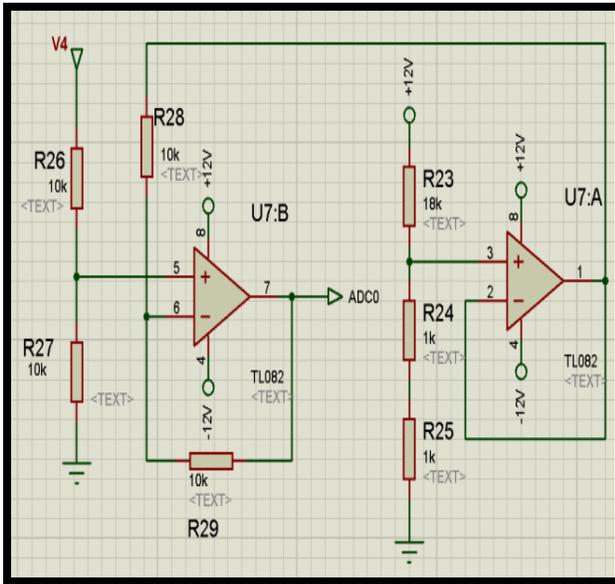


FIGURA 2.9 Acondicionamiento de la Señal.

A continuación se tiene el circuito electrocardiógrafo en baquelita.



FIGURA. 2.10 Circuito Electrocardiógrafo.

2.8 Tarjeta de Adquisición de Datos.

Es un módulo de entrenamiento ayuda a recibir la señal del circuito Electrocardiógrafo por intermedio del Microcontrolador (PIC16F886), para luego enviar la señal cardíaca a través del bluetooth

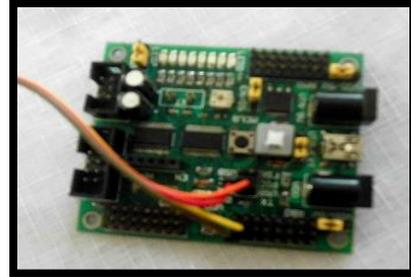


FIGURA 2.11 Tarjeta MEI&T04 (PIC16F886).

2.9 Módulo Bluetooth HC-06.

Este módulo de Bluetooth se lo utiliza para comunicarnos con la Tablet, cuyas características son:

- Protocolo bluetooth: Bluetooth especificación V2.0+EDR
- Frecuencia: 2.4Ghz ISM Band
- Rango de baudios ajustable: 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200
- Distancia: 10 metros.



F
FIGURA. 2.12 Módulo Bluetooth HC-06.

3. Desarrollo de la Aplicación para la Tableta.

La aplicación CardioFGJ tiene el objetivo principal de visualizar las señales cardíacas del corazón, como también la información básica del paciente; consta de dos modos de funcionamiento, el modo enfermero y el modo doctor.

3.1 Menú Enfermero.

En el menú Enfermero se muestra dos opciones: Botón ENFERMERO y Botón Acerca de.



FIGURA 3.1 Pantalla Enfermero.

Al dar clic en el botón “Acerca de” muestra la información de los autores del proyecto con el número de teléfono.



FIGURA 3.2 Información Autores.

Para regresar al Menú Principal del Enfermero, se da clic en Ok. Mientras que al dar clic en el botón “Enfermero” aparece un nuevo menú con tres opciones:

- 1.- Registrar Datos.
- 2.- Subir Datos.
- 3.- Borrar Datos.



FIGURA 3.3 Menú Enfermero.

Al hacer clic en el botón “Ingresar Datos” muestra la siguiente ventana, cada paciente tiene como opción a dos exámenes:

FIGURA 3.4 Ingreso de Datos.

Se ingresa la información básica del paciente y posteriormente al dar clic en guardar, aparece el siguiente mensaje, "Está todo listo para la obtención de datos", luego al dar clic en Yes, comienza a adquirir los datos del corazón a través del Módulo Bluetooth.

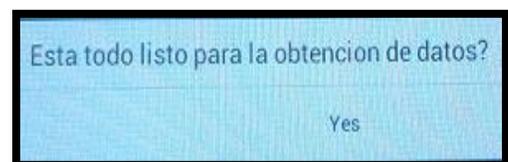


FIGURA 3.5 Inicio obtención de Datos.

Una vez que se cumpla el período de adquisición de datos, aparece la siguiente ventana donde se muestran los datos adquiridos, esperando que el Enfermero presione "Ver Gráfico".



FIGURA 3.6 Ver Gráfico.

Al dar clic en "Ver Gráfico" aparece una nueva ventana, donde se muestra los Datos obtenidos de la Derivación D1.

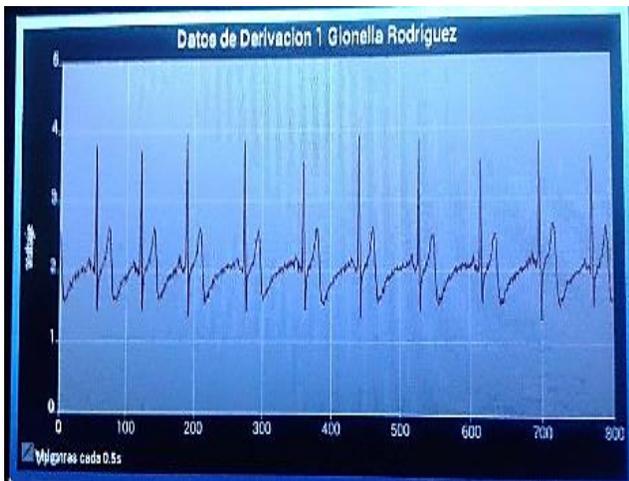


FIGURA 3.7 Derivación D1

Para subir los datos obtenidos al Servidor, regresamos al Menú Enfermero y se da clic en el botón "Subir Datos".

3.2 Menú Doctor.

El doctor descarga la información del paciente, analiza y emite el resultado respectivo por correo electrónico.

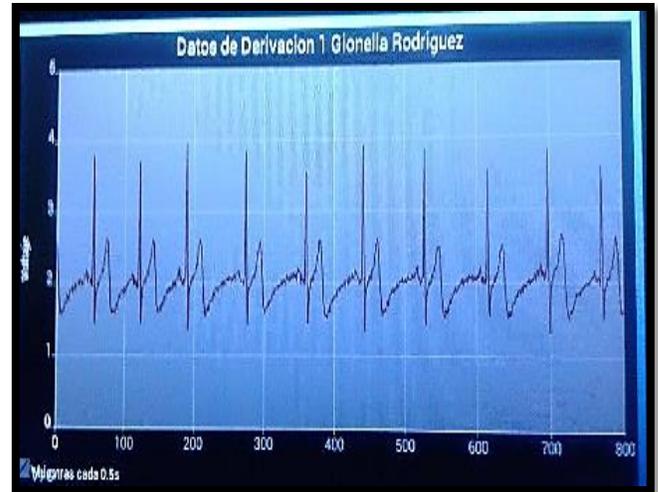


FIGURA 3.8 Gráfico Señal Cardíaca.

4. Resultados

El objetivo fue desarrollar un circuito de electrocardiógrafo, que capte la actividad eléctrica del corazón de un paciente y que, mediante comunicación bluetooth y una aplicación desarrollada en la tableta, reciba esta señal y junto con su información personal, la transmita por internet, así como también obtener una señal pura, para lo cual se diseñaron los filtros analógicos con las frecuencias adecuadas.

En la fig. 3.7 se obtiene la señal cardíaca mediante derivación D1, con brazo derecho, brazo izquierdo y utilizando la pierna derecha como referencia; se observó una señal bastante limpia para un buen análisis y estudio.

El costo del proyecto es bien económico, su implementación se realiza primero en protoboard, para realizar las pruebas respectivas con la ayuda de un osciloscopio y, luego pasar a un circuito impreso en baquelita.

5. Conclusiones y Recomendaciones

Las conclusiones que se obtuvieron son las siguientes:

Con la realización de este proyecto se ha obtenido una señal electrocardiográfica muy buena, con lo que se comprueba que el desarrollo de la aplicación funciona correctamente.

Se observó que la señal cardíaca del cuerpo es muy pequeña en el rango de los mV; para aumentar la amplitud se utilizó un pre-amplificador y un amplificador.

Es importante tener un CMRR alto para lograr eliminar la mayor cantidad de ruido y así visualizar una imagen óptima.

Al microcontrolador no le pueden llegar voltajes negativos, por eso fue necesario aumentar un voltaje offset de 2V con una configuración sumador no inversor.

Con el microcontrolador se hace la adaptación de la señal analógica convirtiéndola en digital para enviarla a través del Bluetooth hasta la aplicación del Enfermero.

Hay que tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

El uso de los electrodos en buen estado es muy importante, porque de ellos depende que la señal sea más confiable y el paciente, durante todo el proceso, debe estar relajado.

Se debe quitar todo objeto metálico del paciente y apagar celulares que estén cerca, ya que son los principales causantes del ruido.

6. Referencias

- [1] Texas Heart Institute (Instituto del Corazón de Texas), Anatomía del corazón, http://www.texasheartinstitute.org/HIC/Anatomy_Esp/anato_sp.cfm, fecha de consulta junio 2013.
- [2] Wikipedia, Corazón, <http://es.wikipedia.org/wiki/Coraz%C3%B3n>, fecha de consulta junio 2013.
- [3] Wikipedia, Ciclo cardíaco, http://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo_card%C3%ADaco, fecha de consulta junio 2013.
- [4] Wikipedia, Sistema de conducción eléctrica del corazón, http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_conducci%C3%B3n_el%C3%A9ctrica_del_coraz%C3%B3n, fecha de consulta julio 2013.
- [5] About.com, enfermedades del corazón, <http://enfermedadescorazon.about.com/od/Diagnostic/a/Que-Es-Un-Electrocardiograma-o-ECG.htm>, fecha de consulta julio 2013.
- [6] Onmeda.es, Interpretación del EKG. http://www.onmeda.es/clinica/exploracion_tratamiento/ekg-interpretacion-del-ecg-2467-5.html, fecha de consulta julio 2013.
- [7] Dalcame (grupo de investigación biomédica), FrecuenciaCardíaca. <http://www.dalcame.com/fc.html#.UqnkJNJLOJk>, fecha de consulta Agosto 2013.
- [8] My EKG La Web del electrocardiograma, Derivaciones Cardíacas del Electrocardiograma, <http://www.my-ekg.com/generalidades-ekg/derivaciones-cardiacas.html>, fecha de consulta Agosto 2013.
- [9] Andrea Viviana Aguirre Fernández, Jorge Ignacio Enríquez Álvarez, Mediciones Electrocardiográficas, http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/17100/1/PAPER3_final.pdf, fecha de consulta Agosto 2013.
- [9.1] Wikipedia, Java (Lenguaje de Programación) http://es.wikipedia.org/wiki/Java_%28lenguaje_de_programaci%C3%B3n%29 fecha de consulta Agosto 2013.
- [10] Oracle, Principales Características de Java, <http://personales.upv.es/rmartin/cursoJava/Java/Introduccion/PrincipalesCaracteristicas.htm>, fecha de consulta Septiembre 2013.
- [11] Tutorial de Java, Programación en Java, <http://proton.ucting.udg.mx/tutorial/java/Cap1/progra.html>, fecha de consulta Septiembre 2013.
- [12] Wikipedia, Android, <http://es.wikipedia.org/wiki/Android>, fecha de consulta Octubre 2013.