



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

**DESARROLLO DE APLICACIONES PARA
TELEMEDICINA: TRANSFERENCIA Y RECEPCIÓN
DE IMÁGENES ECG DESDE UN TELÉFONO MÓVIL
CON SISTEMA OPERATIVO ANDROID**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Como parte de los requisitos para optar al título de:

INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

REALIZADO POR: Martins Valera, Carlos Alberto

Salinas Parra, Josmar Luis

TUTOR: Prof. Iván Escalona

FECHA: Caracas, Septiembre de 2012.



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

**DESARROLLO DE APLICACIONES PARA
TELEMEDICINA: TRANSFERENCIA Y RECEPCIÓN
DE IMÁGENES ECG DESDE UN TELÉFONO MÓVIL
CON SISTEMA OPERATIVO ANDROID**

REALIZADO POR:	Martins Valera, Carlos Alberto
	Salinas Parra, Josmar Luis
TUTOR:	Prof. Iván Escalona
FECHA:	Caracas, Septiembre de 2012.

DEDICATORIA

A mi madre, porque siempre me ha apoyado y es la persona que me ha dado la fuerza necesaria para seguir adelante.

A mi hermano, porque ha sido un guía y me ha enseñado que con esfuerzo y voluntad todo se puede lograr.

A mi hermana, porque es la mejor amiga con la que puedo contar y que me ha brindado un apoyo incondicional.

A mi tía Edi de Ferreira y Nelly Otero porque son como una segunda madre para mí, y siempre me han brindado todo lo que ha estado a su alcance para poder cumplir todas mis metas.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme salud y fuerza en aquellos momentos que mas necesite y por permitirme alcanzar esta meta.

A mi madre, hermano y hermana por apoyarme y brindarme todo su cariño.

A mi compañero de tesis y amigo Josmar Salinas que siempre me estuvo apoyando y alentando para seguir adelante y hacer el trabajo de grado junto, espero que esto solo sea el comienzo de una larga amistad.

A mis compañeros de clase que hoy en día somos amigos como Henderson Ramírez, Carlos Pérez y Samuel Ojeda, gracias por compartir conmigo los buenos y malos momentos.

Y finalmente a todas aquellas personas que de alguna u otra manera formaron parte de esta investigación.

A todos ustedes, mi eterna gratitud.

Martins Valera, Carlos Alberto

DEDICATORIA

A mi madre, por darme todo su amor y estar en todo momento conmigo y creer en mí.

A mi padre, por su ayuda y apoyo incondicional en todo momento.

A mi abuela por su amor y cariño incondicional.

A mi hermana, por siempre apoyarme y acompañarme.

A mi tío Miguel Salinas por ser un gran tío y padrino, que Dios te tenga en la gloria.

¡Por ustedes!

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por ser mi guía en todo momento y por permitirme alcanzar esta meta.

A mi madre, por ser mi mejor amiga, mi guía en la vida, gracias por amarme, ayudarme, aconsejarme y apoyarme en todo momento. A mi padre, por su apoyo incondicional, gracias por confiar en mí y hacerme creer que todo es posible. Gracias a Dios y a ustedes siempre tuve todo, son la razón por la que vivo y existo. A mi abuela Efigenia, por ser la mejor abuela del mundo, por quererme y ayudarme siempre que lo necesité, por insistirme en estudiar todos los días para poder completar esta meta. A mi hermana por ser mi amiga, siempre darme su apoyo y cuidarme.

A Roxana Lara, por ser una excelente novia y mejor amiga, gracias por estar presente en todo momento, tanto en los buenos como en los no tan buenos, gracias por hacerme sentir feliz y por apoyarme siempre. Gracias por saber que siempre puedo contar contigo.

A Carlos Martins mi compañero de tesis, por contar siempre con el y lograr juntos esta meta.

A mi tía Niurka por guiarme en la escritura de este tomo y por ser más que una tía, una amiga. A mis tías Sandra y Doris por siempre permitirme ser parte de sus hogares. A mi tío Jesús Antonio y a mi tía Carmen por cuidarme y recibirme en su casa cuando era un niño. A mis tíos Oscar, Carlos, Wilfredo, Miguel, María y Rosa porque a pesar de estar un poco lejos siempre están pendientes de mi y por contar con su apoyo. A todas mis primas y primos por ser mis amigos incondicionales.

A mis amigos de la carrera por compartir conmigo los buenos y malos momentos, estaré siempre agradecido por su valiosa amistad. Y finalmente a todas aquellas personas que de alguna u otra manera formaron parte de esta investigación.

A todos ustedes, mi eterna gratitud.

Salinas Parra, Josmar Luis

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS	viii
RESUMEN.....	xi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO	3
I.1 Planteamiento del Problema	3
I.2 Objetivos	5
I.2.1 Objetivo General	5
I.2.2 Objetivos Específicos.....	5
I.3 Justificación.....	5
I.4 Alcances y Limitaciones	7
I.4.1 Alcances	7
I.4.2 Limitaciones.....	7
CAPÍTULO II	9
MARCO TEÓRICO.....	9
II.1 Telemedicina	9
II.2 Electrocardiógrafo	10
II.3 Electrocardiograma.....	14

II.4	Características de la señal ECG	16
II.5	Redes inalámbricas (WIFI)	16
II.6	Java	17
II.7	Teléfono Inteligente (<i>Smartphone</i>)	18
II.8	Sistema operativo móvil	19
II.9	ANDROID	20
II.10	Protocolo TCP/IP	21
II.10.1	Diferencia entre estándar e implementación	22
II.10.2	TCP/IP es un modelo de capas	22
II.11	Socket	24
II.12	Sistema de transmisión de datos por red celular	25
II.13	IEEE 802.11 (<i>WI-FI</i>)	26
II.14	Formatos	27
II.14.1	Formatos de imagen	27
II.14.2	Formato de Audio	29
II.15	DDNS (Sistema Dinámico de Nombres de Dominio)	30
CAPITULO III		33
METODOLOGÍA Y DESARROLLO		33
III.1	Fase de Investigación	33
III.1.1	Electrocardiógrafo Microtel Cardiette	33
III.2	Herramientas de diseño y simulación	35
III.2.1	Eclipse y ADT	35
III.2.2	JDK y ANDROID SDK	36
III.3	Diseño y Desarrollo de la aplicación	36

III.3.1	Proceso de Trasmisión	37
III.3.2	Obtención del sonido.....	37
III.3.3	Transmisión y Recepción.....	41
III.3.4	Almacenamiento de información	47
III.3.5	Interfaz Gráfica	50
CAPITULO IV		69
RESULTADOS.....		69
CAPITULO V		75
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		75
V.1	Conclusiones	75
V.2	Recomendaciones	77
BIBLIOGRAFÍA		79
ANEXOS		83

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

FIGURAS

Figura 1. Actividad eléctrica del corazón.....	11
Figura 2. Voltaje resultante	11
Figura 3. Derivaciones bipolares.....	12
Figura 4. Derivaciones unipolares.....	12
Figura 5. Señales precordiales.....	13
Figura 6. Ondas características de un ECG.....	13
Figura 7. Red Inalámbrica	17
Figura 8. Sockets, protocolos y puertos.....	25
Figura 9. Proceso de Trasmisión	38
Figura 10. Creación directorio "ECGUCAB/Sonido/"	39
Figura 11. Ruta donde se guardara el archivo de audio	39
Figura 12. Instrucciones para agregar fecha.....	39
Figura 13. Formato de salida de grabación	39
Figura 14. Transmisión desde el electrocardiógrafo hacia ITMS.....	40
Figura 15. Transmisión desde el dispositivo ANDROID hacia ITMS.....	40
Figura 16. Uso de la clase MediaPlayer	41
Figura 17. Borrar archivo grabado	41
Figura 18. Servidor escuchando conexiones por el puerto 4445.....	43
Figura 19. Ventana de alerta en el servidor.....	44
Figura 20. Ventana para seleccionar imagen ECG.....	44
Figura 21. Instrucciones para recibir el flujo de datos	45
Figura 22. Conexión al servidor por “sockets”	46
Figura 23. Información del Paciente.....	49
Figura 24. Obtención del Nombre del archivo TXT	49
Figura 25. Almacenamiento de la Imagen ECG.....	49
Figura 26. Obtención del Nombre del archivo JPG	49
Figura 27. Visualización de la Imagen ECG	50

Figura 28. Pantalla Principal (Menú).....	53
Figura 29. Pantalla de Reproducción y Grabación del Sonido.	54
Figura 30. Petición del nombre del archivo de audio (AlertDialog).....	54
Figura 31. Grabación del Sonido (Izquierda-Grabación Activada / Derecha-Grabación Desactivada).....	55
Figura 32. El Archivo de Audio existente.....	56
Figura 33. Archivos de Audio de un mismo paciente el mismo día.	56
Figura 34. Reproducción del Sonido (Izquierda-Reproducción Activada / Derecha- Reproducción Desactivada)	57
Figura 35. Eliminación del Sonido	58
Figura 36. Reproducción y Eliminación del Sonido sin grabación previa (Izquierda- Reproducción Activada / Derecha-Borrar Grabación Activada)	59
Figura 37. Pantalla de Archivos de Audio	60
Figura 38. Selección del archivo de audio (AlertDialog)	60
Figura 39. Introducción de los datos del paciente.....	61
Figura 40. Selección del sexo del Paciente (Spinner).....	61
Figura 41. Datos Incompletos del Paciente (AlertDialog).....	62
Figura 42. . Proceso de Trasmisión y Recepción de archivos.....	62
Figura 43. Mensaje de espera de recepción de imagen.....	62
Figura 44. Llamada a la aplicación AndFTP	63
Figura 45. Conexión Servidor FTP	64
Figura 46. Carpetas servidor FTP.	65
Figura 47. Descarga de archivo.....	65
Figura 48. Tab de Consultas.....	66
Figura 49. Información del Paciente	67
Figura 50. Menú de los Layouts.....	68
Figura 51. INFO	68
Figura 52. Cerrar	68
Figura 53. Sonido en dos formatos diferentes.....	69
Figura 54. Imagen enviada por el servidor al cliente	72

TABLAS

Tabla 1: Evolución de la Tecnología Inalámbrica.....	26
Tabla 2 Estándares de IEEE 802.11	27
Tabla 3. Características técnicas Microtel Cardiette	34
Tabla 4. Uso de los puertos	42
Tabla 5. Datos del Paciente	48
Tabla 6. Pantallas (Layouts) que conforman la aplicación.....	52
Tabla 7. Resultados con distintos tiempos de espera	71
Tabla 8. Resultados obtenidos con las distintas operadoras móviles	73

Desarrollo de aplicaciones para telemedicina: Transferencia y recepción de imágenes ECG desde un teléfono móvil con sistema operativo ANDROID

Martins, Carlos

carlos.martins.v@gmail.com

Salinas, Josmar

salinasjosmar@gmail.com

RESUMEN

Actualmente en Venezuela se ha venido presentando una problemática en el área de la medicina, que se ha acrecentado a lo largo del tiempo, observable por ejemplo en el área de cardiología donde se encuentra una deficiencia en lo que se relaciona con el número de especialistas y siendo más notorio en las zonas rurales del país. Este Trabajo Especial de Grado busca contribuir a solucionar esta problemática para lo cual se plantea el desarrollo de una aplicación para un dispositivo móvil con sistema operativo ANDROID que permita la transferencia y recepción de imágenes electrocardiográficas. Dicha aplicación se diseñó para recoger la señal de un electrocardiógrafo MicrotelCardiette, cuya salida mediante una portadora de audio es captada por el micrófono del dispositivo ANDROID, luego de ser realizada la grabación, se llenan los datos del paciente y tanto estos como el archivo de audio son enviados a un servidor utilizando alguna red móvil o una red Wi-Fi a través de Internet: al llegar las mismas a su destino, se realiza el procesamiento del archivo de audio para obtener la imagen electrocardiográfica, la misma es devuelta entonces a la aplicación vía Internet para que se pueda visualizar en la pantalla del dispositivo ANDROID. En este proceso se hace uso del protocolo TCP/IP para asegurar la correcta transmisión y recepción de todos los archivos involucrados.

Palabras clave: ANDROID, electrocardiografía, dispositivo móvil, Internet.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad ANDROID es el sistema operativo más usado para dispositivos móviles, por lo que programar para este es una idea atractiva, debido a que este sistema operativo cuenta con personalización, integración con los servicios de Google, multitarea real y con un crecimiento exponencial entre los usuarios. ANDROID ha sido el sistema operativo para teléfonos inteligentes con más rápido crecimiento superando a rivales como iOS o Windows Phone, aunado a esto, cuenta con una gran variedad de dispositivos para atender las diferentes demandas de los usuarios.

Por su parte la telemedicina, como su nombre lo indica... medicina a distancia, busca hoy por hoy estar presente en todos los lugares posibles por medio de tecnologías inalámbricas (telefonía celular, teléfonos inteligentes, dispositivos implantables de radiocomunicación, entre otros). Gracias a la telemedicina se han realizado muchos proyectos que permiten que una persona que se encuentre en un lugar remoto o sin el personal médico adecuado para atenderla, pueda ser atendida en las mejores condiciones posibles por un especialista a distancia, ya que la telemedicina es un gran recurso tecnológico que da la posibilidad de llegar a mejorar algunos medios, que posibiliten la optimización de los servicios de atención en la salud, ahorrando tiempo, dinero y facilitando el acceso a zonas distantes para gozar de atención de especialistas.

Este Trabajo Especial de Grado busca desarrollar una aplicación para la transferencia y recepción de imágenes ECG (Electrocardiograma) desde un teléfono móvil con sistema operativo ANDROID.

La estructura de este proyecto se encuentra dividida en 5 capítulos. El primer capítulo describe brevemente la problemática que motivó a realizar este proyecto, los

objetivos planteados para resolver esta problemática y por último la justificación del mismo.

En el segundo capítulo titulado marco teórico, se desarrollaron los fundamentos teóricos indispensables para darle soporte a la investigación.

El tercer capítulo comprende la metodología y desarrollo de esta investigación, en este se describen todos y cada uno de los pasos que se llevaron a cabo para poder realizar este proyecto. Primero se explican los programas necesarios y utilizados para desarrollar la aplicación, luego se pasa al proceso de diseño y programación de la misma.

En el cuarto capítulo se describen y analizan los resultados obtenidos al ejecutar la aplicación diseñada.

El quinto capítulo abarca las conclusiones que se obtuvieron a lo largo del desarrollo de este Trabajo Especial de Grado, y las recomendaciones que pueden permitir perfeccionar el mismo.

Por último en los anexos se presenta información complementaria a esta investigación.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

En este capítulo se presenta de forma general una descripción del proyecto, destacando la justificación, así como los objetivos, los alcances y limitaciones del mismo.

I.1 Planteamiento del Problema

La dinámica del fenómeno de la globalización actualmente en el mundo, presenta principalmente en países subdesarrollados, una serie de problemas, entre ellos específicamente los relacionados con la aplicación de las nuevas tecnologías de información y comunicación en el campo de la medicina. Esto afecta sobre todo a instituciones públicas como hospitales y ambulatorios que por lo general carecen de recursos y de personal capacitado para atender los casos que se les presentan.

A lo largo del tiempo y con el desarrollo y la implementación de nuevas tecnologías, se ha buscado reducir el impacto que tiene esta carencia en la sociedad, mejorando además los tiempos de respuesta que se obtienen en la mayoría de los casos y la capacidad para atacar la diversidad de estos. Sin embargo, el crecimiento que se obtiene a nivel mundial en cuanto a estas tecnologías no es el mismo en todos los países. Existen países que se ven afectados por un desarrollo lento y sufren por esta incapacidad, sobre todo en zonas rurales. El avance obtenido en el campo de la medicina, viene dado por diferentes estudios realizados en otras disciplinas como la Electrónica y la Informática, que a través del tiempo han desarrollado tecnologías que han sido aceptadas y adaptadas para el beneficio de las comunidades. La Ingeniería

de Telecomunicaciones como parte de una de estas disciplinas, se ha caracterizado por buscar y desarrollar soluciones para cubrir el impacto que puede tener la distancia, la falta de recursos y de personal en estas zonas, además de buscar que la atención a los pacientes sea lo más eficiente, cómoda, rápida y posible, minimizando los tiempos de respuesta y el traslado que requieren tanto los pacientes como el personal médico.

Una de las áreas que necesita mayor atención, y una mejora en los tiempos de respuesta, es el área de Cardiología; ya que el corazón como órgano principal del sistema circulatorio, requiere especial atención y rapidez en diagnóstico al momento de presentar algún comportamiento atípico.

Como solución a la problemática, específicamente a la que se presenta en el área de cardiología se diseñará una aplicación que permita realizar la transferencia y recepción de las imágenes ECG (Electrocardiograma) desde un terminal móvil hasta un servidor, con la finalidad de que esta información sea recibida por el personal médico de guardia, especializado en el área, sin la necesidad de estar presente en el lugar, mejorando los tiempos de respuesta ya que se pueden recibir los distintos ECG de varios pacientes de manera remota, lo que a su vez busca cubrir la carencia de equipos y personal que se tiene en los distintos centros de asistencia médica.

. Este diseño se caracterizará por ser específico para el S.O. (Sistema Operativo) ANDROID ya que este es un software nuevo que ha tenido un gran impacto en el mundo de la telefonía y una gran aceptación por la facilidad que presenta en cuanto a las herramientas que brinda para ser adaptado a distintas tareas, además de que, gracias a su rápida integración por parte de los distintos fabricantes de dispositivos móviles, se ha hecho muy popular y se encuentra en constante crecimiento, lo que a su vez ofrece una gran variedad en lo que respecta dispositivos móviles.

I.2 Objetivos

I.2.1 Objetivo General

Diseñar una aplicación que permita realizar la transferencia y recepción de electrocardiogramas (ECG) desde un terminal móvil hasta un servidor que permita a su vez que esta información sea recibida y analizada por personal médico especializado en cardiología, sin la necesidad de estar presente en el lugar del paciente.

I.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar un estudio detallado de las capacidades de los equipos.
- Seleccionar el formato más adecuado para la presentación de la imagen ECG para la clara interpretación por el médico especialista.
- Seleccionar la tecnología que mejor se adapte a los requerimientos de transmisión y recepción de la data ya sea USB, BLUETOOTH o WIRELESS.
- Diseñar la aplicación en ANDROID encargada de la transmisión y recepción del ECG.

I.3 Justificación

En la actualidad la aplicación de las tecnologías de información y comunicación (TIC) favorece la promoción de servicios de alta calidad para el cuidado de la salud a nivel local, regional, nacional e inclusive global. Entre las aplicaciones más importantes que ofrece la tecnología en el ámbito clínico, el electrocardiograma (ECG) constituye una herramienta indispensable para la monitorización de parámetros vitales del corazón en los pacientes.

En Venezuela existe una carencia de médicos especialistas, lo que se puede notar principalmente en las zonas rurales del país. Este proyecto surge con la intención de promover el desarrollo de la telemedicina para ayudar a resolver en cierto grado esta carencia de médicos especialistas en las zonas más afectadas y así contribuir a mejorar la equidad en el acceso salvando distancias geográficas, de tiempo y de otros tipos, mediante la implantación de servicios de telemedicina tales como: tele-cardiología, tele-consulta general, comunicación primaria especializada, entre otros.

En razón a lo antes expuesto, esta investigación resulta de gran importancia porque permitirá apoyar, en primera instancia lo que la Organización Mundial de la Salud (OMS) se plantea como reto : “Salud para todos ” .Es [por ello que se hace necesario asentar y/o creardiseños como el propuesto , sobre las bases de lasalud, la equidad y la solidaridad;Haciendo uso de la aplicación de las nuevas tecnologías al sistema sanitario , facilitando el diagnóstico, atención y seguimiento de los pacientes a distancia (y en áreas remotas), es decir crear estándares técnicos, de actuación y de calidad, para poder comparar y compartirdiagnósticos e historiales clínicos con otros profesionales y gestionar el conocimiento científico,ya sea de cara a la investigación o en la búsqueda y estudio de casos excepcionales parecidos, comparando diagnósticos, tratamientos y resultados que minimicen las distancias para brindar la atención oportuna antes de llegar a un centro asistencial .

Este trabajo de investigación aportara y servirá como referencia para otras investigaciones afines, así como, la aplicación de un nuevo diseño de transferencia y recepción de electrocardiogramas de manera digital a poblados remotos que no poseen de centros asistenciales con equipos de alta tecnología, a través de este diseño se brindara la atención primaria a pacientes con este tipo de patología en zonas muy distantes.

I.4 Alcances y Limitaciones

I.4.1 Alcances

Analizar los electrocardiogramas para saber las capacidades de estos equipos, y a su vez estudiar los aspectos técnicos que permiten realizar la transferencia de imágenes de los ECG.

Seleccionar un servidor apropiado para acceder a las imágenes de los ECG y almacenarlas bajo un formato adecuado para su visualización. En base a las distintas tecnologías de transmisión escoger la más apropiada para la transferencia de los datos.

Realizar la programación necesaria para el diseño de la aplicación a ejecutar en el dispositivo móvil bajo el sistema operativo ANDROID, la cual permita visualizar y analizar las imágenes de los ECG.

I.4.2 Limitaciones

A pesar de ser un proyecto factible, este Trabajo Especial de Grado (TEG), no contempla su implementación en un centro de estudio cardiológico. Este Trabajo Especial de Grado se limita al diseño y prueba de la aplicación desarrollada en ANDROID y a la escritura de un tomo donde se especifique y recomiende las pautas necesarias para su posterior implementación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

II.1 Telemedicina

La telemedicina (TM) puede definirse como el empleo de la tecnología de la telecomunicación para ofrecer un servicio médico. La TM ha experimentado un desarrollo paralelo al de Internet, y por tanto se ha visto favorecida por el abaratamiento del coste tecnológico y el interés de la sociedad por todo lo relacionado con la red.

Las posibilidades asistenciales, científicas, docentes y de gestión de la TM crecen día a día, y la hacen imprescindible en la práctica cotidiana.

LA TELEMEDICINA ASISTENCIAL: En realidad, la TM asistencial no es un acto médico nuevo, puesto que todos los médicos utilizan habitualmente la teleconferencia por vía telefónica durante una guardia o para resolver dudas diagnósticas con algún colega de otra ciudad. Es la introducción de las imágenes y la generalización de la oferta a la sociedad lo que es algo novedoso.

Como ocurre con todas las técnicas de reciente introducción, existe una importante controversia acerca de la conveniencia del empleo de la TM asistencial. Las situaciones en las que la TM es útil son muchas, sin que ello suponga la sustitución del médico por Internet y los ordenadores.

La telemedicina con imágenes puede hacerse de dos formas: en diferido (transmisión de imágenes estáticas) o en tiempo real (videoconferencia). Ambos sistemas son útiles y tienen ventajas e inconvenientes.

La telemedicina en diferido consiste en enviar al especialista unas imágenes digitales junto con la historia clínica del paciente para que las estudie en su conjunto y emita un juicio diagnóstico. El envío del material por vía electrónica no requiere gran infraestructura ni banda ancha, por lo cual el coste es bajo. No es necesaria la coordinación temporal entre los médicos implicados ni entre los mismos y el paciente, por lo que se ahorra tiempo en la ejecución de la asistencia. Una desventaja es la ausencia de interacción personal entre el médico y el paciente, lo cual impide acceder a determinada información clínica adicional que en algunos casos resulta imprescindible.

La telemedicina en tiempo real se realiza a través del sistema de videoconferencia, por lo que precisa mayor infraestructura y un mayor ancho de banda para transmitir las imágenes. Al realizarse "en directo" necesita un presentador del paciente (habitualmente el médico de cabecera, en otros países una enfermera) y la coordinación entre los participantes (médico general, paciente y médico especialista), por lo que consume más tiempo. Sin embargo, permite ampliar la información clínica, focalizar las imágenes en los puntos de mayor interés y determina una aceptable alternativa a la relación médico-paciente convencional. Además, el médico general aprende y recibe las instrucciones adecuadas para manejar al paciente desde el Centro de Salud.(Martín & Corral, 2005)

II.2 Electrocardiógrafo

El electrocardiógrafo es un aparato diseñado para que muestre la dirección y la magnitud de las corrientes eléctricas producidas por el corazón. Debido a que la corriente fluye en múltiples direcciones del músculo cardíaco, este aparato obtiene la resultante de todos estos vectores (Figura 1) mediante electrodos colocados en diferentes partes del cuerpo, sobre la piel.

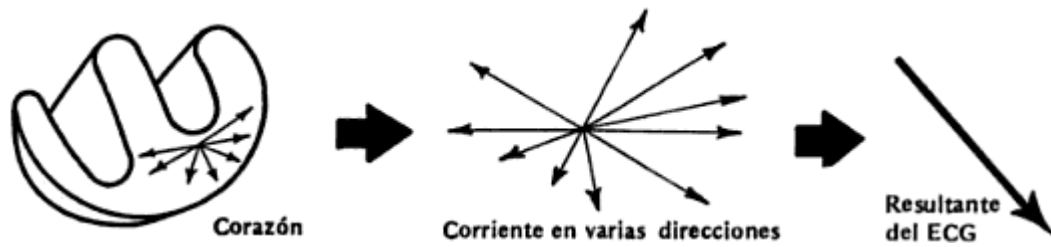


Figura1. Actividad eléctrica del corazón. (Fuente: Arango Escalona, 2003).

El electrodo sobre la piel está conectado a otro electrodo a través del electrocardiógrafo, un galvanómetro mide la corriente que pasa por el aparato y es el responsable directo de la inscripción electrocardiográfica.

Los ingenieros han designado arbitrariamente como positivo a aquel electrodo que produce una deflexión positiva (hacia arriba) en el ECG cuando una corriente se acerca hacia él:

(Arango Escalona, 2003)

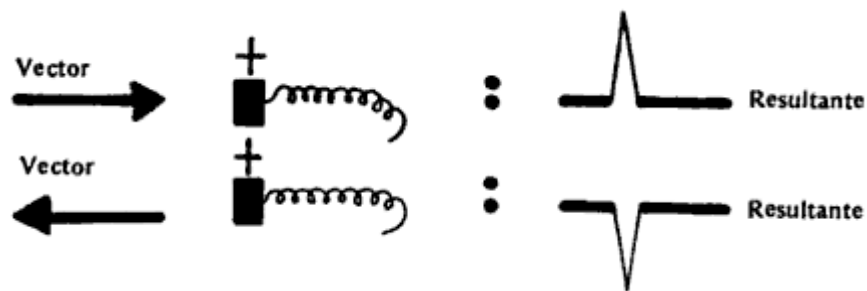


Figura2. Voltaje resultante. (Fuente: Arango Escalona, 2003).

El funcionamiento del electrocardiógrafo, como equipo de diagnóstico clínico, se basa en la instalación de una serie de electrodos en la superficie de la piel del paciente a nivel de la región torácica. Estos electrodos permiten capturar la señal electrocardiográfica generada por la actividad del músculo cardiaco del paciente y se pueden colocar de la siguiente forma:

Derivaciones:



Figura3. Derivaciones bipolares. (Fuente: Bautista González & David Alzate, 2005).

Derivada uno, derivada dos y derivada tres (DI, DII, DIII) llamadas también señales bipolares.

Señales amplificadas:

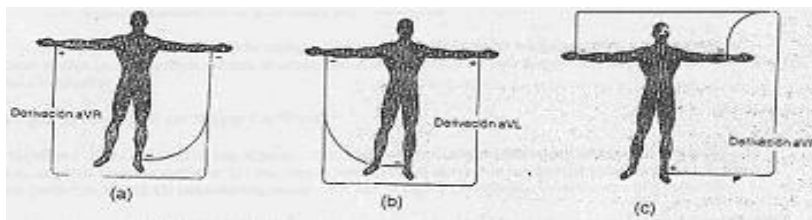


Figura4. Derivaciones unipolares.

(Fuente: Bautista González & David Alzate, 2005).

Estas señales se colocan en cada uno de los miembros correspondientes al triángulo de Eithoven: Vector amplificado derecho, vector amplificado izquierdo y vector amplificado pierna (aVR, aVL,aVF). Se conocen también como derivaciones unipolares.(Bautista González & David Alzate, 2005)

Señales Precordiales:

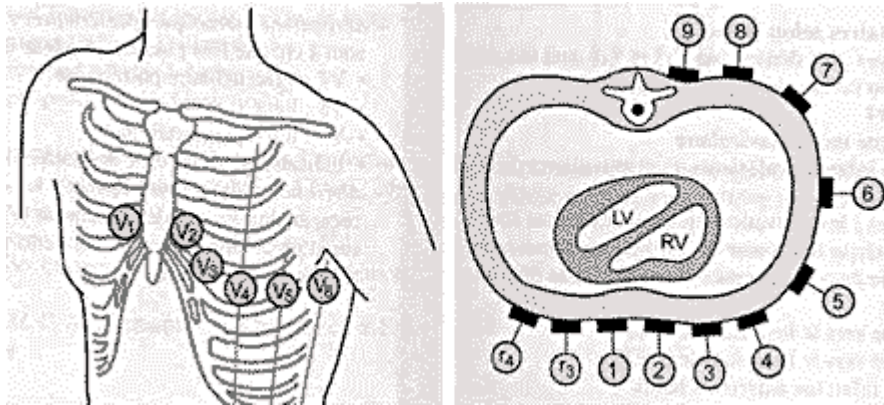


Figura5. Señales precordiales. (Fuente: Bautista González & David Alzate, 2005).

A las señales unipolares se les agregan seis derivaciones del tipo unipolar que son las derivaciones precordiales en las cuales el electrodo explorador se coloca en seis puntos diferentes del tórax. Se denominan de V1 a V6. (Bautista González & David Alzate, 2005)

Gracias a estas derivaciones se obtiene una imagen total de la actividad eléctrica del corazón:

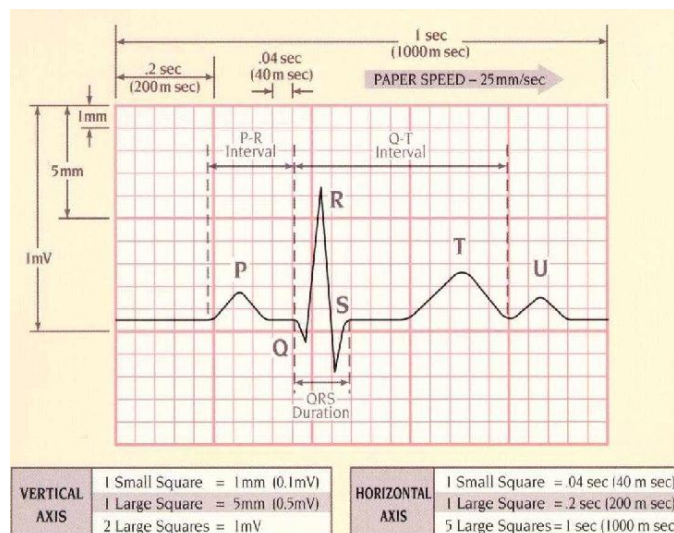


Figura6. Ondas características de un ECG.

(Fuente: Bautista González & David Alzate, 2005).

El nodo sinusal produce un impulso eléctrico que da una frecuencia aproximada entre 60 y 80 pulsaciones por minuto en un individuo normal en reposo. Este impulso se extiende a lo largo de la aurícula y se dirige de arriba hacia abajo un poco oblicua, de la derecha a la izquierda y de atrás hacia adelante, por lo que los campos eléctricos y el vector resultante van a tener una orientación especial.

Onda P: Es la primera; representa la activación eléctrica de la aurícula y su duración oscila entre 0.08 a 0.10 segundos y 2 mm de altura, es una inscripción lenta y de contornos redondeados.

Complejo QRS: También se le conoce como complejo de despolarización ventricular y como su nombre lo indica, implica la activación eléctrica de los ventrículos. Su duración puede ir entre 0.05 y 0.08 seg y está formado por la unión de 3 ondas y pueden existir otras deflexiones (ondas) positivas o negativas

Onda T: Representa la repolarización ventricular y puede ser positiva, negativa o en casos específicos bifásica o plana. Es lenta y asimétrica.

Onda U: Se encuentra en ocasiones y se debe a algunos post-potenciales al principio de la diástole ventriculares y antecede a la onda P

El intervalo RR: Representa la distancia entre dos contracciones ventriculares si el ritmo ventricular es regular.

II.3 Electrocardiograma

Un electrocardiograma (ECG o EKG) es un registro de la actividad eléctrica del corazón realizado con electrodos (conductores eléctricos) colocados en la superficie de la piel, usualmente en los dos brazos y piernas y en el pecho.

La expansión y contracción del corazón para bombear sangre al cuerpo es controlada por pequeños impulsos eléctricos dentro del corazón. Estos impulsos pueden ser detectados por electrodos colocados en la piel y transmitidos a la máquina de electrocardiogramas por medio de cables. Luego, la máquina de ECG traduce los impulsos en picos y valles o líneas onduladas.

El ECG registra la actividad eléctrica del corazón que ocasiona que el músculo cardiaco se contraiga. Un patrón normal de ECG consiste de varios picos y valles que representan un solo ciclo cardiaco. Un ciclo cardiaco consiste de un solo latido, cuando el corazón se llena de sangre y luego se contrae para enviar la sangre al resto del cuerpo. Una parte especializada del corazón, llamada nódulo sinoauricular (SA), envía la señal para el inicio de un ciclo. En las aurículas del corazón (cámaras en las que la sangre se almacena temporalmente antes de ser enviada a los ventrículos, desde donde es bombeada hacia afuera), un cambio eléctrico ocasiona que la pluma del ECG se mueva y luego vuelva a la posición neutral. La onda producida en el ECG se conoce como onda P.

Enseguida, el impulso eléctrico viaja a través del nódulo auriculoventricular (AV) para llegar a las células musculares de los ventrículos, ocasionando que se despolaricen (que cambien su carga eléctrica). Debido a que las paredes de los ventrículos son mucho más grandes que las de las aurículas, el cambio eléctrico es mayor y la pluma traza una onda más grande. Al terminar el cambio eléctrico, la pluma vuelve a la posición neutral, dejando una marca llamada complejo QRS, que usualmente consiste de una onda Q, una onda R y una onda S. Los cambios eléctricos que ocurren a medida que las fibras musculares ventriculares se repolarizan (recuperan su carga eléctrica) producen una onda T a medida que la pluma vuelve a moverse, terminando el patrón creado por un solo ciclo cardiaco. Los picos y valles del ECG indican entonces si los impulsos eléctricos están recorriendo el corazón a la velocidad correcta y en el orden correcto.(Parmet, 2006)

II.4 Características de la señal ECG

La amplitud de las señales electrocardiografías está en un rango de $\pm 1\text{mV}$., con un ancho de banda requerido que va desde los 0.05 Hz a los 40 o incluso 60 Hz para el caso de la electrocardiografía de diagnóstico, sin embargo, dado que no existe un estándar único, existen autores que establecen el máximo de ancho de banda en valores de hasta 125 e incluso 150Hz. Para aplicaciones de monitoreo, sin embargo, como en el caso de pacientes de cuidado intensivo y pacientes ambulatorios, el ancho de banda es restringido de 0.5– 50 Hz. debido a que en estos casos, las irregularidades en el ritmo (arritmias) son de mayor interés que cambios sutiles en la morfología de la onda (Towmsend, 2001).

II.5 Redes inalámbricas (WIFI)

Una red inalámbrica utiliza la tecnología WIFI (WirelessFidelity), también llamada WLAN (WirelessLan, red inalámbrica) o estándar IEEE 802.11. Su velocidad y alcance, unos 100-300 metros (aunque se ve reducido si hay obstáculos), utilizando hardware asequible, lo convierten en una fórmula perfecta para el acceso a internet sin cables.

Para poder conectarse a una red WIFI se necesita un dispositivo WIFI instalando en el ordenador o teléfono móvil, de esta forma se estará preparado para recibir la señal. Una vez que se encuentra un punto de acceso, es decir, un dispositivo que emita y reciba señales de Internet, si no está protegida, se puede conectar con un par de clics. Si no, se debe indicar la contraseña correspondiente.

Una de las características más importantes de este tipo de conexión es que puede emitirse junto a un protocolo de seguridad que obliga al usuario de la red a introducir una contraseña para poder utilizar la conexión. Este método se usa bastante en las redes inalámbricas instaladas en los hogares. Pero existe toda una iniciativa

mundial para liberalizar estas redes y poder tener acceso a Internet en cualquier sitio donde se encuentre. (aulaClic S.L, s.f.).

Ejemplo de una red inalámbrica se puede ver en la Figura 7.

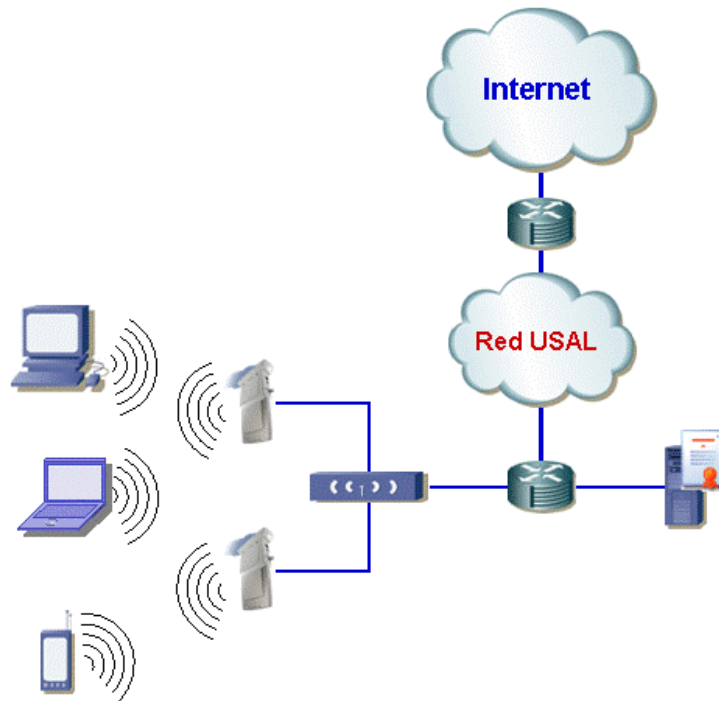


Figura7. Red Inalámbrica. Fuente: (Universidad de Salamanca, s.f.)

II.6 Java

Java es un lenguaje de programación y la primera plataforma informática creada por Sun Microsystems en 1995. Es la tecnología subyacente que permite el uso de programas punteros, como herramientas, juegos y aplicaciones de negocios. Java se ejecuta en más de 850 millones de ordenadores personales de todo el mundo y en miles de millones de dispositivos, como dispositivos móviles y aparatos de televisión.

Existe un gran número de aplicaciones y sitios Web que no funcionan a menos que Java esté instalado, y muchas más que se crean a diario. Java es rápido, seguro y fiable. De portátiles a centros de datos, de consolas de juegos a súper equipos científicos, de teléfonos móviles a Internet, Java está en todas partes. (Oracle, s.f.)

II.7 Teléfono Inteligente (*Smartphone*)

Un teléfono inteligente es un dispositivo móvil que permite a los usuarios almacenar y recuperar correos electrónicos, manejar contactos, información de calendarios, navegar en Internet, mandar y recibir mensajes de texto y manejar archivos multimedia, entre otros. (PC Magazine, 2011)

Los teléfonos inteligentes están diseñados de una forma elegante y ligera, éstos pueden sincronizar información con una computadora, lo que permite a los usuarios ver y editar documentos, presentaciones y bases de datos. Además, tienen *Wi-Fi* integrado que permite a los usuarios tener acceso a Internet, y poseen la capacidad *Bluetooth*. (PC Magazine, 2011)

Los teléfonos inteligentes corren con sistemas operativos avanzados tales como *SYMBIAN*, *WINDOWS MOBILE*, *IPHONE OS*, *BLACKBERRY OS*, *ANDROID*, entre otros. Estos sistemas operativos móviles avanzados permiten a los usuarios descargar, usar aplicaciones, algunos de estos, más específicamente los que están basados en *software* libre como es el caso de *ANDROID* permiten también realizar un fácil desarrollo e implementación de aplicaciones móviles, utilizando las capacidades del teléfono inteligente.

II.8 Sistema operativo móvil

Una definición exacta de lo que es un sistema operativo es difícil de realizar; es un concepto demasiado extenso y variado dependiendo del enfoque o aplicación que se le quiera dar; sin embargo, según Martínez C. y otros (1996), un Sistema Operativo de la siguiente manera:

“El sistema operativo (SO) es el soporte lógico imprescindible para convertir el soporte físico de un computador en una máquina utilizable por el usuario. Conforme con los sistemas informáticos se vuelven más sofisticados, es cada vez más evidente la poca utilidad del soporte físico por sí solo, a pesar de sus grandes prestaciones, para ofrecer servicios efectivos a los usuarios. Por este motivo, uno de los aspectos fundamentales de un SO es el de las operaciones que realiza y las que permite realizar al usuario.”(...)“En un sistema de computación podemos situar al SO por debajo del programa de aplicación, controlando y coordinando el soporte físico para realizar la acciones que establece el usuario a través de su programa. El SO se interpone entre el usuario y el soporte físico, de manera que el usuario no precisa conocer los detalles del funcionamiento del soporte físico, los de los dispositivos de almacenamiento y de los dispositivos de entrada /salida.”.(página 1)

Otra definición de lo que es un sistema operativo es la que se encuentra en el libro “Redes de Computadoras”, que dice así:

“Un ordenador moderno consiste de uno o más procesadores, alguna memoria principal, discos, impresoras, un teclado, una pantalla, interfaces de red y otros dispositivos de entrada/salida. Se trata de un sistema muy complejo. Resulta un trabajo extremadamente difícil escribir programas que controlen todos esos componentes y los utilicen de una forma correcta, no digamos óptima. Por esa razón, los ordenadores están

equipados con una capa de *software* que se denomina el sistema operativo, cuya función es gestionar todos esos dispositivos y proporcionar a los programas del usuario una interfaz con el hardware más sencilla.”. (Tanenbaum, 2003)

Hay que hacer la aclaratoria que los sistemas operativos no fueron diseñados únicamente para su implementación en computadores personales sino también hay algunos sistemas operativos, llamados sistemas operativos móviles que se desarrollaron para ser usados en los *smartphones*. Unos de los sistemas operativos móviles más comunes son: ANDROID de GOOGLE, BLACKBERRY OS de RIM, IOS de APPLE, SYMBIAN OS de THE SYMBIAN FOUNDATION y WINDOWS PHONE de MICROSOFT.

II.9 ANDROID

Es un sistema operativo móvil diseñado para ser utilizado en los llamados *smartphones*. ANDROID esta basado en la arquitectura GNU/LINUX y en sus principios fue desarrollado por GOOGLE. El lanzamiento de ANDROID se realizó el 5 de noviembre de 2007 en conjunto a la fundación OPEN HANDSET ALLIANCE. (Android Developer, 2011)

Este sistema operativo permite el desarrollo de aplicaciones por personas ajenas a GOOGLE, mediante el uso de los llamados API las cuales en el caso de ANDROID están basadas en el lenguaje de programación JAVA. Visto desde el punto de vista de lenguaje de máquina, estos API's son como una serie de llamadas, mientras que si se ve desde una perspectiva de lenguaje de programación de alto nivel, éstos se comportan como un conjunto de procedimientos y funciones, además las API's sirven como intermediario para que el programa de la aplicación se comunique con el sistema operativo o con algún otro programa de control tal como bases de datos. (PC Magazine, 2011)

A medida que se desarrolla una aplicación se utilizan API's de diferentes niveles los cuales determinan la compatibilidad de éstos con el dispositivo en que se desea instalar la aplicación.

El nivel de API es un número entero único que identifica la revisión del API con la versión de ANDROID con la cual éste es compatible. ANDROID proporciona un marco de API que las aplicaciones pueden utilizar para interactuar con la base del sistema operativo. El marco de las API's se compone de:

- Un conjunto de paquetes y clases.
 - Un conjunto de elementos y atributos XML para la declaración en el archivo de manifiesto.
 - Un conjunto de elementos y atributos XML para declarar el acceso a los recursos.
 - Un conjunto de intenciones con las cuales se puede llamar a otras actividades.
 - Un conjunto de permisos que pueden solicitar las aplicaciones.
- (ANDROID Developer, 2011)

II.10 Protocolo TCP/IP

Es un conjunto de protocolos. La sigla TCP/IP significa "Protocolo de control de transmisión/Protocolo de Internet".Proviene de los nombres de dos protocolos importantes del conjunto de protocolos, es decir, del protocolo TCP y del protocolo IP.

En algunos aspectos, TCP/IP representa todas las reglas de comunicación para Internet y se basa en la noción de dirección IP, es decir, en la idea de brindar una dirección IP a cada equipo de la red para poder enrutar paquetes de datos. Debido

a que el conjunto de protocolos TCP/IP originalmente se creó con fines militares, está diseñado para cumplir con una cierta cantidad de criterios, entre ellos:

- Dividir mensajes en paquetes.
- Usar un sistema de direcciones.
- Enrutar datos por la red.
- Detectar errores en las transmisiones de datos.

El conocimiento del conjunto de protocolos TCP/IP no es esencial para un simple usuario, de la misma manera que un espectador no necesita saber cómo funciona su red audiovisual o de televisión. Sin embargo, para las personas que desean administrar o brindar soporte técnico a una red TCP/IP, su conocimiento es fundamental.

II.10.1 Diferencia entre estándar e implementación

En general, TCP/IP relaciona dos nociones:

Noción de estándar: TCP/IP representa la manera en la que se realizan las comunicaciones en una red;

Noción de implementación: la designación TCP/IP generalmente se extiende a software basado en el protocolo TCP/IP. En realidad, TCP/IP es un modelo cuya aplicación de red utilizan los desarrolladores. Las aplicaciones son, por lo tanto, implementaciones del protocolo TCP/IP.

II.10.2 TCP/IP es un modelo de capas

Para poder aplicar el modelo TCP/IP en cualquier equipo, es decir, independientemente del sistema operativo, el sistema de protocolos TCP/IP se ha dividido en diversos módulos. Cada uno de éstos realiza una tarea específica. Además, estos módulos realizan sus tareas uno después del otro en un orden

específico, es decir que existe un sistema estratificado. Ésta es la razón por la cual se habla de modelo de capas.

El término capa se utiliza para reflejar el hecho de que los datos que viajan por la red atraviesan distintos niveles de protocolos. Por lo tanto, cada capa procesa sucesivamente los datos (paquetes de información) que circulan por la red, les agrega un elemento de información (llamado encabezado) y los envía a la capa siguiente.

El modelo TCP/IP es muy similar al modelo OSI (modelo de 7 capas) que fue desarrollado por la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) para estandarizar las comunicaciones entre equipos.

El modelo TCP/IP, influenciado por el modelo OSI, también utiliza el enfoque modular (utiliza módulos o capas), este está estructurado por cuatro capas.

Las funciones de las diferentes capas son las siguientes:

Capa de acceso a la red: especifica la forma en la que los datos deben enrutarse, sea cual sea el tipo de red utilizado;

Capa de Internet: es responsable de proporcionar el paquete de datos (datagrama);

Capa de transporte: brinda los datos de enrutamiento, junto con los mecanismos que permiten conocer el estado de la transmisión;

Capa de aplicación: incorpora aplicaciones de red estándar (Telnet, Simple Mail Transfer Protocol (SMTP), File Transfer Protocol (FTP), etc.).

A continuación se indican los principales protocolos que comprenden el conjunto TCP/IP:

Aplicaciones de red: TCP o User Datagram Protocol (UDP), IP, Address Resolution Protocol (ARP), Reverse Address Resolution Protocol (RARP), File Transfer Service (FTS), Fiber Distributed Data Interface (FDDI), Point-to-Point Protocol (PPP), Ethernet, Red de anillos, entre otros.

II.11 Socket

Es importante conocer este concepto debido a que el protocolo TCP/IP se basa en el uso de los mismos para el envío de los paquetes a través de la red.

Los *sockets* son una abstracción del sistema operativo, los cuales son creados, utilizados y posteriormente cerrados, únicamente por las aplicaciones cuando el uso de éstos sea necesario; sus funciones están controladas directamente por el sistema operativo. Gracias a los sockets es que se puede establecer comunicación entre los procesos, ya que es a través de ellos que se envían los mensajes que fluyen entre los sockets.

Hay que mencionar que toda comunicación a través de Internet es realizada por medio de los *sockets*, ya que cada proceso que se está comunicando se identifica en Internet por medio de su socket, el cual posee un número de identificación único el cual está formado de la siguiente manera:

Identificador = direccion IP + numero de puerto

(Baydal, y otros, 2005)

Existen diferentes tipos de sockets los cuales pueden corresponder a diferentes protocolos que pueden funcionar en diferentes capas, todos dentro de un mismo ordenador trabajando simultáneamente. Existen dos principales tipos de *sockets* utilizados para el envío de información a través de Internet, el *stream socket* y el *datagram socket*. El *stream socket* es utilizado por TCP en conjunto con IP para garantizar un flujo de byte continuo y seguro de punta a punta, mientras que el *datagram socket* es utilizado por el protocolo UDP en conjunto con IP, el cual usa el llamado servicio del mejor esfuerzo, para enviar paquetes de un máximo de 65500 bytes. (Makofske, Donaho, & Calvert, 2009)

En la Figura se puede observar un diagrama de conexiones lógicas entre diferentes sockets:

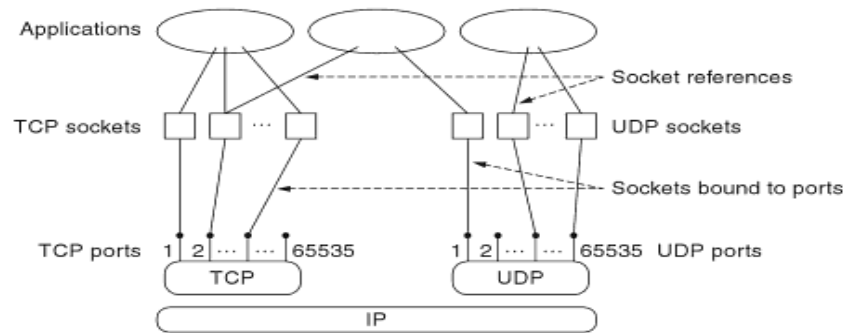


Figura8. Sockets, protocolos y puertos.

Fuente: (Makofske, Donaho, & Calvert, 2009).

II.12 Sistema de transmisión de datos por red celular

La telefonía celular ofrece una gran movilidad ya que permite tener una comunicación en tiempo real, transmitiendo voz y datos, desde cualquier lugar que posea cobertura ofrecida por las redes existentes. (Neto Mullo, 2006)

Esta telefonía es basada en la combinación de una red de radio bases, llamadas y una serie de centrales telefónicas las cuales permiten gestionar el tráfico telefónico manejado por las radio bases, de esta manera es posible la comunicación entre los terminales móviles y teléfonos de la PSTN (*PublicSwitchedTelephoneNetwork*). (Neto Mullo, 2006)

A continuación se muestra la Tabla 1, la cual presenta una comparación entre la evolución de las tecnologías de la red celular.

Tecnología	Año de aparición	Transmisión	Transmisión de Datos	Seguridad	Tecnología
1G	1979	Analógica	No	No existente	AMPS
2G	1990	Digital	Limitado	Si	GSM / CDMA
3G	2001	Digital	Superior	Si	GSM / CDMA

Tabla1: Evolución de la Tecnología Inalámbrica.Fuente: ElaboraciónPropia.

AMPS: Advanced Mobile Phone System

GSM:Global System for Mobile Communications.

CDMA: Code Division Multiple Access.

II.13 IEEE 802.11 (WI-FI)

El IEEE 802.11 es un conjunto de estándares para implementar una red local inalámbrica, entre los principales beneficios que ofrece la norma se encuentra la movilidad y la flexibilidad,(Ornelas, 2012)por esto es parte fundamental de este Trabajo Especial de Grado, Una red Wi-Fi (*WirelessFidelilty*), en cualquier ambiente ofrece:

- Movilidad
- Simplicidad y rapidez en la instalación
- Flexibilidad en la instalación
- Costo de propiedad reducido
- Escalabilidad

Los teléfonos inteligentes cuentan con conexión inalámbrica (*WirelessFidelity*) a Internet por defecto, lo que hace de este estándar fundamental para el desarrollo de este trabajo.

A continuación se presenta la Tabla2 en la cual se presenta una comparación de los estándares disponibles.

Estándar	Velocidad Máxima	Ancho de Banda de Canal	Frecuencia	Interface de aire
802.11b	11 Mbps	22 MHz	2.4 GHz	DSSS
802.11a	54 Mbps	20 MHz	5.0 GHz	OFDM
802.11g	54 Mbps	22 MHz	2.4 GHz	OFDM/DSSS
802.11n	600 Mbps	20 MHz	5.0/2.4 GHz	OFDM

Tabla2 Estándares de IEEE 802.11. Fuente: Elaboración Propia.

DSSS: Direct-Sequence Spread Spectrum.

OFDM: Orthogonal Frequency-Division Multiplexing.

II.14 Formatos

A continuación se presentan una serie de formatos tanto de imagen como de audio los cuales son usados en el desarrollo de este trabajo especial de grado.

II.14.1 Formatos de imagen

Existen varios tipos de formatos de imágenes digitales, las cuales el usuario no necesariamente debe tener conocimiento de los mismos, sin embargo hay que tener en consideración que cada uno de estos formatos tiene ciertas propiedades que los diferencian entre si, como lo son cantidad máxima de colores, transparencia,

animación, compresión y dimensiones. Los formatos digitales de imágenes más comunes son JPEG, PNG y GIF.(Caraballo, 2012)

El formato GraphicsInterchangeFormat (GIF) utiliza un esquema de compresión LZW (*LempelZivWelch*) para reducir el tamaño y posee una paleta de colores que se limita a 8 bits o lo que es lo mismo a 256 colores, además se puede definir un color como transparente lo cual permite a la imagen dar sensación de translucidez y dejará observar lo que se encuentra detrás de la imagen, además posee dos modos de descarga; el normal, en el cual se descarga la imagen completa línea a línea, y el modo entrelazado en el cual las líneas de la imagen se guardan en dos grupos como por ejemplo, grupo 1 (líneas 1,3,5,7...) y grupo 2 (líneas 2,4,6,8...), de este modo a medida que se van descargando las líneas estas se van entrelazando formando la imagen.(Luján, 2002)

JPEG (*JointPhotographicExpertsGroup*) es un formato que define una familia de algoritmos de compresión para imágenes fijas de tono continuo. Este formato trabaja con cuatro modos de operación, el modo DCT (Transformada Discreta de Coseno) secuencial, el modo DCT (Transformada Discreta de Coseno) progresivo, el modo sin pérdida y el modo jerárquico. Dependiendo del modo, la imagen será representada en uno o más pasos. Cada uno de estos pasos es llamado trama dentro de este estándar. El algoritmo de compresión que utiliza es uno con pérdidas, el cual es ajustable dependiendo con que calidad se desea reconstruir la imagen. Este algoritmo de compresión utiliza dos "defectos" que el sistema visual humano posee para lograr eliminar información de la imagen que el ojo no es capaz de detectar.

El primero de ellos consiste en que no todos los humanos tienen la misma capacidad para apreciar las variaciones de crominancia que las variaciones de luminancia. La segunda, es que somos capaces de detectar ligeros cambios en el tono entre dos zonas de color adyacente pero, cuando la diferencia es grande, esta no tiene por qué ser codificada de forma precisa.(Lagos, 2012)

El formato PNG (*Portable Network Graphics*) fue desarrollado como una alternativa al formato GIF por la W3C (*World Wide Web Consortium*). Este formato fue desarrollado específicamente para ser usado en Internet y posee las siguientes características:

- Soporte de imágenes basadas en una paleta de hasta 8 bits
- Soporte de escala de grises de hasta 16 bits
- Escala de colores de 24 a 48 bits
- Transparencia binaria
- Transparencia alfa de 256 o 65536 niveles de transparencia parcial

Este formato actualmente no permite animaciones, sin embargo actualmente se encuentra en desarrollo una mejora para poder incorporar esta propiedad a este formato de imágenes. (Lujan, Programacion de aplicaciones web:historia, principios básicos y cliente web., 2002).

II.14.2 Formato de Audio

Adaptive Multi-Rate (AMR)

Se utiliza en la codificación de voz e implica la compresión de datos de audio. La compresión de datos de audio permite un mayor almacenamiento de archivos de voz. ".amr" es una extensión de nombre de archivo popular para AMR. Muchos teléfonos celulares utilizan AMR para el almacenamiento de la grabación del mensaje.

AMR se asocia especialmente con el Sistema Global para Comunicaciones Móviles (GSM). GSM, un sistema de conmutación de circuitos, que se originó en Europa en la década de 1980 y se utiliza en muchos países europeos. Varias compañías de telefonía celular en Estados Unidos y otros países no europeos también utilizan la tecnología GSM.

La codificación de voz utiliza un códec de voz de circuito, que transforma digitalmente el habla. La música puede ser codificada y decodificada en un códec de voz, pero la calidad de la música producida generalmente es bastante pobre. El discurso o códec de voz se hace específicamente para analizar el lenguaje humano en lugar de ofrecer un sonido de calidad de audio en formas tales como la música.

AMR utilizado en la tecnología celular se dice que proporciona la más alta calidad de la claridad del habla para la comunicación remota teléfono móvil al precio más bajo posible. AMR se piensa que es un códec de voz muy adaptable para muchos canales de radio diferentes. El AMR puede ajustarse al proporcionar bits adicionales para ayudar a corregir errores cuando las condiciones del canal son malas, mientras que todavía proporciona solamente una cantidad mínima de bits durante buenas condiciones de canal. Esto significa que la calidad AMR tiene más bits disponibles para la codificación de voz que otros códec de voz. (Cyprus, 2010)

II.15 DDNS (Sistema Dinámico de Nombres de Dominio)

DDNS son las siglas de DynamicDomainName Server o Servidor de Nombres de Dominio Dinámico y es un servicio de red que funciona mediante un servidor en Internet que traduce direcciones IP aleatorias (IP dinámicas) a un nombre de dominio fijo y único.

Si la intención es configurar un servidor web, FTP, montar una VPN, etc, se necesita tener localizado el router en Internet para poder tener acceso. Esto se consigue mediante la función DDNS.

Dicha función permite configurar el router para asociarlo, mediante un nombre de dominio, a una dirección IP. Esto lo lleva a cabo un servidor que proporciona soporte para DNS con IP dinámica. (Cctvperu, 2012)

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y DESARROLLO

En este capítulo se presentan los pasos y métodos que permitieron desarrollar el presente Trabajo Especial de Grado. De igual manera se muestran aspectos como el tipo de investigación, las técnicas y procedimientos que fueron utilizados para llevar a cabo dicho trabajo.

III.1 Fase de Investigación

En esta etapa se investigó la teoría necesaria para el desarrollo del proyecto, englobando primordialmente los conceptos relacionados a la programación en Java para el sistema operativo ANDROID. También se realizaron las investigaciones pertinentes en cuanto al equipo de electrocardiografía que se utilizó durante el desarrollo de este Trabajo Especial de Grado.

III.1.1 Electrocardiógrafo MicrotelCardiette

Para el desarrollo de este proyecto se utilizó específicamente el electrocardiógrafo MicrotelCardiette, el cual fue usado para realizar las pruebas necesarias gracias al apoyo de ITMS (International Telemedical Systems) Venezuela y del Doctor José Andrés Octavio. En la Tabla 3 se muestran las características técnicas de este dispositivo.

MicrotelCardiette	
<u>Características</u>	<u>Descripción</u>
Derivaciones	12 derivaciones estándar, capturadas simultáneamente.
Modo Operativo	Acústico: captura y memorización de las 12 derivaciones por 60 segundos y eventual transmisión en modalidad acústica.
Cable del paciente	Cable de 10 hilos con conector alemán y protección contra desfibrilación.
Protocolos de transmisión acústica	12X2.5 / DIIx10: secuencia de las 12 derivaciones todas transmitidas por 2,5 segundos con la excepción de la DII transmitida por 10 segundos; 12X2.5 + DIIx10: secuencia de las 12 derivaciones todas por 2,5 segundos con repetición final de la DII transmitida por 10 segundos; 12X10: secuencia de las 12 derivaciones todas transmitidas por 10 segundos; Los mismos protocolos están disponibles para 7 derivaciones.
Alimentación y Consumo	Pilas AA, alcalinas ultra o NiMh recargables (de por lo menos 2500mAh), 340 mA.

Tabla3. Características técnicas Microtel Cardiette. Fuente: Elaboración propia.

Este dispositivo es usado por varios médicos a nivel nacional para grabar exámenes electrocardiográficos, los cuales son enviados a ITMS Venezuela para su posterior procesamiento.

El mecanismo utilizado por este electrocardiógrafo para transmitir el examen realizado, consiste en enviar una señal acústica mediante una llamada telefónica a una central de ITMS Venezuela, la cual hace uso de un software especializado para procesar la señal, y arrojar los resultados que serán enviados al médico posteriormente. Este Trabajo Especial de Grado se realizó para simplificar este proceso mediante la implementación de nuevas tecnologías.

III.2 Herramientas de diseño y simulación.

Debido a que el objetivo de este proyecto era desarrollar una aplicación para el sistema operativo ANDROID capaz de enviar y recibir imágenes de ECG, era necesario contar con ciertos programas y herramientas para la programación de la misma.

Las tres herramientas principales utilizadas para el desarrollo del proyecto fueron las siguientes:

- Eclipse + ADT (ANDROID Developer Tools)
- JDK (Java Development Kit)
- ANDROID SDK (Software Development Kit)

III.2.1 Eclipse y ADT

El software empleado para el desarrollo de la aplicación fue Eclipse, el cual es un entorno de desarrollo integrado de código abierto. A este software se le tuvo que instalar adicionalmente un plug-in o complemento para poder programar específicamente para el sistema operativo ANDROID, este complemento es el llamado ADT y permite extender las capacidades de Eclipse para poder crear

rápidamente nuevos proyectos de ANDROID, crear la interfaz de usuario para la aplicación, crear el archivo apk para poder distribuir e instalar la aplicaciones en los dispositivos móviles, etc.

Existen otros programas de entorno de desarrollo integrado libre como NetBeans, pero Eclipse fue el escogido para el desarrollo de esta aplicación debido a que es el software recomendado en la página oficial para desarrolladores de ANDROID (<http://developer.ANDROID.com>) y también el complemento ADT para este, esta bastante desarrollado.

III.2.2 JDK y ANDROID SDK

El JDK es un software que proporciona las herramientas de desarrollo necesarias para la creación de programas en Java.

El ANDROID SDK es una herramienta muy importante ya que al instalarla se cuenta con: las bibliotecas del sistema operativo para las aplicaciones, un depurador de código, documentación, ejemplos de código, tutoriales y un simulador de teléfono inteligente que puede correr distintas versiones de ANDROID, este último fue de suma importancia ya que en él se realizaron las pruebas iniciales de cada parte del código que se escribía para la aplicación.

III.3 Diseño y Desarrollo de la aplicación.

Luego de haber realizado los diferentes estudios del dispositivo a utilizar y se instalaran los programas necesarios, se procedió al desarrollo de la aplicación que consta de varias etapas, la cual se estructuró de la siguiente manera:

III.3.1 Proceso de Trasmisión

En primera instancia el médico le realiza el estudio del ECG al paciente con el electrocardiógrafo, este emite un sonido el cual es grabado por el teléfono inteligente por medio de la aplicación diseñada y posteriormente es enviada a la central de ITMS Venezuela para el proceso de la señal.

Una vez recibido el sonido a través de un servidor el cual se denominó “Servidor TX-RX”, se trasmite al servidor de ITMS Venezuela que por medio de un software puede procesar la señal y transformarla en una imagen, la cual se guarda en el servidor FTP y es transmitida de vuelta al teléfono inteligente para la visualización del electrocardiograma con los respectivos comentarios realizados por el especialista, los cuales son realizados en ITMS Venezuela.

Los servidores TX-RX y FTP fueron desarrollados con la finalidad de poder realizar pruebas sobre el correcto funcionamiento de la aplicación móvil, verificando la adecuada implementación y ejecución por parte del cliente.

En la Figura 9 se puede observar como se realiza el proceso para la transmisión y recepción de la imagen ECG.

III.3.2 Obtención del sonido

Para obtener el sonido mediante la aplicación en el teléfono, primero se analizaron las características técnicas del electrocardiógrafo MicrotelCardiette expuestas en la Tabla 3, en la cual se observa que la transmisión del sonido se hace en forma de una señal acústica, por esto se decidió hacer uso del micrófono para su grabación y almacenamiento. En la aplicación fue necesario establecer los permisos de control de hardware para grabar audio y de almacenamiento de data, estos permisos son establecidos en el archivo “ANDROIDManifest.xml” de dicha aplicación.

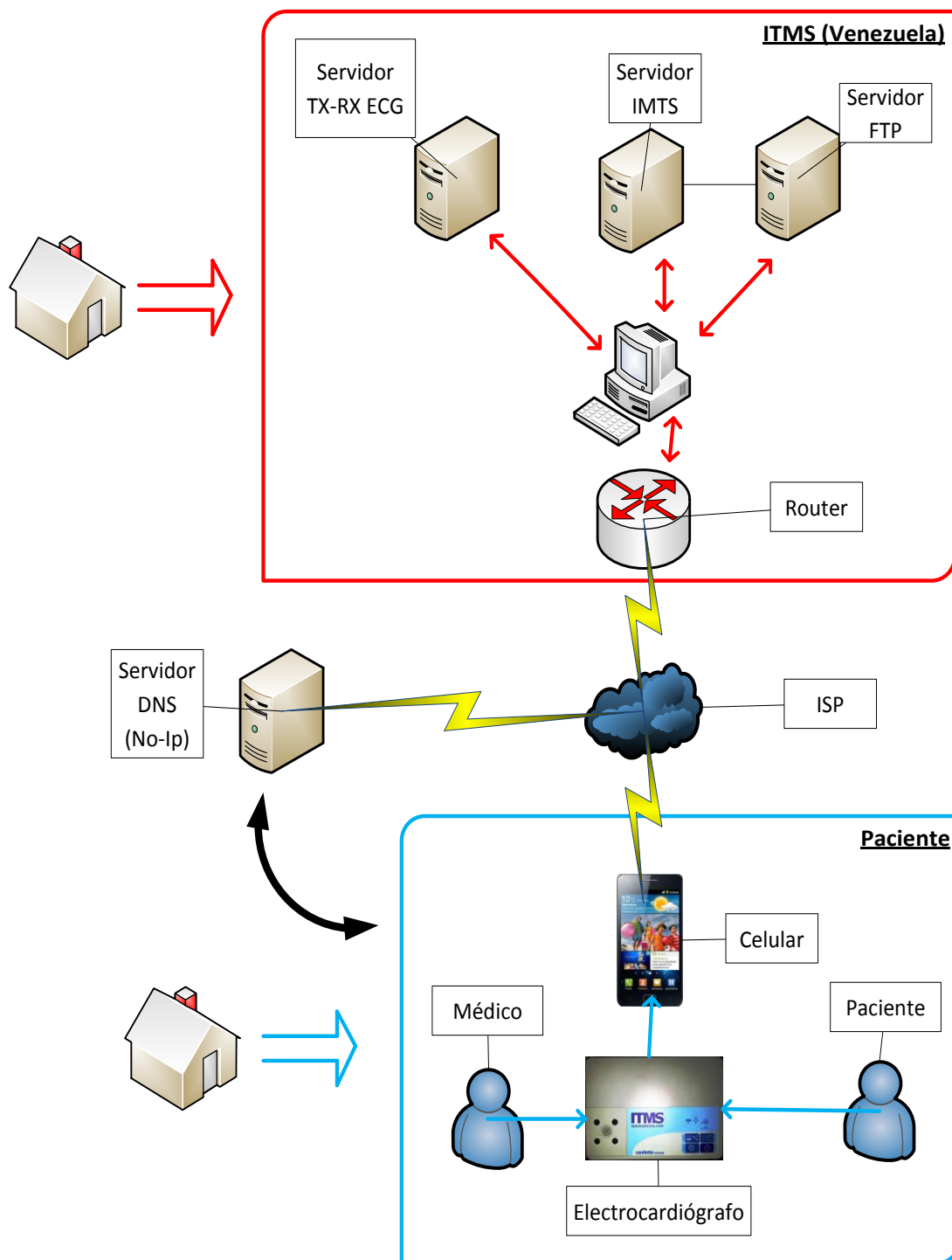


Figura9. Proceso de Trasmisión y Recepción. Fuente: Elaboración Propia.

Para poder grabar el archivo de audio y poder almacenarlo en la memoria del teléfono se utilizó la clase “MediaRecorder” la cual es la encargada de grabar audio o video en un directorio deseado. Se decidió almacenar las grabaciones de audio en un directorio creado por la aplicación mediante el comando que se puede observar en la Figura 10. Para guardar los archivos de audio específicamente en este directorio se hizo uso del código colocado en la Figura 11. El nombre para guardar el archivo es definido por el usuario al ingresar su cédula de identidad y luego se le agrega la fecha del día en que se está realizando la prueba, esta es agregada mediante las instrucciones en la Figura 12. El formato escogido para guardar la grabación realizada fue AMR, este formato es usado por varias aplicaciones para la adquisición de voz en los dispositivos para su posterior transmisión vía redes inalámbricas, para poder definir el formato se realizaron las instrucciones que se pueden observar en la Figura 13.

```
File nfile7 = new File(Environment.getExternalStorageDirectory()+ "/ECGUCAB/Sonido/");  
nfile7.mkdir();
```

Figura 10. Creación directorio "ECGUCAB/Sonido/". Fuente: Elaboración propia.

```
recorder.setOutputFile(Environment.getExternalStorageDirectory().getPath()+  
"/ECGUCAB/Sonido/"+ newtext + "-" + date + "(" + contador+ ")" + ".amr");
```

Figura11. Ruta donde se guardara el archivo de audio. Fuente: Elaboración propia

```
android.text.format.DateFormat df = new android.text.format.DateFormat();  
date = (String) df.format("ddMMyyyy", new java.util.Date());
```

Figura12. Instrucciones para agregar fecha. Fuente: Elaboración propia.

```
recorder.setOutputFormat(MediaRecorder.OutputFormat.RAW_AMR);
```

Figura13. Formato de salida de grabación. Fuente: Elaboración propia.

El formato AMR fue escogido debido a que no ocupa una gran cantidad de memoria cuando es almacenado y esto también lo hace un formato ligero al momento de ser transmitido por las redes inalámbricas (Red móvil, Wi-Fi), las cuales son las redes elegidas en este proyecto para la transmisión y recepción de la información.

Para comprobar que la grabación no era alterada al momento de ser captada

por el dispositivo ANDROID se realizó una prueba de transmisión directa entre el electrocardiógrafo e ITMS y luego entre el dispositivo ANDROID e ITMS, y como se puede observar en las Figuras 14 y 15, el resultado fue el mismo en ambas ocasiones.

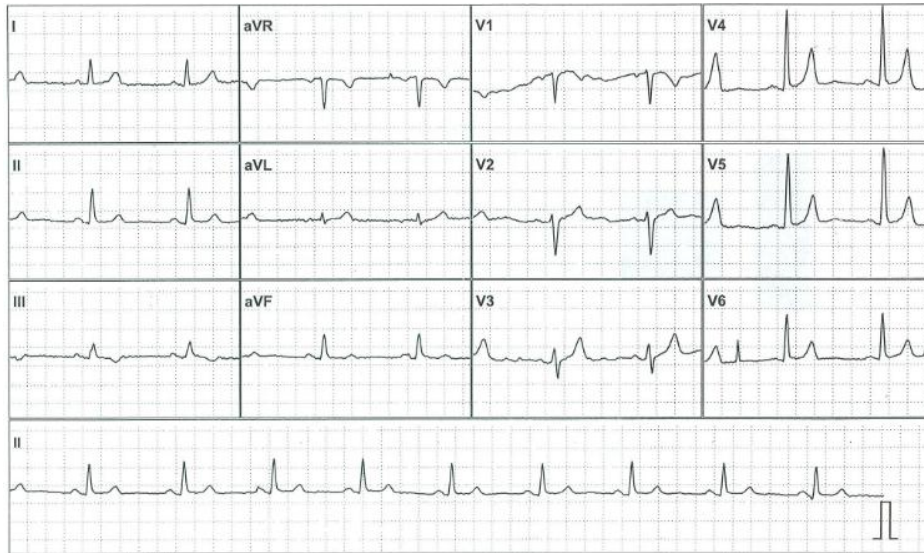


Figura14. Transmisión desde el electrocardiógrafo hacia ITMS.

Fuente: Elaboración propia.

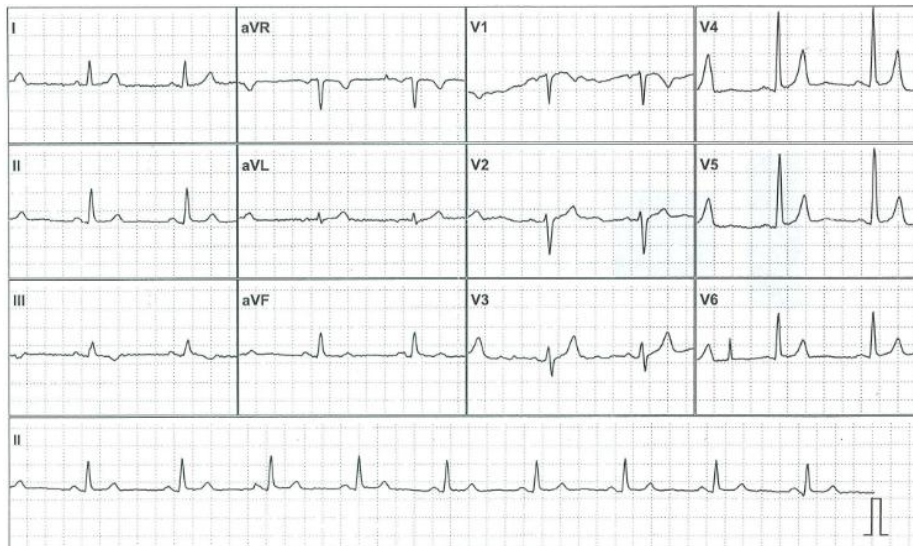


Figura15. Transmisión desde el dispositivo ANDROID hacia ITMS.

Fuente: Elaboración propia.

Luego de ser grabado el sonido y haber comprobado que no era alterado por el dispositivo ANDROID, era necesario comprobar que la grabación no era alterada por fuertes ruidos externos, para esto se utilizo la clase “MediaPlayer” con la cual se puede reproducir el archivo resultante de la grabación, el uso de esta clase se puede observar en la Figura 16.

```
player = new MediaPlayer();  
String son = (Environment.getExternalStorageDirectory().getPath() + "/ECGUCAB/Sonido/" +  
newtext + "-" + date + "(" + contador+ ")" + ".amr");  
player.setDataSource(son);
```

Figura 16. Uso de la clase MediaPlayer. Fuente: Elaboración propia.

En caso de que luego de reproducir la grabación se haya notado algún error en ella, se puede borrar el archivo recientemente guardado y realizar una nueva grabación haciendo uso nuevamente de la clase “MediaRecorder”, para borrar el archivo se hizo uso del código en la Figura 17.

```
boolean deleted = file.delete();
```

Figura17. Borrar archivo grabado. Fuente: Elaboración propia.

III.3.3 Transmisión y Recepción.

Luego de realizar la grabación correspondiente al examen electrocardiográfico, este es enviado a un servidor, el cual es el encargado de recibir el archivo de audio, notificar que se recibió el mismo, y luego procesarlo para enviar de vuelta la imagen con los resultados del examen.

En el proceso de transmisión se planteó la necesidad de tomar una decisión en cuanto a que protocolo utilizar, tomando en consideración dos posibilidades, TCP (Protocolo de Control de Transmisión) o UDP (Protocolo de datagrama de usuario). Como bien es sabido el protocolo UDP realiza las transmisiones de información mas rápido que TCP pero no proporciona detección de errores, es un

protocolo no orientado a conexión, por lo tanto se decidió hacer uso del protocolo TCP que es orientado a conexión ya que era necesario confirmación por parte del servidor de que el archivo de audio había sido enviado correctamente, igualmente se tomó en consideración, que los archivos a ser transmitidos no cuentan con un gran tamaño por lo que de igual manera se aligera la transmisión.

A pesar de elegir como protocolo de transmisión TCP, hay situaciones que escapan de la programación de la aplicación, como lo es el desvanecimiento de la señal en ciertos lugares o la caída por parte del servidor, por diversas razones o circunstancias.

Después de haber establecido definitivamente TCP como protocolo de transmisión, se escogieron al azar los puertos por los cuales se establecería la conexión entre cliente y servidor a través de “sockets”, la elección de estos puertos se realizó fuera de los “puertos bien conocidos” que van desde el cero (0) hasta el mil veintitrés (1023) y dentro “de los puertos azarosos” que van desde el mil veinticuatro (1024) hasta el sesenta y cinco mil quinientos treinta y cinco (65535), estos últimos pueden ser utilizados libremente por las aplicaciones, en la Tabla 4 se menciona el uso de los puertos elegidos.

Puertos	Uso en la aplicación y el servidor
4444	A través de este puerto se envía la información del paciente en un archivo “.txt”.
4445	Por medio de este puerto se envía el archivo de audio hacia el servidor y posteriormente este responde con los resultados del examen electrocardiográfico.

Tabla4. Uso de los puertos. Fuente: Elaboración propia.

Luego de elegir los puertos, se procedió a desarrollar el servidor de prueba para comprobar el correcto funcionamiento y transmisión de la información del

paciente y el archivo de audio desde la aplicación cliente hacia el servidor, para después recibir la respuesta de este con la imagen ECG.

El cliente para poder comunicarse con el servidor debe saber la dirección IP de este o un nombre de dominio, en este caso se decidió no colocar en el cliente la dirección IP del servidor directamente ya que esta es asignada dinámicamente por el ISP (Proveedor de Servicios de Internet), por lo tanto se optó por asignarle un nombre de dominio a través de la pagina web “www.no-ip.com”, la cual proporciona un servicio gratuito de DDNS, el nombre de dominio que se utilizó para acceder al servidor fue “ecgucab.no-ip.org”, gracias a esto, independientemente de la IP asignada por el ISP, el cliente siempre logrará conectarse al mismo.

Se decidió desarrollar el servidor en el lenguaje de programación Java, este consta de dos partes, en la primera el servidor se dispone a escuchar por el puerto 4445 mediante la clase “ServerSocket” y se aceptan las conexiones entrantes a este puerto mediante las instrucciones que se pueden observar en la Figura 18, por este mismo puertoserán recibidos los datos del paciente. En la segunda parte del servidor este escucha por el puerto 4444, haciendo uso de los mismos comandos que en la Figura 18, con la salvedad de hacer el cambio en el número de puerto, por este se reciben los archivos de audio a ser procesados para obtener como resultado la imagen del ECG.

```
serverSocket = new ServerSocket(4445);  
clientSocket = serverSocket.accept();
```

Figura18. Servidor escuchando conexiones por el puerto 4445.

Fuente: Elaboración propia

En el momento de recibir la conexión entrante para procesar el archivo de audio, el servidor arroja una ventana de notificación para alertar sobre la llegada del mismo y luego arroja una segunda ventana para seleccionar la imagen ECG a ser

devuelta al cliente, estas dos ventanas pueden ser apreciadas en las Figuras 19 y 20 respectivamente.

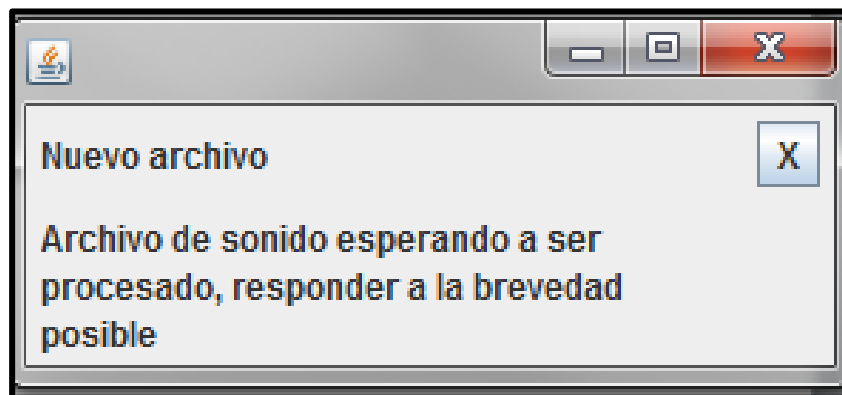


Figura 19. Ventana de alerta en el servidor.

Fuente: Elaboración propia.

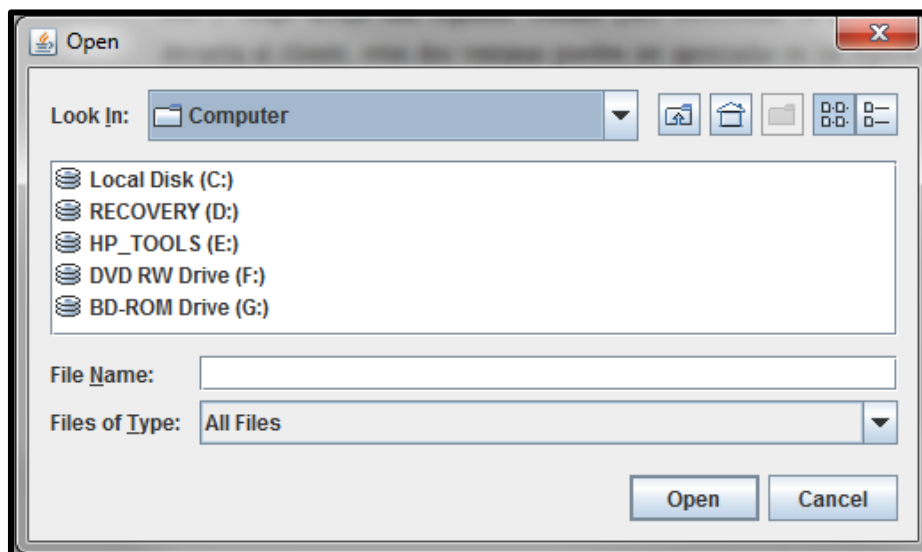


Figura 20. Ventana para seleccionar imagen ECG.

Fuente: Elaboración propia.

Tanto el archivo “.txt” que contiene la información del paciente como el archivo de audio son recibidos en forma de un flujo de datos en el servidor mediante las clases “InputStream” y “DataInputStream” y el método “getInputStream()”, esto se puede apreciar en la Figura 21.

```
InputStream in = clientSocket.getInputStream();  
DataInputStream clientData = new DataInputStream(in);
```

Figura21. Instrucciones para recibir el flujo de datos. Fuente: Elaboración propia

Luego de ser recibido el flujo de datos, se crea un nuevo archivo en un directorio del servidor mediante la clase “FileOutputStream”, el flujo de datos es descompuesto en bytes y cada uno de estos bytes es escrito uno por uno en el nuevo archivo, para poder hacer esto se hace uso del método “write”, en caso de que este proceso se haya realizado sin errores el servidor responde al cliente mediante el método “writeUTF” con la frase “Información enviada correctamente” o con la frase “Archivo enviado correctamente”, según sea el caso y de haberse producido algún error responde con la frase “Error al enviar la información” o “Error al enviar el archivo” y el proceso de comunicación es terminado.

Después de haber recibido exitosamente ambos archivos, tanto el de texto como el de audio, el siguiente paso a seguir es responder con la imagen ECG, como se mencionó con anterioridad, esta es seleccionada por medio de la ventana que se observa en la Figura 20, posterior a la selección de la imagen esta es enviada mediante la clase “FileInputStream” la cual lee el flujo de bytes de la imagen, también se hace uso de la clase “BufferedInputStream” para asegurar el correcto almacenamiento de los bytes de la imagen a ser enviados, como último paso estos bytes son llevados a un flujo de datos mediante la clase “DataInputStream” y enviados mediante la clase “OutputStream” y el método “getOutputStream” hacia el cliente.

Ya estando el servidor en funcionamiento se procedió a realizar la programación del cliente, el cual se realizó para dispositivos con sistema operativo ANDROID 2.3.3 y superior con un nivel de API mínimo de diez (10). El primer paso que se tomó fue comprobar que la aplicación contara con conectividad a internet, de ser así este realiza la conexión con el servidor y de lo contrario la aplicación arroja un mensaje de alerta notificando que no hay conectividad. Para establecer la conexión con el servidor mediante “sockets” se hace uso de los comandos que se pueden observar en la Figura 22, como se mencionó con anterioridad el archivo de audio es enviado por el puerto cuatro mil cuatrocientos cuarenta y cuatro (4444) y el archivo de texto por el puerto cuatro mil cuatrocientos cuarenta y cinco (4445), es por esto que se abren dos conexiones hacia el servidor. Para enviar ambos archivos se realiza el mismo procedimiento que fue utilizado por el servidor para responder con la imagen ECG al cliente, haciendo uso de las clases: “FileInputStream”, “BufferedInputStream”, “DataInputStream”, “OutputStream” y el método “getOutputStream”.

```
client = new Socket(InetAddress.getByName("ecgucab.no-ip.org"), 4444);  
client = new Socket(InetAddress.getByName("ecgucab.no-ip.org"), 4445);
```

Figura 22. Conexión al servidor por “sockets” Fuente: Elaboración propia.

Como fue comentado anteriormente si ambos archivos son enviados correctamente el cliente recibe respuestas confirmando la llegada de los mismos, para recibir las mismas se hace uso del método “readUTF”, luego se procede a esperar a recibir la imagen ECG proveniente del servidor, para recibir esta imagen se ejecutaron los mismos pasos que se utilizaron para recibir los archivos de audio y texto en el servidor haciendo uso de las clases: “InputStream”, “DataInputStream”, “FileInputStream” y los métodos “getInputStream()” y “write”. Por último el cliente cierra los “sockets” por medio del método “close()” para así terminar la conexión con el servidor.

III.3.4 Almacenamiento de información

Una vez realizado la transmisión y recepción de la información se almacenan los tres archivos creados tanto en el teléfono inteligente como en el servidor FTP, para esto se crearon tres carpetas denominadas Sonido, Imágenes e Información. Como sus nombres los indican se almacena en cada carpeta el archivo correspondiente, los cuales se estructuraron con la cédula del paciente mas la fecha del día en el que se hace el estudio, estos archivos se diferencian por la extensión que los define según su tipología.

Los formatos que se escogieron para el almacenamiento fueron los siguientes:

- AMR: formato elegido para la grabación del sonido.
- JPG: formato elegido para la imagen.
- TXT: formato elegido para la información del paciente.

Las características principales por la que se eligieron estos formatos son las siguientes:

- Los tres formatos son de tamaño muy ligero, esto quiere decir que a la hora de almacenar los archivos con estos formatos, no se ocupa mucho espacio en la memoria.
- Estos formatos son muy comunes por lo que la mayoría de los dispositivos pueden leerlos y abrirlos sin problema.
- La transmisión y recepción de los archivos con estos formatos se realiza de manera rápida y eficiente.

A continuación se describen los dos lugares donde se almacenaron los archivos para su posterior consulta:

1. Almacenamiento en el teléfono inteligente

En primera instancia se van a mencionar los comandos utilizados para el almacenamiento de los diferentes archivos en el teléfono inteligente.

Archivo “.TXT”

Una vez ingresado todos los datos del paciente, tales como los especificados en la Tabla 5.

Archivo TXT	
Ítem	Campo
1	Nombre del Paciente
2	Apellido del Paciente
3	Cédula
4	Sexo
5	Edad
6	Teléfono
7	Correo Electrónico
8	Síntomas

Tabla5. Datos del Paciente. Fuente: Elaboración Propia.

Se procede a guardar estas variables en un archivo de texto en la memoria del teléfono, para lo cual se utiliza la instrucción que se muestra en la Figura23, lo

cual especifica la ubicación exacta en la carpeta Información con la extensión “.txt”, el nombre con el que se guarda el archivo proviene del archivo de audio el cual se obtiene a través de la instrucción que se muestra en la Figura 24.

```
File file = new File(Environment.getExternalStorageDirectory()
    .getPath() + "/ECGUCAB/Informacion/", nom_sin_ext.getString("NOMBRE_SIN_EXT") + ".txt");
```

Figura23. Información del Paciente. Fuente: Elaboración Propia.

```
nom_sin_ext = getIntent().getExtras();
nombreakivo.setText(nom_sin_ext.getString("NOMBRE_SIN_EXT"));
```

Figura24. Obtención del Nombre del archivo TXT. Fuente: Elaboración Propia.

Archivo “.JPG”

En este caso se utiliza la instrucción mostrada en la Figura25 para el almacenamiento de la imagen ECG enviada desde el servidor de ITM Venezuela, en este comando se indica la ubicación exacta de la carpeta Imágenes y el nombre con el cual se guarda, el cual se obtiene del archivo de audio más la extensión “.jpg”, que se muestra en la Figura 26. Luego a través del comando mostrado en la Figura 27 se puede visualizar la imagen en el teléfono inteligente, en el cual se pasan dos parámetros como es la ubicación de la imagen y el tipo de archivo.

```
OutputStream output = new FileOutputStream(Environment.getExternalStorageDirectory().
    getPath()+"/ECGUCAB/Imagenes/"+nom_sin_ext.getString("NOMBRE_SIN_EXT")+ ".jpg");
```

Figura25. Almacenamiento de la Imagen ECG. Fuente: Elaboración Propia.

```
filename thisFile = new filename(nombre);
FileName_Sin_Extension = thisFile.getFilename_Without_Ext();
archivo_foto =FileName_Sin_Extension + ".jpg";
```

Figura26. Obtención del Nombre del archivo JPG. Fuente: Elaboración Propia.

```
Intent intent = new Intent(Intent.ACTION_VIEW);
intent.setDataAndType(Uri.parse("file:///"+Environment.getExternalStorageDirectory().
    getAbsolutePath()+"/ECGUCAB/Imagenes/"+ archivo_foto),"image/*");
startActivity(intent);
```

Figura27. Visualización de la Imagen ECG. Fuente: Elaboración Propia

Archivo “.AMR”

Con respecto al archivo de audio AMR se realiza el mismo procedimiento descrito en la sección “III.3.2 Obtención del Sonido”.

2. Almacenamiento Servidor FTP

Una vez que es almacenada toda la información en el teléfono inteligente del paciente para la transmisión, recepción y consulta del mismo, se realiza un respaldo en el servidor de prueba FTP. Para este caso se utilizó el software FileZilla, el cual es de fácil manipulación y no tiene costo alguno.

Este programa permite una conexión remota al servidor para transferir archivos que se encuentran guardados en el mismo a través de los puertos 20 y 21, los cuales fueron habilitados en el router. También da la opción de seguridad en la cual se establece un nombre de usuario y clave para poder acceder al servidor.

En el teléfono inteligente se instaló una aplicación de cliente FTP, la cual se identifica como AndFTP, que a su vez es llamada desde la aplicación de ECGUCAB, todo esto se realizó para facilitar la manipulación de la información y tener un respaldo local sin necesidad de tener que depender de un agente externo.

III.3.5 Interfaz Gráfica

La interfaz Gráfica presentada en la aplicación se realizó con el objetivo de que fuera amigable, sencilla, intuitiva y compatible con la mayoría de versiones de

los dispositivos con sistema operativo ANDROID; además que presentara de manera práctica y de fácil la manipulación de la imagen del ECG.

El diseño de la aplicación se dividió en tres secciones, las cuales nos permiten acceder a la grabación del sonido, transmisión y recepción de imágenes ECG, y una biblioteca de archivos externa e interna para la consulta de los datos del paciente.

A continuación se muestra la Tabla 6 con los diferentes layouts, un layout son los elementos no visuales destinados a controlar la distribución, posición y dimensiones de los controles que se insertan en su interior. Además representan la imagen de la aplicación ya que esto es lo que visualiza el usuario. Esta Tabla está dividida en tres secciones principales para una mayor comprensión de la distribución que se utilizó para la implementación de la aplicación.

Pantalla (Layout)	Descripción
Pantalla de Menú	Es el menú principal de la aplicación para poder acceder a las tres diferentes secciones
Sección #1. Grabación del Sonido	
Pantalla de grabación y reproducción del sonido	Permite la grabación, reproducción y eliminación del sonido.
Pantalla de Archivos de Audio	Permite la selección del archivo de audio grabado para su posterior envío
Pantalla Datos del Paciente	Permite la introducción de los datos generales del paciente como Nombre, Apellido, Cédula, Sexo, Edad, Teléfono, Correo Electrónico, Síntomas y el envío del archivo de audio e información y la recepción de la imagen.
Pantalla de Imagen ECG	Permite visualizar la imagen ECG enviada por el servidor

Sección #2. Biblioteca de Archivos	
Pantalla de Conexión	Permite elegir el nombre del servidor FTP y conectarse de manera remota.
Pantalla de Carpetas	Permite seleccionar cualquiera de las tres carpetas como Sonido, Imágenes e Información para su posterior exploración y selección de archivos.
Pantalla de Archivos	Permite elegir el archivo que se desea descargar dependiendo de la carpeta seleccionada.
Sección #3. Consultas	
Pantalla de Archivos	Permite seleccionar el archivo a consultar
Pantalla Información del Paciente	Permite ver los datos del paciente
Pantalla de Imagen ECG	Permite visualizar la imagen de ECG del paciente

Tabla6. Pantallas (Layouts) que conforman la aplicación.

Fuente:

Elaboración Propia

En primera instancia al abrir la aplicación se muestra una primera pantalla, la que muestra el menú principal para poder acceder a las funciones. Esta está conformada por tres botones los cuales se encuentran distribuidos en la parte inferior de la misma, que al seleccionarlos envía hacia otra actividad. Esta pantalla se puede observar en la Figura28.



Figura28. Pantalla Principal (Menú). Fuente: Elaboración Propia

A continuación se explica con más detalle cómo se encuentran diseñados los diferentes layouts nombrados anteriormente:

Sección #1 Grabación de Sonido

Esta sección es la más importante ya que en ella se desarrollan varias funciones primordiales y es en la que se basa el objetivo del proyecto de grado.

En primera instancia la pantalla que aparece después de darle al botón de grabar se puede observar en la Figura29.

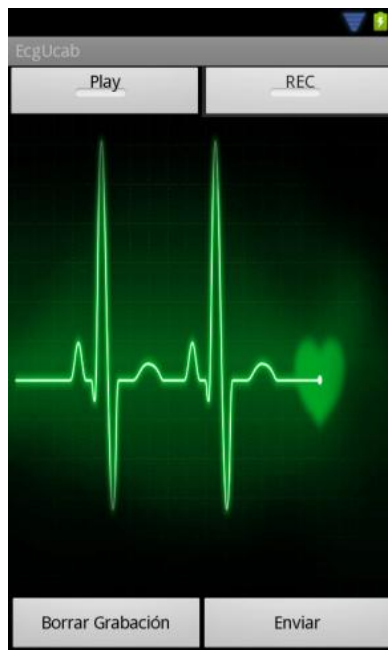


Figura29. Pantalla de Reproducción y Grabación del Sonido.

Fuente: Elaboración Propia

Este layout nos permite grabar, reproducir y eliminar el archivo de audio. Al presionar el botón de “REC” que se encuentra en la parte superior derecha, se despliega un “AlertDialog”, el cual es simplemente una ventana emergente que se utiliza para pedir confirmación o introducción de un dato o varios, en este caso se solicita al médico la cédula del paciente tratante, este va a ser el título con el cual se van a guardar los diferentes archivos creados mas la fecha actual (Figura 30).



Figura30. Petición del nombre del archivo de audio (AlertDialog).

Fuente: Elaboración Propia

Una vez escrito el número de cédula del paciente se presiona el botón de “REC”, siempre y cuando el archivo de audio es grabado por primera vez, simplemente nos devuelve a la pantalla de reproducción pero ahora el único botón activo es el de “REC” y se muestra en la parte inferior de la pantalla un “Toast”, el cual es un mensaje para indicar alguna acción que se está desarrollando, en este caso nos indica que se está grabando el sonido, una vez terminado de grabar el sonido se vuelve a pulsar el botón de “REC” para detener la aplicación y se despliega otro “Toast” indicando que la grabación fue detenida, por lo tanto se vuelven a activar todos los botones presentes en la pantalla.(Figura 31)

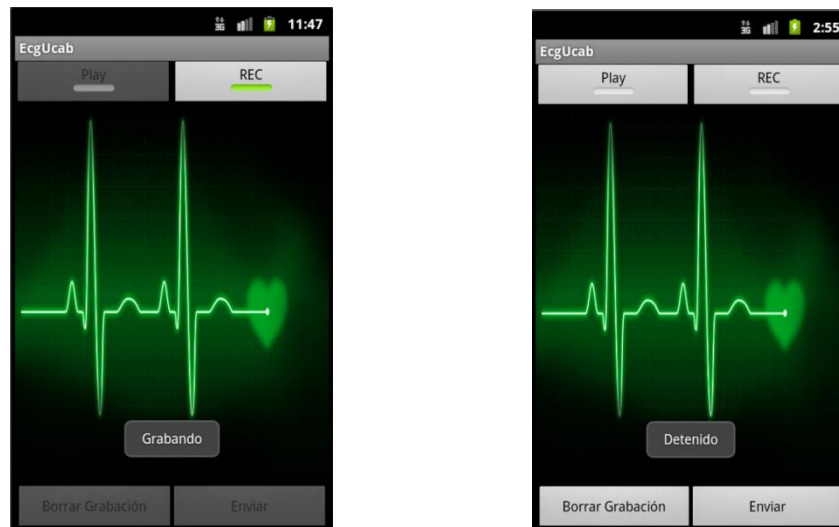


Figura31. Grabación del Sonido (Izquierda-Grabación Activada / Derecha-Grabación Desactivada)

Fuente: Elaboración Propia

En caso contrario que haya sido grabado un sonido y se trata de guardar otro nuevamente el mismo día para el mismo paciente, al momento de guardar el sonido tal como se muestra en la Figura 30, se despliega otro “AlertDialog” indicando que ya existe un archivo con ese nombre y si se desea sobrescribir o crear uno nuevo (Figura 32), estos archivos se van a diferenciar por un número al final de la fecha que indica

la cantidad de sonidos grabados ese día, es decir que el archivo que tenga el indicador más alto es el más reciente (Figura 33).

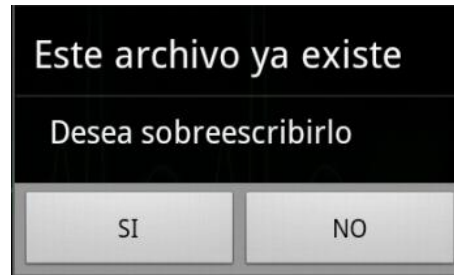


Figura32. El Archivo de Audio existente. Fuente: Elaboración Propia

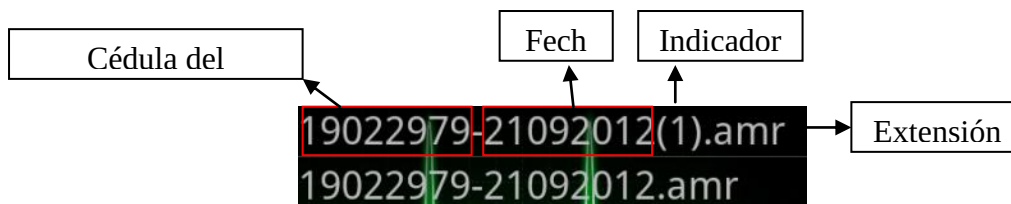


Figura33. Archivos de Audio de un mismo paciente el mismo día.

Fuente: Elaboración Propia.

Después de grabar el sonido, este se puede reproducir para escuchar si se obtuvo una grabación limpia y libre de ruidos, de igual manera al pulsar el botón “PLAY” se bloquean los demás botones en la pantalla y se puede visualizar un “Toast” donde se muestra un mensaje que indica que se está reproduciendo la última grabación realizada. Para detener la reproducción se vuelve a presionar el botón de “PLAY” y se indica a través de un “Toast” que fue detenida la reproducción del sonido por lo que se vuelven a activar todos los botones. (Figura 34)

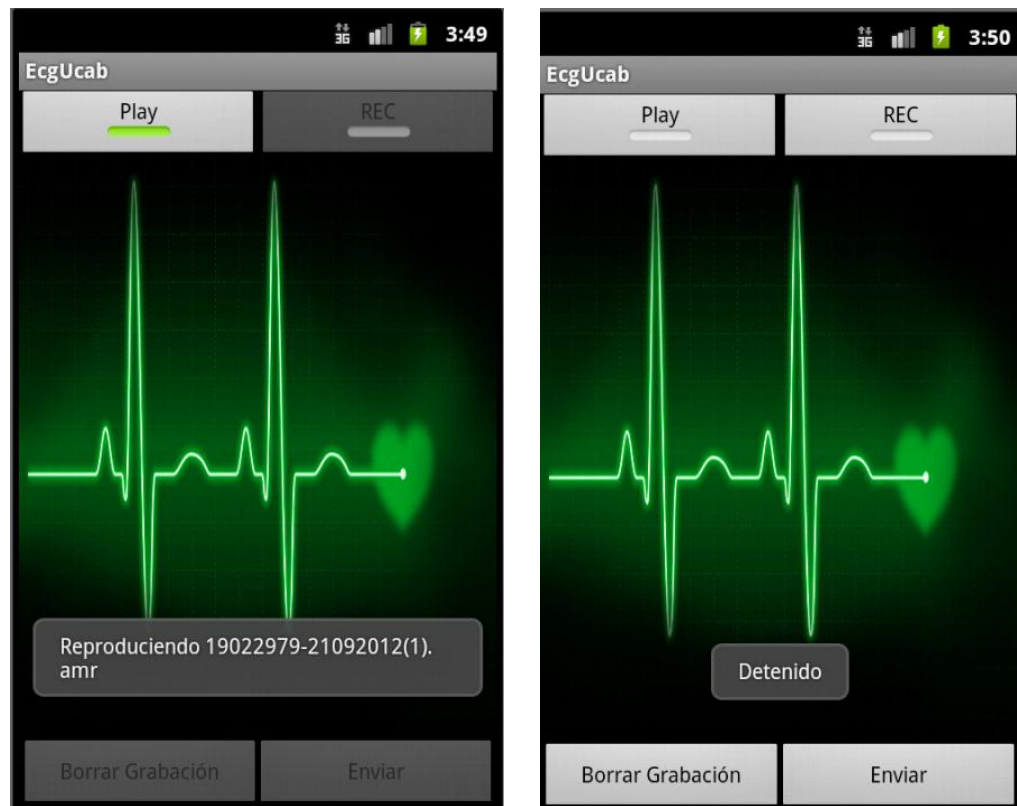


Figura34. Reproducción del Sonido (Izquierda-Reproducción Activada / Derecha-Reproducción Desactivada)

Una vez escuchado la grabación y si esta presenta algún ruido o defecto se puede eliminar simplemente pulsando el botón de Borrar Grabación que se encuentra en la parte inferior de la pantalla, al igual que los demás botones nos proporcionan información de la acción que se está realizando, en este caso nos indica que la última grabación fue borrada. (Figura 35)



Figura35. Eliminación del Sonido. Fuente: Elaboración Propia

También se tomaron en cuenta diferentes variantes, una de estas es que el usuario puede darle presionar a los botones de “PLAY” y “Borrar Grabación” sin haber hecho previamente la grabación del sonido, en este caso se le indica al usuario por medio de un “Toast” que no existe archivo para reproducir o borrar. (Figura 36)

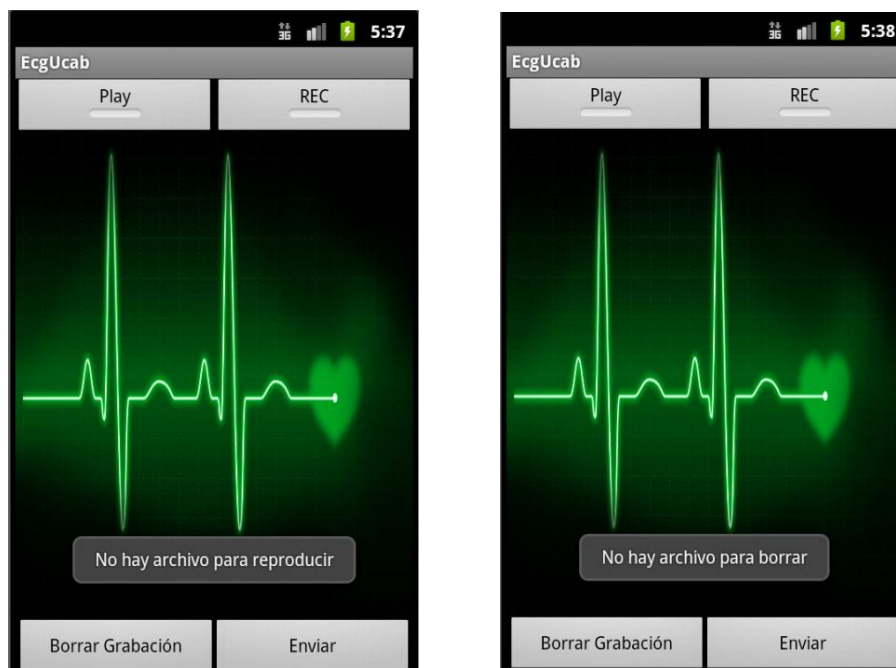


Figura36. Reproducción y Eliminación del Sonido sin grabación previa (Izquierda-Reproducción Activada / Derecha-Borrar Grabación Activada)

Fuente: Elaboración Propia

Por último se encuentra el botón de Enviar que al presionarlo pasa a la siguiente pantalla, la cual se denomina:

Pantalla de Archivos de Audio

En este layout se muestran todos los archivos de audio ECG guardados en el teléfono inteligente, el cual nos permite enviar cualquier archivo de audio en cualquier momento o en el momento que el dispositivo presente señal para el envío de la información al servidor de ITMS Venezuela. (Figura 37)

Al seleccionar el archivo a enviar se muestra en pantalla un mensaje donde se indica si se está seguro que el archivo seleccionado es el que se desea enviar, eso se muestra a través de un AlertDialog. (Figura 38).



Figura37. Pantalla de Archivos de Audio. Fuente: Elaboración Propia.



Figura38. Selección del archivo de audio (AlertDialog). Fuente: Elaboración Propia

Si se está seguro del archivo que se desea enviar se presiona el botón de OK el cual pasa al siguiente layout que se denominó:

Pantalla Datos del Paciente

En esta pantalla se escriben todos los datos del paciente como se muestran en la Figura 39. Este layout contiene diferentes herramientas como el “Spinner”, el cual es una ventana emergente donde presenta diferentes Items predefinidos que no necesitan ser modificados, en este caso se utilizó para la selección del sexo del

paciente (Figura40). Si todos los datos indispensables no son llenados y se presiona el botón de enviar se muestra un mensaje que indica que los datos están incompletos (Figura 41), esto para asegurar la mayor cantidad de información posible del paciente orientado a ayudar a los médicos en el mejor diagnóstico posible y solución del problema a tratar.



Figura39. Introducción de los datos del paciente. Fuente: Elaboración Propia.

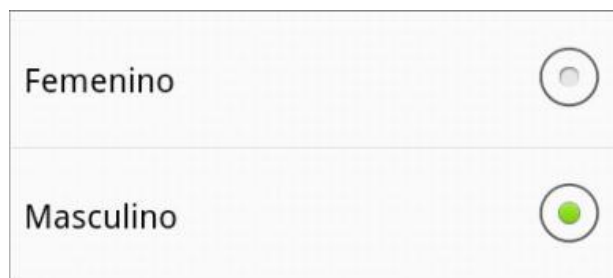


Figura40. Selección del sexo del Paciente (Spinner).Fuente: Elaboración Propia

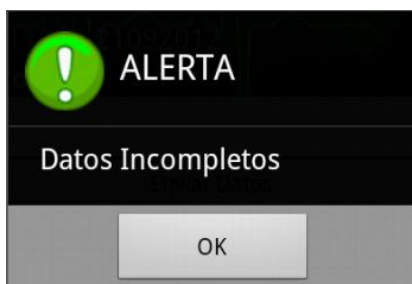


Figura41. Datos Incompletos del Paciente (AlertDialog). Fuente: Elaboración Propia.

Al completar todos los campos y presionar el botón enviar se empiezan a mostrar diferentes mensajes que nos indica cómo va el proceso de transmisión de los archivos de sonido e información hacia los servidores de ITMS Venezuela. (Figura 42 y 43).

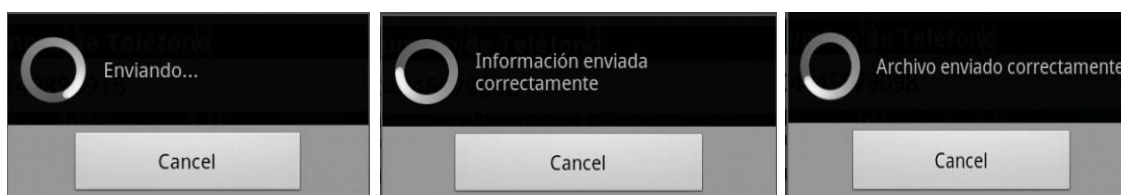


Figura 42.. Proceso de Transmisión y Recepción de archivos.

Fuente: Elaboración Propia

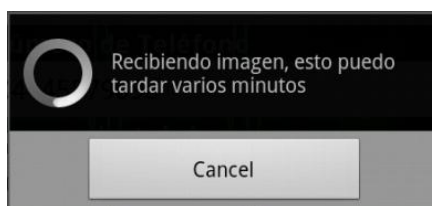


Figura43. Mensaje de espera de recepción de imagen. Fuente: Elaboración propia.

Una vez que son enviados los archivos al Servidor TX-RX, en este se despliegan dos ventanas de las cuales, una indica que acaba de llegar un archivo y la

otra es el explorador de documentos el cual nos permite seleccionar la imagen a enviar. Después de ser enviada la imagen al teléfono inteligente este abre otro layout en donde se muestra la imagen ECG y esta presenta propiedades como zoom para poder ampliarla y verla más detalladamente.

Sección #2. Biblioteca de Archivos

La Biblioteca de Archivos es una característica importante de la aplicación ya que se almacenan de manera local todos los archivos como Sonido, Imagen e Información del paciente, tiene como finalidad darle facilidad al médico de poder consultar en cualquier momento los datos de los pacientes y tener un registro de los mismos, y a su vez no depender de un servicio externo ya que se encuentra localmente.

La transferencia de archivo se realiza a través de un servidor FTP de prueba y se accede por medio de usuario y contraseña. Se instaló una aplicación llamada AndFTP la cual es llamada de la aplicación ECGUCAB a través del comando mostrado en la Figura 44.

```
intent.setClassName("lysesoft.andftp",  
                    "lysesoft.andftp.SplashActivity");
```

Figura44. Llamada a la aplicación AndFTP. Fuente: Elaboración Propia.

Esta aplicación presenta varias pantallas las cuales son:

Pantalla de Conexión

En esta pantalla se introduce la dirección del servidor FTP el cual se llama “ecgucab.no-ip.org”, y se puede escoger la dirección de la carpeta interna en donde se van a guardar los archivos descargados (Figura 45).

Una vez que se realiza la conexión con el servidor FTP se despliega una ventana (AlertDialog) donde se tiene que introducir nombre del usuario y contraseña para poder acceder al servidor, esto es configurado previamente por el administrador del servidor FTP, una vez realizado la verificación se accede a la carpeta del médico que corresponda, esto se visualiza en la pantalla de carpetas.

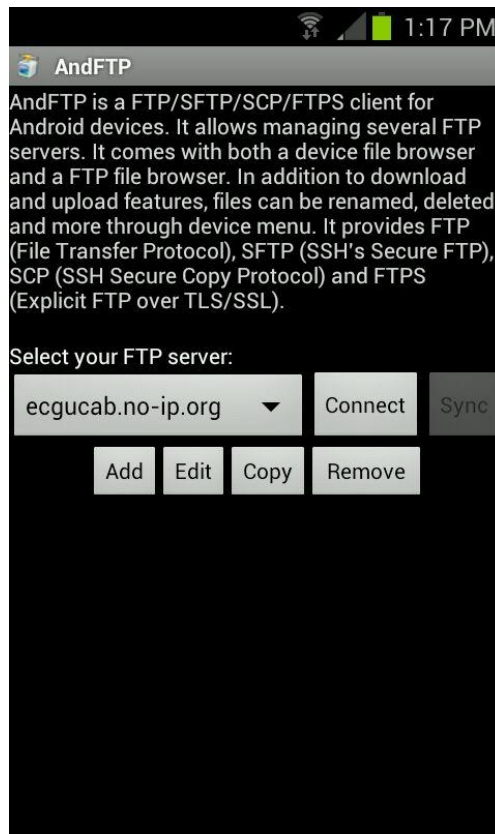


Figura45. Conexión Servidor FTP. Fuente: Elaboración Propia.

Pantalla de Carpetas

Aquí se pueden visualizar las tres carpetas principales antes mencionadas como lo son: Sonido, Imágenes e Información de los pacientes que correspondan al médico tratante (Figura 46). Una vez seleccionada la carpeta a la cual se desea acceder se muestra la pantalla de archivos.

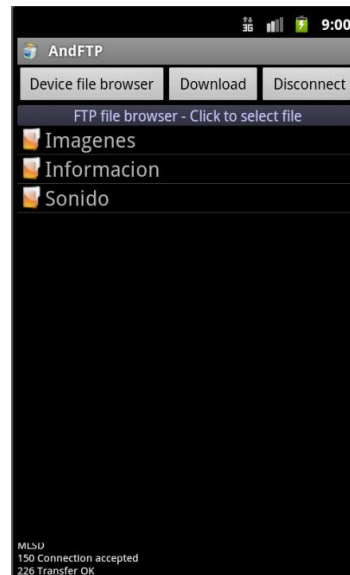


Figura46. Carpetas servidor FTP. Fuente: Elaboración propia.

Pantalla de Archivos

Esta pantalla simplemente muestra los archivos que contiene la carpeta seleccionada y permite descargar el archivo que se desea visualizar, simplemente presionando el botón de “Donwload”(Figura 47).

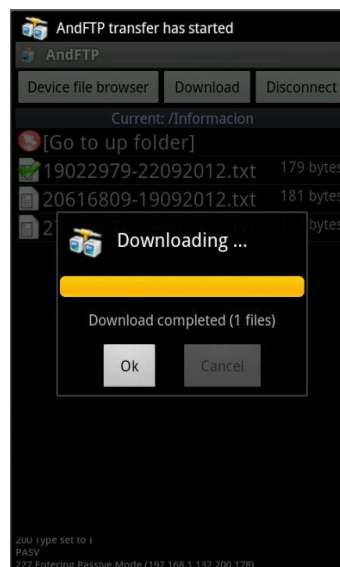


Figura47.Descarga de archivo. Fuente: Elaboración propia.

Sección #3. Consultas

Esta sección comprende una pequeña base de datos ya que los archivos se guardan internamente en el teléfono inteligente del médico para una consulta rápida de los datos del paciente como el documento de información y la imagen ECG. Esta presenta tres pantallas las cuales se describen a continuación:

Pantalla de Archivos

La pantalla de archivos se diseño con una Tab, la cual muestra dos o más separadores donde se visualizan diferentes tipos de información, en este caso la pestaña de pacientes muestra todos los archivos de Información. Una vez elegido el archivo que se desea ver se muestra en pantalla una ventana la cual informa si se está seguro que el archivo seleccionado es el que se desea abrir (Figura 48).



Figura48. Tab de Consultas. Fuente: Elaboración Propia.

Luego de verificar el archivo que se desea abrir, este se puede visualizar en la pantalla de información del paciente, en donde se muestran todos los campos que se llenaron al enviar el archivo de audio, esto ayuda a conservar de cierta forma una historia médica del paciente y posteriormente realizar gráficas de estadística sobre la evolución, periodicidad del examen entre otros, esta pantalla

contiene en la parte inferior un botón de foto el cual permite pasar a la pantalla de imagen ECG. (Figura 49)



Figura49.Información del Paciente. Fuente: Elaboración Propia.

Pantalla de Imagen ECG

Esta pantalla simplemente permite visualizar la imagen ECG del paciente tomada en cierta fecha.

Por último cada uno de los layouts presenta un menú de tres botones (Figura 50), que al presionarlos presentan cierto tipo de información.

El botón de “Info” muestra información sobre los integrantes, tutor, universidad y escuela donde se realizo el trabajo de grado. (Figura51). Luego se tiene el botón de retroceder y de cerrar aplicación (Figura 52).

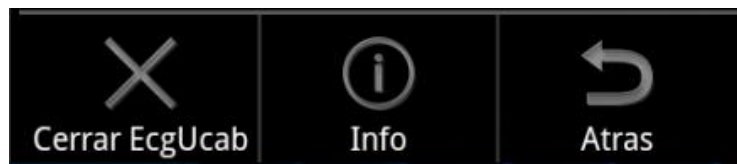


Figura50. Menú de los Layouts. Fuente: Elaboración Propia.



Figura51. INFO. Fuente: Elaboración Propia

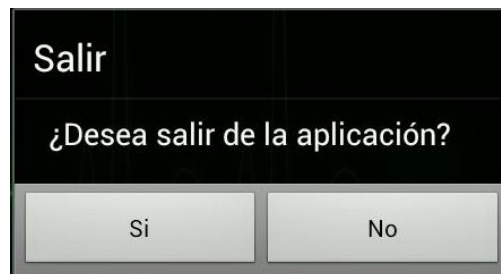


Figura52. Cerrar. Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO IV

RESULTADOS

Luego de haber realizado la programación necesaria para obtener una aplicación funcional, se procedió a realizar las pruebas necesarias para comprobar su correcto funcionamiento, en este capítulo se describen los resultados obtenidos.

Al realizar la investigación sobre las características técnicas del electrocardiógrafo MicrotelCardiette se pudo concluir que, la mejor vía para obtener el sonido del examen electrocardiográfico, el cual era emitido a través de una señal acústica, era haciendo uso del micrófono del teléfono ANDROID, igualmente, se pudo comprobar, que la obtención del sonido en esta forma, no afectaba de ninguna manera el resultado final del examen, como se puede observar en las Figuras 14 y 15. Se decidió que el mejor formato para guardar el archivo de audio era el “.amr”, debido a que comúnmente este es el más usado por otras aplicaciones para hacer transferencia de grabaciones a través de las distintas redes móviles e internet. Se realizó una prueba en la cual la aplicación guardaba la misma grabación en dos formatos diferentes y como se puede observar en la Figura 53 el formato “.amr” ocupa menos espacio en la memoria y por lo tanto su transmisión se hace más fácil.

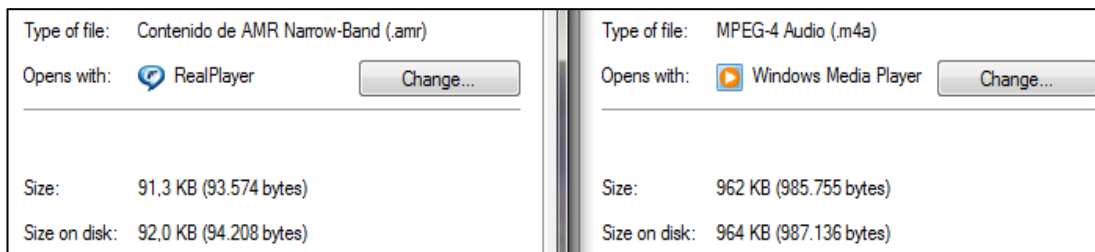


Figura53.Sonido en dos formatos diferentes. Fuente: Elaboración propia.

En la pantalla de grabación y reproducción del sonido correspondiente a la sección #1, se comprobó que al ser pulsado el botón de “Play” o el de “REC” los otros botones eran desactivados momentáneamente, un ejemplo de esto se puede observar en la Figura 31 o en la Figura 34.

Luego de haber obtenido el sonido mediante la aplicación pulsando el botón de “REC”, se corroboró la aparición de los mensajes tipo “toast” que debían ser mostrados al usuario al empezar y finalizar la grabación, esto se puede observar en la Figura 31. Posteriormente se procedió a comprobar que la grabación fue realizada correctamente pulsando el botón de “Play”, se pudo escuchar claramente que el sonido fue grabado a la perfección y también se comprobó el correcto funcionamiento del botón, así como los mensajes tipo “toast” que debían aparecer al reproducir el sonido y al finalizar el mismo, esto se puede ver en la Figura 34. Por último en esta pantalla se pulsó el botón de “Borrar Grabación”, y se verificó que este cumplía su propósito borrando la grabación de la memoria del dispositivo como se puede detallar en la Figura 35.

Después se constató que al pulsar el botón de “Enviar”, se pasaba a la siguiente pantalla que se puede observar en la Figura 37, y de esta se confirmó que al seleccionar el archivo de audio a ser enviado se pasa inmediatamente a la pantalla de información del paciente, esta se puede ver en la Figura 39. Verificándose en esta pantalla, que el usuario debe llenar todos los datos antes de proseguir a enviar la información y el archivo de audio, para esto se dejaron algunos campos obligatorios en blanco y se pulsó el botón “Enviar”, el resultado fue un mensaje de alerta que se puede ver en la Figura 41, luego de esto se llenaron los campos faltantes y se pulsó de nuevo el botón de “Enviar” y se obtuvo el resultado esperado, un “ProgressDialog” que se va actualizando a medida que recibe las distintas respuestas por parte del servidor, en la Figura 42 se observan estas respuestas.

Por último se muestra una frase de espera que se puede ver en la Figura 43, esta espera puede tardar varios minutos mientras es procesado el archivo de audio en

el servidor, debido a esto se realizaron distintas pruebas con distintos tiempos de respuesta para comprobar el correcto funcionamiento de la aplicación, estos resultados pueden ser observados en la Tabla 7.

Tiempo de espera (min)	Respuesta
5	Exitosa
10	Exitosa
15	Exitosa
20	Exitosa

Tabla7. Resultados con distintos tiempos de espera. Fuente: Elaboración propia.

De igual manera se realizó una prueba pulsando el botón de cancelar en el “ProgressDialog”, la cual fue exitosa ya que al pulsarlo el diálogo es cancelado y la conexión con el servidor es cerrada, teniendo que empezar de nuevo el proceso de envío de información.

Al llegar el archivo de audio al servidor se pudo verificar que la ventana de aviso especificada en la Figura 19 emergía correctamente y alertaba de la llegada de un nuevo archivo de audio, igualmente se comprobó que la ventana para elegir la imagen ECG, mostrada en la Figura 20, se abría y al seleccionar la misma, esta se enviaba correctamente al cliente el cual la desplegaba en su pantalla para poder observarla, esto se puede apreciar en la Figura 54.



Figura54. Imagen enviada por el servidor al cliente. Fuente: Elaboración propia.

Al ver la imagen resultante el Dr. José Octavio expresó que el trazado de la señal electrocardiográfica y su vista en la pantalla del teléfono era muy nítida por lo cual estuvo de acuerdo en que el resultado fue exitoso y de igual manera se demuestra que al elegir el formato “.jpg” no hay perdida de calidad en la imagen y la misma puede ser apreciada y detallada sin inconveniente alguno.

Las pruebas de transmisión se realizaron a través de las tres operadoras de telefonía móvil del país y a través de una red Wi-Fi con acceso a Internet, los resultados obtenidos en estas pruebas pueden ser apreciados en la Tabla 8.

		Información del paciente	Archivo de audio	Imagen ECG
Movistar	Red 2G	✓	✓	☑
	Red 3G	✓	✓	☑
Movilnet	Red 2G	✓	✓	☑
	Red 3G	✓	✓	☑
Digitel	Red 2G	✓	✓	☑
	Red 3G	✓	✓	☑
Wi-Fi		✓	✓	☑

Leyenda: ✓= Enviado correctamente por el cliente al servidor.

☑= Enviado correctamente por el servidor al cliente.

Tabla8. Resultados obtenidos con las distintas operadoras móviles.

Fuente: Elaboración propia.

Al obtener estos resultados se pudo comprobar que la aplicación funciona apropiadamente con las tres operadoras móviles del país y con una red Wi-Fi con acceso a Internet y también se verificó que el protocolo TCP/IP funciona eficazmente a través de estas redes y que garantiza que la totalidad de los datos sean enviados a su destino.

Con respecto a las pantallas restantes, que se pueden ver en las Figuras 28, 35, 45, 46, 48, 49 y 50 el resultado obtenido al realizarse la interacción por parte del usuario con cada una de ellas fue el deseado.

Cabe destacar que todas estas pruebas fueron realizadas en el simulador instalado con el SDK en Eclipse corriendo el sistema operativo ANDROIDGingerbread 2.3.3 y luego corriendo el ANDROIDJellyBean 4.1 y en dos dispositivos móviles a nuestro alcance, el primero un Samsung Galaxy SII con

sistema operativo ANDROID ICS 4.0.3 y el segundo un LG 3D P920 con sistema operativo ANDROIDGingerbread 2.3.5. Los resultados obtenidos fueron los mismos y los esperados en cada uno de estos dispositivos.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

V.1 Conclusiones

En atención a lo expuesto en los capítulos anteriores, podemos concluir que los objetivos de la investigación reflejada en este Trabajo Especial de Grado, se cumplieron a cabalidad según el cronograma acordado, de esta manera la investigación fue desarrollada exitosamente, lo que puede contribuir a solucionar la problemática en el área de cardiología en lo que respecta a la falta de especialistas en zonas rurales y a mejorar los tiempos de respuesta en caso de una emergencia. Gracias al buen desarrollo de la investigación se logró diseñar una aplicación que permitiera la transmisión y recepción de imágenes electrocardiográficas desde un teléfono móvil con sistema operativo Android.

Gracias a las consultas realizadas a los integrantes de ITMS Venezuela y al Doctor José Octavio, se pudo diseñar una aplicación con una interfaz gráfica sencilla e intuitiva, de tal manera que el usuario pudiera realizar el examen electrocardiográfico y pasar por las distintas pantallas sin inconveniente alguno, para luego enviar la grabación del examen al servidor para su procesamiento.

Se pudo determinar que la selección de las redes móviles y de redes Wi-Fi para la transmisión fue la correcta, debido a que de esta forma se puede practicar a plenitud la Telemedicina y se les puede brindar a los usuarios la posibilidad de realizar exámenes electrocardiográficos desde cualquier lugar sin importar su ubicación geográfica.

Se puede concluir que los formatos elegidos para cada uno de los archivos involucrados en la aplicación fueron los acertados, puesto que los mismos facilitaban la transmisión entre el cliente y el servidor y viceversa, y en el caso particular de la imagen del ECG, se determinó que eligiendo el formato “.jpg”, la misma puede ser detallada sin problemas y sin importar si en ella se hacen operaciones de acercamiento para observarla mejor.

Al poner a prueba la aplicación en los dispositivos mencionados anteriormente se verificó su total compatibilidad con los sistemas operativos Android 4.1 JellyBean, Android ICS 4.0.3, AndroidGingerbread 2.3.5 y 2.3.3, lo que permite contar con una gran variedad de dispositivos en los cuales puede funcionar y ser instalada la aplicación diseñada.

Se comprobó que el sonido del examen realizado al ser grabado a través del micrófono del dispositivo móvil, no afectaba de ninguna manera los resultados finales de la imagen del ECG, lo que hacía completamente transparente todo el proceso desde la grabación hasta el envío del archivo de audio y posterior recepción del resultado final del examen electrocardiográfico.

Debido al rápido crecimiento y evolución del sistema operativo Android, la programación en ciertas ocasiones se hacía un poco difícil motivado a que algunas instrucciones o partes del código de la aplicación podían ser implementadas en versiones inferiores como el Gingerbread 2.3.3, pero a la hora de realizar las pruebas en versiones superiores como el ICS 4.0.3, la aplicación detenía su funcionamiento y arrojaba un mensaje de error, esto era ocasionado por problemas de compatibilidad de la aplicación entre un sistema operativo y otro, por lo tanto se optó por realizar la programación siempre apuntando al último sistema operativo liberado por Android, y así de esta forma evitar problemas de compatibilidad de la aplicación entre los sistemas operativos.

V.2 Recomendaciones

A continuación se presentan una serie de recomendaciones, con la finalidad de que las mismas puedan servir para el perfeccionamiento en el futuro del presente Trabajo Especial de Grado.

- Resguardar la información con algún método de encriptación al momento de su transmisión y paso por las distintas redes entre el cliente y el servidor, y así asegurar la integridad de la misma.
- Mejorar el servidor de pruebas utilizado en este proyecto, desarrollando uno más robusto y completamente funcional.
- Desarrollar un procedimiento o programa que permita obtener el resultado del examen electrocardiográfico guardado en la señal acústica sin necesidad de depender del servidor de ITMS Venezuela.

BIBLIOGRAFÍA

- Informatica moderna*. (2009). Recuperado el 2 de 7 de 2011, de http://www.informaticamoderna.com/Pantalla_LCD.htm
- Alvarez, M. A. (2008). *Firewall*. Recuperado el 05 de Junio de 2011, de www.desarrolloweb.com
- Android Developer. (2011). *Android Developer*. Recuperado el 15 de Enero de 2012, de <http://developer.android.com/about/index.html>
- Arango Escalona, J. J. (2003). *Manual de electrocardiografía*. Corporación para Investigaciones Biológicas.
- Arcesio. (2011). *Arcesio*. Recuperado el Enero de 2012, de <http://www.arcesio.net/switches/switches1a.ppt>
- aulaClic S.L. . (Junio de 2011). *aulaClic*. Obtenido de http://www.aulaclic.es/internet/t_2_9.htm
- Bautista González, A. M., & David Alzate, D. P. (Noviembre de 2005). *Escuela de Ingeniería de Antioquia*. Recuperado el 25 de Noviembre de 2011, de <http://bioinstrumentacion.eia.edu.co/webestudiantes/2005ii/software/ecg.html>
- Baydal, E., Bonastre, A., Nachiondo, T., Sánchez, M., Santonja, V., & Silla, F. (2005). *Curso de Redes de Computadores Para Ingenieros*. Valencia.
- Caraballo, J. (15 de 3 de 2012). *juancaraballofotografo*. Obtenido de <http://www.juancaraballofotografo.es/blog-de-foto/82-formatos-de-la-imagen-digital.html>
- Cctvperu. (12 de 02 de 2012). *cctvperu*. Obtenido de <http://cctvperu.wordpress.com/2011/04/17/que-es-el-ddns/>
- Chonchi Aller Tomillo, J. R. (Febrero de 2005). *COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACIÓN*. Recuperado el 26 de Febrero de 2011, de <http://coit.es/publicaciones/bit/bit149/64-66.pdf>
- Cisco. (17 de Marzo de 2008). *Manual Cisco CCNA Protocolos de Enrutamiento*. (Cisco) Recuperado el 07 de Febrero de 2011, de http://www.guillesql.es/Articulos/Manual_Cisco_CCNA_Protocolos_Enrutamiento.a.spx

- Cisco. (2010). *Voz sobre IP*. Recuperado el 05 de Junio de 2011, de http://www.cisco.com/web/ES/solutions/es/voice_over_ip/index.html.
- Cisco. (2010). *VPN*. Recuperado el 02 de Junio de 2011, de <http://www.cisco.com/web/ES/solutions/es/vpn/index.html>
- Cobb, C. (2004). *Part I: Crypto Basics & What You Really Need to Know*.
- Cristhian. (Octubre de 2011). *PC Magazine*. Recuperado el 29 de Noviembre de 2011, de <http://pcmagazinespanish.blogspot.com/2011/10/los-mejores-smartphone-con-so-android.html>
- Cyprus, S. (Agosto de 2010). *wiseGEEK*. Recuperado el 20 de Marzo de 2012, de <http://www.wisegeek.com/what-is-adaptive-multi-rate-amr.htm>
- D Barnett, D. G. (2004). *Cabling: The complete guide to networking*. Alameda: Sybex.
- Flickenger, R. (2007). *Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo*.
- Forouzan, B. (2002). *Transmisión de Datos y Redes de Comunicaciones*. Madrid: Mc Graw Hill.
- Global Crossing. (2012). *Global Crossing- Level 3*. Recuperado el 01 de 2012, de <http://www.globalcrossing.com>
- GSM, P. (2006). *Grupo de tecnología de las Telecomunicaciones*. Recuperado el 05 de Junio de 2011, de http://portalgsm.com/documentacion_extendida/104_0_17_0_C/.
- Held, G. (2001). *Virtual Private Networking*. John Wiley & Sons, Ltd.
- Herrera, E. (2009). *Tecnologías y Redes de Transmisión de Datos*. Mexico: Limusa, Noriega Editores.
- Lagos, L. L. (24 de 01 de 2012). *cdigital*. Obtenido de <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/29532/1/LoydaLagos.pdf>
- Lammle, T. (2007). *CCNA: Cisco Certified Network Associate*. Indianapolis: Wiley Publishing.
- Lewis, W. (2009). *Red Inalambrica y Conmutada*. Madrid: Pearson.
- Luján, S. (2002). *Programación de aplicaciones web: Historia, principios básicos y clientes web*. Club Universitario.
- Makofske, D., Donaho, M., & Calvert, K. (2009). *TCP/IP Sockets in C: Practical Guide for Programmers*.

- Martín, D. A., & Corral, D. M. (2005). *UNINET*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2011, de <http://www.uninet.edu/do/2004/cinet2004/telemed1.html>
- Martínez, M. J. (s.f.). *Protocolos de Enrutamiento Simulador de Tráfico de Redes*. Universidad Nacional de Nordeste.
- Martinez, P., Cabello, M., & Diaz, J. (1996). *Sistemas operativos: Teoría y práctica*. Ediciones Díaz de Santos.
- Microsoft. (2010). *Authentication of VPN clients*. Recuperado el 02 de Junio de 2011, de [http://technet.microsoft.com/en-us/library/cc782786\(WS.10\).aspx](http://technet.microsoft.com/en-us/library/cc782786(WS.10).aspx)
- Microsoft. (2010). *VPN Tunneling Protocols*. Recuperado el 02 de Junio de 2011, de [http://technet.microsoft.com/en-us/library/cc782786\(v=ws.10\).aspx](http://technet.microsoft.com/en-us/library/cc782786(v=ws.10).aspx).
- Millán, R. (2007). *Redes de Datos y Convergencia IP*. Madrid: Copyright S.L.
- Mitchell, B. (s.f.). *VPN Tutorial*. Recuperado el 02 de Junio de 2011, de http://compnetworking.about.com/od/vpn/a/vpn_tunneling.htm.
- Muñoz, O. (Julio de 2009). *Diseño y construcción de un sistema para controlar el movimiento de una cámara IP*. Recuperado el 26 de Febrero de 2011
- Neto Mullo, J. O. (2006). *Implementación de un sistema de adquisición, transmisión de datos por red celular GSM y procesamiento mediante labview 6.1*. Quito.
- Oracle. (s.f.). *Java*. Recuperado el 20 de 11 de 2011, de http://www.java.com/es/download/faq/whatis_java.xml
- Ornelas, L. H. (22 de 4 de 2012). *Gestiopolis*. Obtenido de <http://www.gestiopolis.com/canales8/ger/definicion-y-tipo-de-redes-inalambricas.htm>
- Parmet, S. (13 de Septiembre de 2006). *JAMA*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2011, de <http://jama.ama-assn.org/content/suppl/2006/10/03/296.10.1314.DC1/pdfpat091306.pdf>
- PC Magazine. (Octubre de 2011). *PC Magazine*. Recuperado el 29 de Noviembre de 2011, de <http://pcmagazinespanish.blogspot.com/2011/10/los-mejores-smartphone-con-so-android.html>
- red, E. I. (2004). *Práctica 4-Análisis de Tráfico, QoS*. (Es la red) Recuperado el 07 de Marzo de 2011, de www.eslared.org.ve/walc2004/apc-aa/archivos-aa/.../Practica_QoS.doc.

Sierra, E. (s.f.). *Proyecto de Metro Ethernet en Medellín-Antioquiá*. Recuperado el 25 de febrero de 2011

Systems, C. (2003). Suplemento sobre cableado estructurado.

Tanenbaum, A. S. (2003). *Redes de Computadoras*. Mexico: Pearson Prentice Hall.

Townsend, N. (2001). *ECG Instrumentation*. Group, Dept. of Engineering. Obtenido de http://www.robots.ox.ac.uk/~neil/teaching/lectures/med_elec/. Signal processing

Universidad de Salamanca. (s.f.). *Lazarillo*. Recuperado el 20 de 11 de 2011, de <https://lazarillo.usal.es/nportal/components/wifi/usalFuncionamiento.jsp>

Villacrés, W. (s.f.). *Estudio comparativo de plataformas alternativas de videoconferencia basadas en software en el backbone de la ESPOCH*. 2010: Escuela Politécnica de Chimborazo.

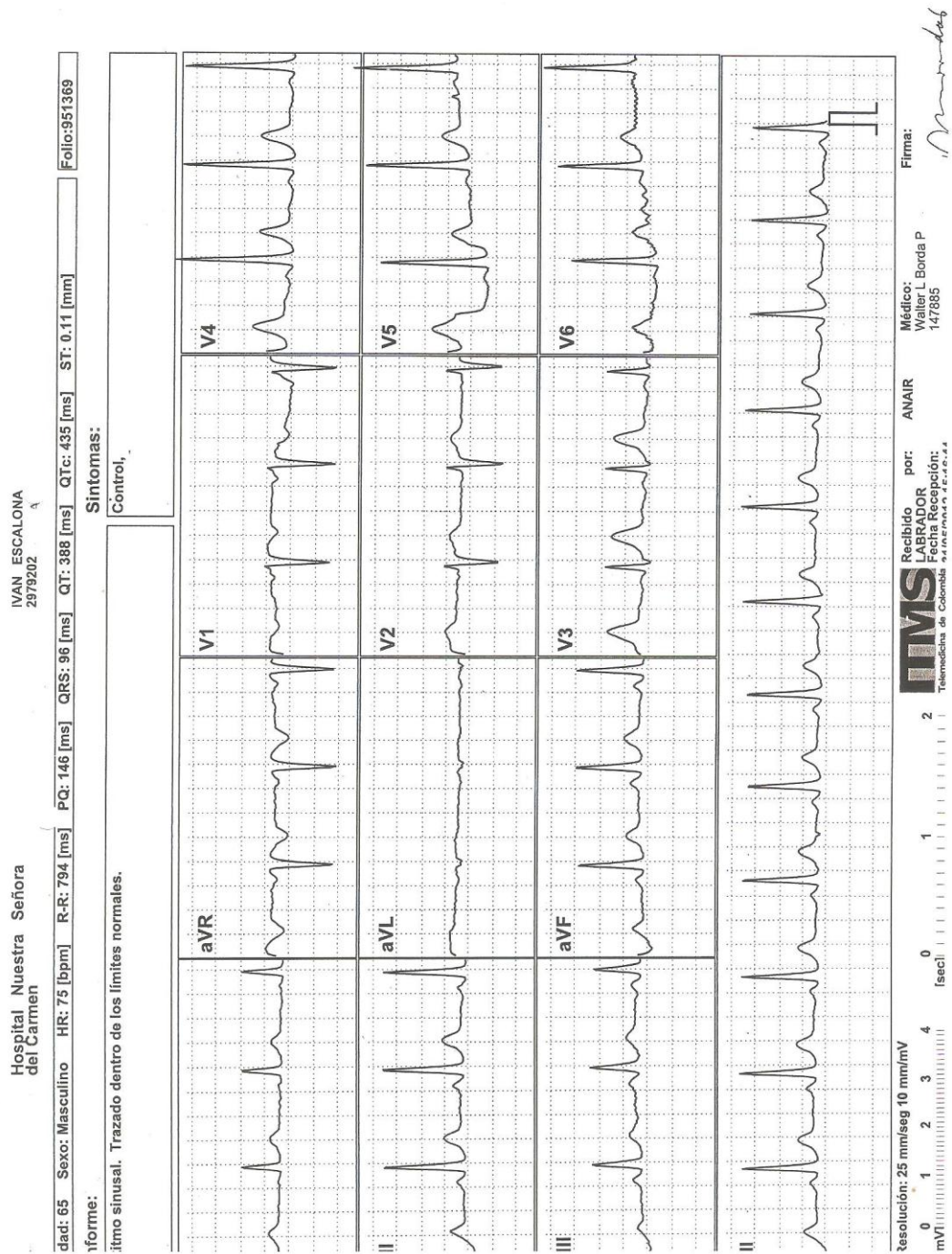
wisegEEK. (2003). *wisegEEK*. Recuperado el 14 de 08 de 2012, de wisegEEK: <http://www.wisegEEK.com/what-is-adaptive-multi-rate-amr.htm>

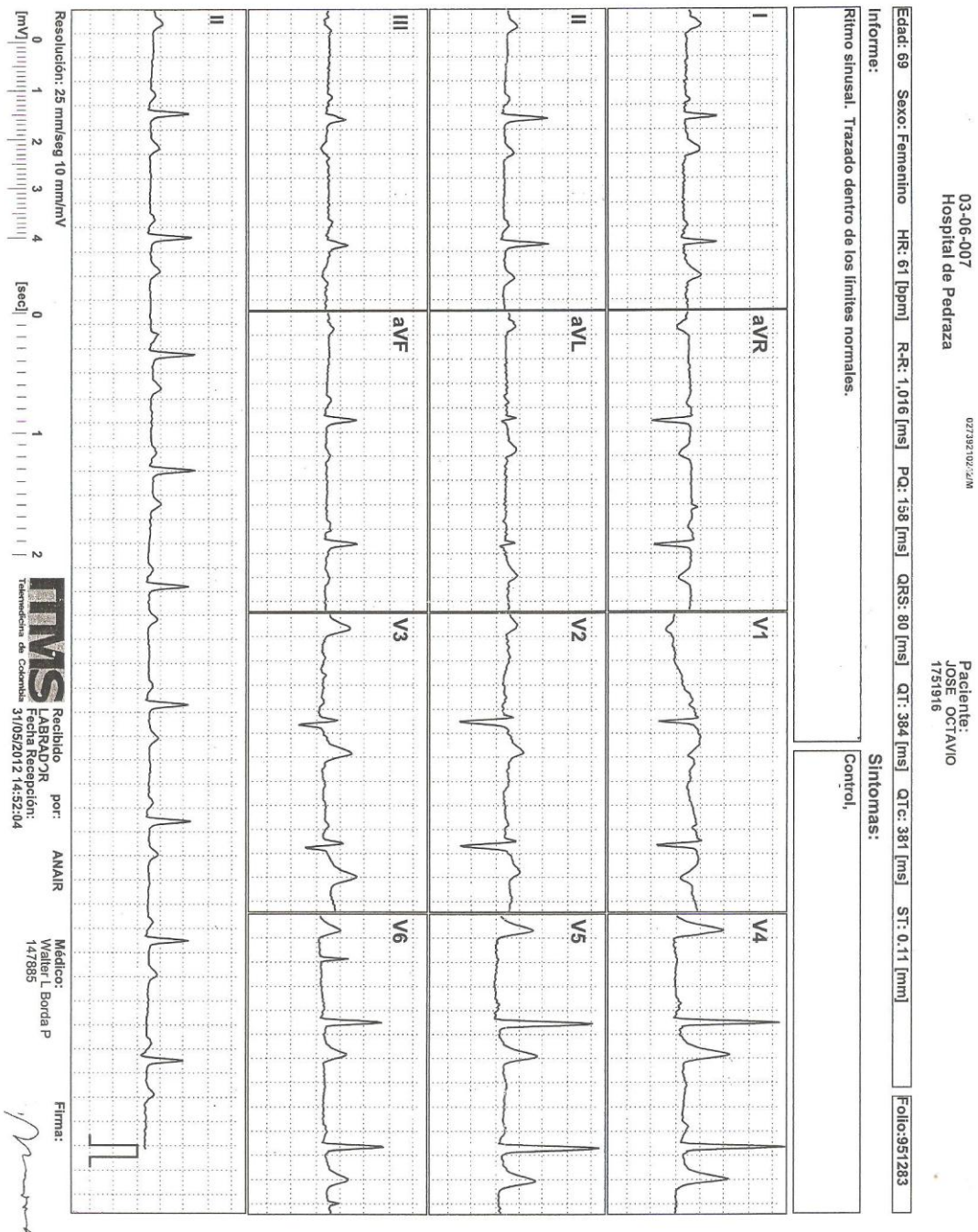
Xavier, A. B. (2002). *Inteligencia de red*. Barcelona: Ediciones UPC.

ANEXOS

Anexo A

Resultado de Exámenes ECG





Anexo B

Código QR para descargar aplicación



Anexo C

Código Aplicación y Servidores

(Ver cd adjunto)