

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD Y COMPUTACIÓN

PROYECTO DE GRADUACIÓN

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TELEMEDICINA
PARA IMÁGENES MÉDICAS, QUE SIRVA PARA EL INTERCAMBIO DE
OPINIONES ENTRE PROFESIONALES UBICADOS EN DIFERENTES
CONSULTORIOS DE LA LOCALIDAD”**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

PRESENTADO POR:

RAÚL ANDRÉS BEJARANO JIJÓN

GUAYAQUIL – ECUADOR

2008

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



ING. HOLGUER CEVALLOS

Sub-decano de la FIEC



ING. MIGUEL YAPUR

Director de Tópico



ING. WASHINGTON MEDINA

Miembro del Tribunal



DR. BORIS RAMOS

Miembro del Tribunal

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral".



RAÚL BEJARANO JIJÓN

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1	
REDES DE COMUNICACIÓN CELULAR	
1.1 Información general sobre redes de comunicación celular	
1.1.1 Redes conmutadas por circuitos	3
1.1.2 Redes conmutadas por paquetes	3
1.1.3 Subscriber identity module (SIM)	4
1.1.4 APN (Access Point Name)	4
1.1.5 International Mobile Equipment Identification (IMEI)	4
1.2 RED GSM	
1.2.1 Generalidades	5
1.2.2 Técnicas de compresión de voz	6
1.2.3 Técnicas de Modulación	7
1.2.4 Tipos de celda celular	8
1.2.5 Estructura de la red GSM	9
1.2.5.1 Base Station Subsystem (BSS)	9
1.2.5.2 Network Switching Subsystem (NSS)	10
1.3 General Packet Radio Services (GPRS)	
1.3.1 Generalidades	11
1.3.2 Clases de equipos celulares GPRS	12
1.3.3 Velocidades de transmisión de datos	13

1.3.4	Esquemas de codificación	14
1.4	REDES EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution)	
1.4.1	Generalidades	15
1.4.2	Modulación	16
1.5.1	Redes UMTS (Universal Mobile Telecommunications System)	
1.5.1	Generalidades	18
1.5.2	Características	18

CAPÍTULO 2

ELECTROCARDIOGRAFÍA

2.1	Generalidades	20
2.2	Electrocardiógrafo moderno	20
2.3	Derivaciones	
2.3.1	Derivaciones Unipolares y Bipolares	22
2.3.2	Eje eléctrico del corazón	27
2.4	Formas de onda, intervalos y complejos	27
2.4.1	Onda P	28
2.4.2	Intervalo PR	28
2.4.3	Complejo QRS	29
2.4.4	Segmento ST	30
2.4.5	Onda T	30
2.4.6	Intervalo QT	31
2.4.7	Onda U	31

CAPÍTULO 3

DICOM

3.1	Generalidades	32
3.2	Beneficios	34
3.3	Aplicaciones	34
3.4	Formato de datos DICOM	35
3.5	Lista de servicios disponibles en el estándar DICOM	36
3.6	Futuro de DICOM	38

CAPÍTULO 4

HERRAMIENTAS Y LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN UTILIZADOS

4.1	Microsoft Visual Studio 2005	39
4.2	Características	
4.2.1	Editor de código	39
4.2.2	Depurador	40
4.2.3	Diseñador	41
4.3	Lenguajes de programación soportados	42
4.3.1	Microsoft Visual C#	42
4.4	Windows Forms	43
4.5	Windows Media Encoder	
4.5.1	Generalidades	45
4.5.2	Características Principales	46
4.6	.NET Framework	

4.6.1	Generalidades	47
-------	---------------	----

CAPÍTULO 5

IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

5.1	Generalidades	49
5.2	Red y módem celular	49
5.3	Desarrollo del programa “iElectrocardio”	53
5.4	Funciones principales utilizadas en el desarrollo del proyecto	54
5.5	Configuración del “iElectrocardio”	58
5.5.1	Acciones	58
5.5.2	Configuración	69
5.5.3	Recepción del mensaje de correo electrónico	72
5.6	Análisis y viabilidad económica del proyecto	75

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

ANEXO A

ANEXO B

BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Esquema de codificación GPRS	15
Tabla 1.2	Esquema de modulación de red EDGE	17

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 5.1	Diagrama esquemático del proyecto	52
Figura 5.2	Pantalla principal iElectrocardio	59
Figura 5.3	Pantalla de acciones del iElectrocardio	60
Figura 5.4	Lanzamiento programa Electrocardiografo.exe	61
Figura 5.5	Pantalla para enviar correo electrónico	63
Figura 5.6	Pantalla para adjuntar un video de EKG o imagen DICOM	63
Figura 5.7	Pantalla #1 del wizard para capturar video y enviar correo	65
Figura 5.8	Pantalla #2 del wizard para capturar video y enviar correo	66
Figura 5.9	Pantalla #3 del wizard para capturar video y enviar correo	67
Figura 5.10	Confirmación de envío de mensaje	68
Figura 5.11	Pantalla de administración de contactos	69
Figura 5.12	Pantalla de credenciales	70
Figura 5.13	Pantalla de configuración de cuenta	71
Figura 5.14	Configuración de servidor de correo	72
Figura 5.15	Recepción de mensaje en cuanta de correo electrónico	73
Figura 5.16	Descarga del archivo adjunto a la computadora	74

RESUMEN

El principal objetivo de este proyecto es poder enlazar aquellos puntos remotos del país, donde cuentan con centros médicos de muy escasos recursos con hospitales y clínicas importantes de nuestra ciudad, para poder diagnosticar de una mejor manera a los pacientes.

Esto se logra gracias a la comunicación a través de la red celular, por medio de un módem conectado a una computadora y ésta a su vez conectada a un electrocardiógrafo.

Se va a desarrollar un programa que captura las imágenes y el video y los transmite a través de la red celular. Dicho programa se realizará en Microsoft Visual Studio 2005, usando el lenguaje de programación Microsoft Visual C#.

El capítulo 1 trata sobre los conceptos y bases de las redes de comunicación celular, para entender de una mejor manera las diferentes partes que forman una red celular; y como todas ellas actuando en conjunto nos brindan el servicio de comunicación que todos usamos a diario.

El capítulo 2 explica qué es un electrocardiograma, así como el electrocardiógrafo, las derivaciones de las ondas cardíacas y sus formas de onda, para tener un entendimiento sobre las imágenes y videos obtenidos del Electrocardiógrafo que se transmitirán a través de la red celular.

El capítulo 3 indica cuáles son los fundamentos del formato DICOM, para poder tener conocimiento teórico sobre este formato, y con el cual tomaremos algunas imágenes en este formato para transmitir las igualmente vía celular.

El capítulo 4 explica las funcionalidades básicas de Microsoft Visual Studio 2005 y de Microsoft Visual C#, programa y lenguaje utilizados para el desarrollo del programa de transmisión de datos y captura de video, así como de las herramientas utilizadas para terminar el programa y poder capturar la secuencia de imágenes en forma de video y poder transmitir las.

El capítulo 5 muestra la implementación del programa en sus diferentes etapas, desde la captura de la imagen, su envío a través de la red celular, hasta la recepción de dicha imagen o video en una computadora remota.

Finalmente se exponen las conclusiones y recomendaciones obtenidas de este proyecto.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO 1

REDES DE COMUNICACIÓN CELULAR

- 1.1 Información general sobre redes de comunicación celular
 - 1.1.1 Redes conmutadas por circuitos
 - 1.1.2 Redes conmutadas por paquetes
 - 1.1.3 Subscriber identity module (SIM)
 - 1.1.4 APN (Access Point Name)
 - 1.1.5 International Mobile Equipment Identification (IMEI)
- 1.4 RED GSM
 - 1.2.1 Generalidades
 - 1.2.2 Técnicas de compresión de voz
 - 1.2.3 Técnicas de Modulación
 - 1.2.4 Tipos de celda celular
 - 1.2.5 Estructura de la red GSM
 - 1.2.5.1 Base Station Subsystem (BSS)
 - 1.2.5.2 Network Switching Subsystem (NSS)
- 1.5 General Packet Radio Services (GPRS)
 - 1.3.1 Generalidades
 - 1.3.2 Clases de equipos celulares GPRS
 - 1.3.3 Velocidades de transmisión de datos
 - 1.3.4 Esquemas de codificación
- 1.4 REDES EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution)
 - 1.4.1 Generalidades
 - 1.4.2 Modulación
- 1.5.2 Redes UMTS (Universal Mobile Telecommunications System)
 - 1.5.1 Generalidades
 - 1.5.2 Características

CAPÍTULO 2

ELECTROCARDIOGRAFÍA

- 2.1 Generalidades
- 2.3 Electrocardiógrafo moderno
- 2.3 Derivaciones
 - 2.3.1 Derivaciones Unipolares y Bipolares
 - 2.3.2 Eje eléctrico del corazón
- 2.4 Formas de onda, intervalos y complejos
 - 2.4.1 Onda P
 - 2.4.2 Intervalo PR
 - 2.4.3 Complejo QRS
 - 2.4.4 Segmento ST

- 2.4.5 Onda T
- 2.4.6 Intervalo QT
- 2.4.7 Onda U

CAPÍTULO 3 DICOM

- 3.1 Generalidades
- 3.2 Beneficios
- 3.3 Aplicaciones
- 3.4 Historia
- 3.5 Formato de datos DICOM
- 3.6 Lista de servicios disponibles en el estándar DICOM
- 3.7 Futuro de DICOM

CAPÍTULO 4 HERRAMIENTAS Y LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN UTILIZADOS

- 4.1 Microsoft Visual Studio 2005
- 4.2 Características
 - 4.2.1 Editor de código
 - 4.2.2 Depurador
 - 4.2.3 Diseñador
- 4.3 Lenguajes de programación soportados
 - 4.3.1 Microsoft Visual C#
- 4.4 Windows Forms
- 4.5 Windows Media Encoder
 - 4.5.1 Generalidades
 - 4.5.2 Características Principales
- 4.6 .NET Framework
 - 4.6.1 Generalidades

CAPÍTULO 5 IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

- 5.1 Generalidades
- 5.2 Red y módem celular
- 5.3 Desarrollo del programa “iElectrocardio”
- 5.4 Funciones principales utilizadas en el desarrollo del proyecto
- 5.5 Configuración del “iElectrocardio”
 - 5.5.1 Acciones
 - 5.5.2 Configuración
 - 5.5.3 Recepción del mensaje de correo electrónico
- 5.6 Análisis y viabilidad económica del proyecto

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXO I

ANEXO II

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Esquema de codificación GPRS

Tabla 1.2 Esquema de modulación de red EDGE

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 5.1 Diagrama esquemático del proyecto
- Figura 5.2 Pantalla principal iElectrocardio
- Figura 5.3 Pantalla de acciones del iElectrocardio
- Figura 5.4 Lanzamiento programa Electrocardiografo.exe
- Figura 5.5 Pantalla para enviar mensaje de texto SMS o correo electrónico
- Figura 5.6 Pantalla para adjuntar un video de EKG o imagen DICOM
- Figura 5.7 Pantalla #1 del wizard para capturar video y enviar correo
- Figura 5.8 Pantalla #2 del wizard para capturar video y enviar correo
- Figura 5.9 Pantalla #3 del wizard para capturar video y enviar correo
- Figura 5.10 Confirmación de envío de mensaje
- Figura 5.11 Pantalla de administración de contactos
- Figura 5.12 Pantalla de credenciales
- Figura 5.13 Pantalla de configuración de cuenta
- Figura 5.14 Configuración de servidor de correo
- Figura 5.15 Recepción de mensaje en cuenta de correo electrónico
- Figura 5.16 Descarga del archivo adjunto a la computadora
- Figura 5.17 Reproducción del archivo descargado

INTRODUCCIÓN

Este proyecto consiste en lograr la transmisión a través de un enlace celular de imágenes médicas de tomografías, radiografías y otras en formato DICOM, así como capturar video de un electrocardiograma, utilizando módems celulares para lograr dicha comunicación.

Se va a desarrollar un programa en Microsoft Visual Studio 2005, usando el lenguaje de programación Microsoft Visual C# y usando herramientas como Windows Forms y Windows Media Encoder, que permiten capturar imágenes de la pantalla de la computadora en una secuencia de imágenes formando un video. El programa a desarrollarse permite capturar la secuencia de imágenes que forman un electrocardiograma, luego estas son procesadas por el programa y sin ningún tipo de pérdidas ni distorsión, estas imágenes son transmitidas como video utilizando el enlace de comunicación celular disponible. Al ser enviado el email junto a su archivo adjunto vía módem celular, a través de la Internet, se asegura que lleguen a su destino, ya que utiliza un protocolo de envío de correos con autenticación.

La persona o médico receptor de dicho mensaje podrá luego examinar dicha información para lograr un diagnóstico más exacto sobre la condición del paciente. En el cuerpo del email está configurado para que se lean los datos del paciente que son cargados antes de capturar el video, por lo que no hay lugar a confusiones sobre a quién pertenece un determinado examen.

Dada la facilidad, agilidad y simplicidad con que se puede montar una comunicación celular, se la considera como la alternativa más adecuada para lograr la comunicación, especialmente en lugares de difícil acceso, ya que no requiere el montaje de ninguna infraestructura (antenas, torres, tomas eléctricas especiales) ni cableado adicional.

Por su costo también es una alternativa conveniente, ya que tanto la implementación como la operación diaria de los equipos son económicas y no requieren de ningún mantenimiento. Los módems celulares utilizados incluso permiten administración remota para evitar desplazamientos innecesarios de personal a revisar los equipos.

En fin, el objetivo principal del proyecto es desarrollar un programa que permita a médicos de centros de atención de la ciudad comunicarse con otros médicos de centros hospitalarios más modernos que cuenten con mejor infraestructura y así crear un beneficio común para todos, que es el tener un mejor diagnóstico, así como también más certero y rápido.

CAPÍTULO 1

REDES DE COMUNICACIÓN CELULAR

1.1 Información general sobre redes de comunicación celular

1.1.1 Redes conmutadas por circuitos

Una red conmutada por circuitos es aquella en que se establece un canal o circuito de comunicación entre nodos antes de que los usuarios se comuniquen, es decir como si existiera una comunicación física entre ellos por medio de un circuito eléctrico. En este caso, toda la información es enviada por el mismo canal secuencialmente. Un circuito no puede ser utilizado por otros usuarios mientras no se termine la llamada, así no se intercambie información, es decir puede estar la llamada abierta pero ningún usuario está hablando e igual el circuito permanece ocupado debido a que es un circuito dedicado exclusivamente para dicha comunicación. En el caso de redes conmutadas por circuitos, la facturación se realiza por la duración de la llamada.

1.1.2 Redes conmutadas por paquetes

Las redes conmutadas por paquetes son aquellas en que los paquetes, que son bloques de datos o de bits, son transportados a través de una red de comunicación dividiéndolos a través de distintas rutas y en distinto orden, y luego son rearmados al llegar al destino gracias a la información de encabezamiento y orden que posee cada

paquete. En este tipo de redes, la facturación se hace por la cantidad de bits transmitidos.^[1]

1.1.3 Subscriber identity module (SIM)

El término Subscriber Identity Module se refiere a la tarjeta colocada en cada equipo celular, generalmente llamada chip celular o simplemente tarjeta SIM. La SIM es una tarjeta removible inteligente que contiene información del suscriptor como su número telefónico, contactos y mensajes de texto guardados. Esto permite que cada usuario traspase su información de un equipo a otro sin perder sus contactos al cambiar de equipo o de operador celular.

1.1.4 APN (Access Point Name)

Al usar un teléfono o un módem celular para la transmisión de datos a través de GPRS, se necesita configurar el APN (Access Point Name), que es un identificador del suscriptor o de la cuenta que tiene permisos para la transmisión de datos.

1.1.5 International Mobile Equipment Identification (IMEI)

El IMEI es un número único perteneciente a cada equipo celular existente. Este número es independiente de la SIM que tenga cada

equipo, por lo que si un equipo es reportado como robado, será bloqueado de acceder a la red sin importar la SIM que se lo conecte.

1.6 RED GSM

1.2.1 Generalidades

La red GSM es una red conmutada por circuitos y es el estándar más común en comunicaciones celulares a nivel mundial. Está presente en más de 200 países y cuenta con cerca de 3 billones de suscriptores.

La red GSM cuenta con señalización y con canales de voz, lo que la hace una tecnología de segunda generación (2G). También posee un canal de datos, que después de un tiempo evolucionó y se convirtió en General Packet Radio Services (GPRS), el cual a su vez evolucionó y se convirtió en Enhanced Data Rates for GSM Evolution (EDGE). Ambas evoluciones son compatibles con GSM, es decir equipos más nuevos – GPRS o EDGE - pueden funcionar en una red GSM o viceversa, equipos antiguos con tecnología GSM pueden funcionar en una red GPRS o EDGE.

La red GSM es una red celular en la que equipos móviles, generalmente teléfonos o módems celulares, se conectan a celdas celulares a su alrededor. Las redes GSM operan en cuatro frecuencias diferentes: 850/900/1800/1900 MHz. En nuestro país solo la

frecuencia de 850MHz está en funcionamiento, por motivos de concesiones de frecuencias. El espectro de frecuencias es propiedad del Estado en todos los países y por dicho motivo las operadoras celulares alquilan una porción del espectro durante el tiempo que dura la concesión.

La red GSM 850 funciona en las siguientes bandas de frecuencias: uplink o subida de información 824-849MHz, y downlink o bajada de información 869-894MHz. Como vemos, no es propiamente en los 850MHz que se trabaja sino en una banda de frecuencias alrededor de ese valor. Tanto en el uplink como en el downlink hay un ancho de banda de 25MHz. Este ancho de banda de 25MHz está dividido en 124 canales espaciados 200 KHz.

1.2.2 Técnicas de compresión de voz

La técnica conocida como Time Division Multiplexing (TDMA) es usada para obtener 8 canales Full-Rate (FR) o 16 canales Half-Rate (HR) por canal de frecuencia. El Full-Rate y Half-Rate son técnicas de compresión de voz que aparecieron alrededor del año 1990 para poder comprimir los 3.1KHz del espectro de voz humana en un ancho de banda limitado. La tasa de transmisión de bits de Full-Rate es 13 kbits/s y la tasa de transmisión de bits en Half-Rate es de 5.6 kbits/s. Al ser la técnica Half-Rate más económica en términos de ancho de

banda, la capacidad de la red para manejar el tráfico de voz se duplica pero a expensas de la calidad de voz.

Después de unos años, estas técnicas de compresión de voz evolucionaron y se convirtieron en Enhanced Full-Rate (EFR) y Adaptive Multi-Rate Compression (AMR). La técnica Enhanced Full-Rate mejora muchísimo la calidad de voz, pero consume 12.2 kbits/s lo que la hace apenas un poco más eficiente que Full-Rate aunque demanda más potencia del equipo celular y por ende mayor consumo de batería.^[2]

Es por esto que después apareció Adaptive Multi-Rate Compression, que utiliza ocho bit-rates o tasas de transmisión de bits diferentes dependiendo de la condición del enlace, variando desde 12.2 kbits/s hasta 1.60 kbits/s utilizando tanto Full-Rate como Half-Rate dependiendo de las condiciones del enlace.

1.2.3 Técnicas de Modulación

La técnica de modulación de voz usada en redes GSM es una variación de la modulación Frequency Shift Keying (FSK). Esta variación se llama Gaussian Minimum Shift Keying (GMSK). Las ventajas de esta técnica de modulación son que se reduce la interferencia en canales vecinos, gracias a que la señal portadora es

pasada a través de un filtro pasa-bajos (LPF – Low Pass Filter) antes de ser enviada a través del modulador de frecuencia.

1.2.4 Tipos de celda celular

Hay cuatro diferentes tamaños de celda en una red GSM: macro, micro, pico y celdas umbrella. La cobertura de cada celda varía de acuerdo al entorno donde se encuentran. Por ejemplo las celdas macro son aquellas áreas cercanas a una antena de estación base instalada en un mástil o en un edificio sobre el nivel promedio de altura de techos. Las celdas micro son aquellas cuya antena está bajo el nivel de altura promedio de techos, son usadas típicamente dentro de ciudades en las zonas urbanas. Las celdas pico son aún más pequeñas y su cobertura llega a apenas unas decenas de metros, son generalmente usadas en interiores. Y por último las celdas umbrella son usadas para cubrir huecos dejados por celdas más grandes.

El radio horizontal de cobertura varía desde unos cuantos metros hasta decenas de kilómetros, dependiendo de la altura de la antena, de su ganancia y de las condiciones de propagación. Adicionalmente existen también las celdas extendidas que pueden duplicar el radio de cobertura dependiendo del tipo de antena usada, el tipo de terreno y demás parámetros.

La cobertura GSM en interiores puede ser completada usando una estación base pequeña - una pico celda - o usando un repetidor de interiores con antenas internas distribuidas alrededor de la localidad tomando la señal más potente de una antena externa y dividiéndola a todas las antenas internas. Esto se necesita en lugares donde se requiere una capacidad permanente de llamadas como edificios gubernamentales, centros comerciales, aeropuertos, estaciones de tren, etc.

1.2.5 Estructura de la red GSM

La estructura que soporta una red GSM es extensa y un poco complicada por lo que se la divide en partes para su mejor entendimiento.

Primero tenemos el sub-sistema de estación base (Base Station Subsystem) y luego el sub-sistema de red y conmutación (Network and Switching Subsystem).

1.2.5.1 Base Station Subsystem (BSS)

El Base Station Subsystem (BSS) es la parte de una red celular que maneja el tráfico y señalización entre el equipo móvil y el Network Switching Subsystem. El BSS trabaja en la codificación de los canales de voz, la asignación de canales de radio a

teléfonos móviles, el manejo de calidad en transmisión y recepción sobre el aire y otras tareas referentes a la red.

1.2.5.2 Network Switching Subsystem (NSS)

El Network Switching Subsystem es el componente de una red GSM que desempeña las funciones de conmutación y maneja las comunicaciones entre los equipos móviles y la red telefónica pública conmutada – Public Switched Telephone Network (PSTN) - , en otras palabras la red telefónica convencional. El NSS es operado por las compañías celulares y permite que los teléfonos móviles se comuniquen entre ellos así como con teléfonos de otras redes.

El NSS, también conocido como la red núcleo GSM o GSM Core Network, es la porción de la red GSM de conmutación por circuitos, usada para servicios GSM tradicionales como llamadas de voz, mensajes de texto o Short Messages Services (SMS) y llamadas de datos o Circuit Switched Data Calls (CSD).

Adicionalmente a esta porción de la red, existe lo que se conoce como GPRS Core Network, que maneja los servicios de conmutación por paquetes como Wireless Application Protocol

(WAP), Multimedia Messages Service (MMS) y acceso a Internet.

1.7 General Packet Radio Services (GPRS)

1.3.1 Generalidades

La tecnología GPRS es un servicio de datos móviles ofrecidos por el operador celular basado en la tecnología GSM y en equipos o teléfonos celulares que soporten dicha tecnología.

La transmisión de datos a través de GPRS se factura por la cantidad de kilobytes transmitidos, lo que hace muy conveniente su adopción en esquemas donde se tiene una conexión permanente pero con ráfagas de transmisión de datos, al no cobrar por el tiempo que está abierta la llamada sino solo por la cantidad de datos transmitidos. Esto es conocido como red conmutada por paquetes, a diferencia de la red GSM que era conmutada por circuitos. ^[3]

Las redes celulares de segunda generación, conocidas como 2G, al funcionar a la par con GPRS, son conocidas como redes 2.5G, es decir un escalón intermedio entre 2G y 3G. Se considera 2.5G al proveer velocidades de transmisión de datos moderadas al usar canales Time Division Multiple Access (TDMA) que no están siendo usados por la red GSM.

1.3.2 Clases de equipos celulares GPRS

Existen varias clases de equipos GPRS. Dichas clases se dividen según los servicios que se pueden acceder.

Clase A

Pueden estar conectados a la red GPRS y GSM al mismo tiempo y usar ambas a la vez. Es decir puede haber transmisión de datos y voz al mismo tiempo.

Clase B

Pueden estar conectados a GPRS y GSM al mismo tiempo, pero solo usar uno a la vez. Por ejemplo si se realiza una llamada de voz usando GSM, el servicio GPRS se interrumpe, pero al momento de cerrar la llamada, GPRS se restablece automáticamente.

Clase C

Está conectado a la red GPRS o GSM individualmente. El cambio de una red a otra se hace de forma manual.

En los equipos de clase A, existe un inconveniente: al soportar tráfico de datos y voz al mismo tiempo, se necesitarían dos radios para

lograrlo. Para evitar el costo de tener dos radios dentro de un mismo equipo, se creó el modo de transferencia dual o Dual Transfer Mode (DTM). Un equipo DTM puede transmitir simultáneamente voz y datos en la misma frecuencia sin que haya choque o pérdida de paquetes.

1.3.3 Velocidades de transmisión de datos

La velocidad de transmisión de datos de una red GPRS es proporcional a la cantidad de ranuras de tiempo o time slots asignados, que varían entre lo que la celda celular soporta y la capacidad del equipo celular, que es designada como GPRS Multislot Class.

Las clases Multislot GPRS más comunes son:

- Clase 2: Posee un slot de up-link y uno de down-link, dando en total 2 slots activos.
- Clase 4: Posee un slot de up-link y tres slots de down-link, con 4 slots activos al mismo tiempo.
- Clase 6: Posee dos slots de up-link y tres de down-link, con 4 slots activos al mismo tiempo.
- Clase 8: Posee un slot de up-link y cuatro de down-link, con 4 slots activos al mismo tiempo.

- Clase 10: Posee dos slots de up-link y cuatro de down-link, con 4 slots activos al mismo tiempo.
- Clase 12: Posee cuatro slots de up-link y cuatro slots de down-link, con 5 slots activos al mismo tiempo.

La clase Multislot GPRS más común hoy en día es la clase 12 debido a la mayor tasa de transmisión de datos permitida.

1.3.4 Esquemas de codificación

Adicionalmente a la clase Multislot que un equipo pueda pertenecer, hay que tener en cuenta el esquema de codificación. Mientras sea menos robusto sea el método de codificación, más rápida será la tasa de transmisión de datos. El esquema menos robusto es el CS-4, mientras que el esquema más robusto, el CS-1 es usado mientras más lejos se encuentra el equipo celular de la estación de transmisión.

Las tasas de transmisión de estos esquemas son bajas en general, siendo la CS-1 la más baja con 8.0 kbits/segundo, luego la CS-2 con 12 kbits/segundo, CS-3 14.4 kbits/segundo y por último la CS-4 con 20 kbits/segundo.

Esquema de codificación	de	Velocidad en kbits/segundo
CS-1		8.0
CS-2		12.0
CS-3		14.4
CS-4		20

Tabla 1.1 Esquema de codificación GPRS

Al tener un esquema de codificación CS-4 se tiene mayor velocidad, pero obviamente tiene una desventaja que es la cobertura de la celda, que alcanza sólo al 25%. Así mismo, con la codificación CS-1 se tiene la velocidad más baja pero alcanza una cobertura del 98%. En los últimos años se ha mejorado esto al variar el esquema de codificación automáticamente, dependiendo de la ubicación del equipo con respecto a la celda.

1.8 REDES EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution)

1.4.1 Generalidades

Es una tecnología celular considerada como la evolución de GPRS, es más, es conocida por algunos como EGPRS (Enhanced GPRS). Al ser una mejora a la tecnología GPRS existente, incrementa la velocidad de transmisión de datos, así como su confiabilidad en la transmisión.

Técnicamente se la considera una tecnología 3G, pero debido a que no alcanzó en la práctica las velocidades de transmisión deseadas ni se implementaron todos los servicios posibles, se la ubicó un poco por debajo de 3G, de manera no oficial en la categoría 2.75G.

Como simplemente es una mejora a las redes ya existentes, se hizo más fácil para los operadores su implementación, ya que si bien debieron adquirir nuevos equipos que soporten la tecnología EDGE, podían seguir usando sus equipos y su red antigua en conjunto con la nueva.

1.4.2 Modulación

En la parte de modulación, se utiliza la técnica 8PSK (Eight Phase Shift Keying), aparte de la técnica de modulación GMSK utilizada por GPRS. Como en la tecnología EDGE hay más niveles de modulación y codificación, es necesario usar esta técnica 8PSK. ^[4]

Los esquemas de modulación van del 1 al 9, con los 4 primeros usando la modulación GMSK y los 5 restantes la modulación 8PSK. Las velocidades en cada nivel de modulación por time slot van desde 8.80 kbits/segundo hasta 59.2 kbits/segundo.

Esquema de codificación	Velocidad en kbits/segundo	Modulación
MCS-1	8.8	GMSK
MCS-2	11.2	GMSK
MCS-3	14.8	GMSK
MCS-4	17.6	GMSK
MCS-5	22.4	8PSK
MCS-6	29.6	8PSK
MCS-7	44.8	8PSK
MCS-8	54.4	8PSK
MCS-9	59.2	8PSK

Tabla 1.2 Esquema de modulación de red EDGE

Las tasas de transmisión de datos pueden llegar hasta 236.8 kbits/segundo usando 4 time slots y la modulación MCS-9 y a 473.6 kbits/segundo usando 8 time slots con MCS-9, por lo que califica oficialmente como tecnología 3G, pero estas velocidades son teóricas, por lo que se rebajó posteriormente a 2.75G nomás.

Luego de EDGE vino la evolución de EDGE, con mejoras pequeñas como reducción de la latencia a la mitad. Las tasas de transmisión se incrementaron hasta 1 Mbit/segundo, se mejoró la modulación a

técnicas de más alto orden como 32QAM y 16QAM y se mejoró la señal al usar antenas duales.

1.5.3 Redes UMTS (Universal Mobile Telecommunications System)

1.5.1 Generalidades

Es una de las principales tecnologías celulares pertenecientes a la categoría 3G en este momento. Perteneció al ramal de la tecnología GSM y sus evoluciones. Está estandarizado por la 3GPP, que es un acuerdo logrado entre varias asociaciones de telecomunicaciones para aplicar globalmente un sistema de comunicación celular de tercera generación, según la recomendación ITU-2000.

La tecnología UMTS, puede ser confundida con otras tecnologías 3G, pero pertenecientes a otros ramales, como por ejemplo CDMA. En este caso, para diferenciarla, se la llama 3GSM, indicando que es una tecnología 3G, pero partiendo del grupo GSM.

1.5.2 Características

La tecnología UMTS utiliza W-CDMA, soportando velocidades de transmisión de hasta 14.0 Mbits/s en teoría, aunque las velocidades reales llegan hasta 3.6 Mbits/s para equipos fijos y 2.0 Mbits/s para

equipos móviles, lo cual la convierte en una tecnología de banda ancha celular.

En W-CDMA se usan dos canales de 5 MHz, lo cual es un espectro grande comparado con otras tecnologías celulares que usaban 1 MHz. Este ancho de banda elevado es que permite lograr tasas de transmisión de datos por encima de los 2 Mbits/s, pero al mismo tiempo es un problema por cuestiones de licenciamiento de frecuencias en países donde el espectro está copado o donde es muy difícil o costoso sacar nuevas concesiones de frecuencia.

Es compatible con redes GSM ya funcionando y la transición de una llamada de la red GSM a UMTS o viceversa es transparente. Según recomendaciones de la ITU, la red UMTS debe funcionar en los 2100 MHz, pero debido a que en algunos países dicha frecuencia estaba ya ocupada por otros servicios celulares o incluso por algunas comunicaciones satelitales, se debieron subastar y asignar otras porciones del espectro. Esto ocasionó que no todos los países tengan redes UMTS operando en la misma frecuencia, por lo que la interoperabilidad de equipos celulares en diferentes países se vio comprometida. Posteriormente aparecieron equipos que operaban en las diferentes y múltiples frecuencias UMTS solucionando este problema.

CAPÍTULO 2

ELECTROCARDIOGRAFÍA

2.1 Generalidades

Un electrocardiograma, comúnmente abreviado como ECG o EKG es el gráfico producido por un equipo médico llamado electrocardiógrafo. El electrocardiógrafo graba y muestra en pantalla la actividad eléctrica del corazón de una persona. Los músculos cardíacos crean ondas eléctricas mientras la sangre fluye a través del corazón. Estas ondas eléctricas recorren el cuerpo humano y pueden ser medidas a través de electrodos colocados sobre la piel del paciente. Los electrodos pueden ser ubicados en diferentes partes del cuerpo humano, y dependiendo su ubicación, se obtendrán diferentes resultados del electrocardiograma realizado.

En el EKG se muestran las diferencias de voltaje entre cada electrodo y la actividad de cada grupo muscular del corazón. Gracias al EKG se pueden detectar fallas en el ritmo cardíaco, o anomalías en la forma de onda obtenida en la pantalla. Estas anomalías pueden ser causadas por enfermedad o por mala alimentación, falta de ejercicio, u otras causas.

2.2 Electrocardiógrafo moderno

Un electrocardiógrafo típico moderno tiene una velocidad de papel de 25mm/s, aunque se puede usar una velocidad mayor, todo depende

de la calibración. Cada bloque pequeño dentro del papel de EKG tiene un área de 1mm^2 y cinco de estos bloques pequeños hacen un bloque grande. Los bloques pequeños representan un intervalo de 40ms, y un bloque grande representa 200ms, por lo que hay cinco bloques grandes por segundo en un EKG. En un equipo, se calibra para que cada 1mm represente 0.1mV o 10mm/mV. En todo examen se incluye una señal de calibración que es un cuadrado que debe representar 1mV en 10mm de papel.

En los electrocardiógrafos modernos además se puede filtrar la señal para evitar que se muestren señales extrañas en el examen. Generalmente se incluye un filtro pasa altos, que impide que frecuencias por debajo de 0.5Hz o 1Hz pasen, y también un filtro pasa bajos, que así mismo impide frecuencias por encima de cierto nivel, que en este caso se sitúa por los 40Hz. El filtro pasa altos situado a 0.5Hz o 1Hz, impide que la línea base del EKG se desplace, y el filtro pasa bajos ubicado a 40Hz reduce la interferencia causada por señales de la alimentación eléctrica que fluyen a 50Hz o 60Hz. También el filtro pasa altos se puede configurar para que permita frecuencias sobre los 0.05Hz, pero esto es en casos donde se quieran ver señales muy pequeñas como son los segmentos ST de la onda cardíaca.

La palabra canal se refiere a una línea imaginaria trazada en el cuerpo humano a través de la cual una señal eléctrica es medida. Por ejemplo, cuando se habla de un electrocardiograma de 12 canales, se refiere a que existen 12 líneas imaginarias en el cuerpo humano por las cuales se miden señales eléctricas a través de electrodos.

Un electrocardiograma se obtiene al medir la diferencia de potencial eléctrico entre varias partes del cuerpo humano usando un amplificador de instrumentación médico. Un electrodo es colocado en cada parte donde se desea obtener la información de la señal cardíaca.

Cuando el frente de despolarización de la onda cardíaca se mueve en dirección hacia un electrodo positivo, se crea una curva positiva en el canal correspondiente. Así mismo, cuando el frente de despolarización de la onda cardíaca se mueve en dirección contraria al electrodo positivo, se crea una curva negativa en el canal correspondiente.^[5]

2.3 Derivaciones

2.3.1 Derivaciones Unipolares y Bipolares

Hay dos tipos de derivaciones: unipolares y bipolares. Las derivaciones unipolares tienen la característica que existe un electrodo en el centro del triángulo de Einthoven que hace de

las veces de neutro, a potencial eléctrico cero. La dirección de los vectores cardíacos es desde el centro del corazón hacia fuera. Las derivaciones bipolares, tienen todos los electrodos situados a algún potencial y la dirección del vector cardíaco va desde el electrodo con menor potencial hacia el de mayor potencial.

Hay 12 derivaciones en total, cada una mostrando la actividad eléctrica en el corazón desde una perspectiva diferente, relacionadas con las diferentes áreas físicas del corazón para poder diagnosticar enfermedades o condiciones cardíacas como isquemia coronaria, infarto al miocardio u otras.

- Derivaciones inferiores: derivaciones II, III y aVF, muestran la actividad cardíaca desde la pared inferior del ventrículo izquierdo.
- Derivaciones laterales: derivaciones I, aVL, V5 y V6, muestran la actividad eléctrica desde la pared lateral del ventrículo izquierdo. Como en las derivaciones I y aVL se colocan los electrodos en el hombro izquierdo, se las conoce como derivaciones laterales altas, y así mismo, como en las derivaciones V5 y V6 se colocan los

electrodos en el pecho, se las conoce como derivaciones laterales bajas.

- Derivaciones septales: V1 y V2, muestran la actividad cardíaca desde la pared septal del ventrículo izquierdo.
- Derivaciones anteriores: V3 y V4, muestran la actividad cardíaca desde la pared anterior del ventrículo izquierdo.

La derivación aVR no ofrece una visión específica del ventrículo izquierdo, sino que permite ver la pared del endocardio desde una perspectiva del hombro derecho.

Adicionalmente, cabe notar que dos derivaciones precordiales que están juntas se las considera contiguas, a pesar de pertenecer a grupos de derivaciones diferentes.

Las derivaciones I, II y III son las primeras derivaciones cardíacas obtenidas hace mucho tiempo con el galvanómetro de Einthoven. En ese tiempo, se debían meter las extremidades en agua salina que hacía de las veces de conductor eléctrico. Es esto lo que se conoce como el triángulo de Einthoven, debido a la forma que se generaba al colocar las extremidades y hacer las mediciones. Después de unos años, se inventaron los electrodos y se eliminó el proceso de colocar las extremidades en agua.^[6]

- Derivación I: bipolar, electrodo negativo en el brazo derecho, electrodo positivo en el brazo izquierdo. La pierna derecha hace de tierra.
- Derivación II: bipolar, electrodo negativo en el brazo derecho, electrodo positivo en la pierna izquierda. La pierna derecha hace de tierra.
- Derivación III: bipolar, electrodo negativo en el brazo izquierdo, electrodo positivo en la pierna izquierda. La pierna derecha hace de tierra.

La pierna derecha hace siempre de tierra al considerarse el punto más alejado del corazón y por lo tanto el que menos influiría en una medición.

Las derivaciones aVR, aVL, aVF son las derivaciones bipolares aumentadas. Se toman de los mismos electrodos de las derivaciones I,II y III, sin embargo ofrecen diferentes ángulos de visión de la señal cardíaca. Se llaman derivaciones aumentadas porque al haber mayor diferencia de potencial, la gráfica sale aumentada.

- Derivación aVR: vector derecho aumentado, electrodo positivo en el brazo derecho, y el electrodo negativo es la

suma de dos electrodos colocados en el brazo izquierdo pierna izquierda.

- Derivación aVL: vector izquierdo aumentado, electrodo positivo en el brazo izquierdo, y el electrodo negativo es la suma de dos electrodos colocados en el brazo derecho y pierna izquierda.
- Derivación aVF: vector pie aumentado, electrodo positivo en la pierna izquierda, y el electrodo negativo es la suma de dos electrodos colocados en el brazo derecho y brazo izquierdo.

Las derivaciones aumentadas son amplificadas de esta manera porque de otra forma la señal sería muy pequeña para poder visualizarla. Junto a las derivaciones I, II y III, las derivaciones aVR, aVL y aVF forman la base del sistema de referencia Hexaxial, el cual es usado para calcular el eje eléctrico del corazón en el plano frontal.

Las derivaciones precordiales V1, V2, V3, V4, V5, y V6 se ubican directamente en el pecho, su ubicación varía ligeramente entre las costillas, y al estar tan cerca del corazón no necesitan amplificación. Las derivaciones precordiales permitan visualizar la actividad cardíaca en el plano horizontal.

- Derivación V1: el electrodo es colocado en el 4^{to} espacio intercostal a la derecha del esternón.
- Derivación V2: el electrodo es colocado en el 4^{to} espacio intercostal a la izquierda del esternón.
- Derivación V3: el electrodo es colocado entre las derivaciones V2 y V4.
- Derivación V4: colocada en el 5to espacio intercostal.
- Derivación V5: siguiendo la línea axilar anterior.
- Derivación V6: siguiendo la línea axilar media.

2.3.2 Eje eléctrico del corazón

El eje eléctrico del corazón se refiere a la dirección general del frente de onda de despolarización del vector cardíaco en el plano frontal. Generalmente está orientado desde el hombro derecho hacia la pierna izquierda, correspondiendo al cuadrante inferior izquierdo del sistema Hexaxial de referencia, aunque un ángulo entre -30° hasta $+90^{\circ}$ se considera normal.

Cualquier desviación de ese rango podría evidenciar una condición cardíaca.

2.4 Formas de onda, intervalos y complejos

Una forma de onda normal de un ECG consta de una onda P, el complejo QRS y una onda T. Una pequeña onda U aparece en un porcentaje importante de los ECG aunque su presencia o ausencia no es sinónimo de anomalía.

2.4.1 Onda P

Durante la despolarización atrial, el vector cardíaco principal está dirigido desde el nódulo SA hacia el nódulo AV. Esto al graficarse en el ECG se conoce como la onda P, que es positiva en las derivaciones II, III y aVF debido a que la actividad eléctrica va hacia el electrodo positivo en esas derivaciones y es invertida en aVR debido a que la actividad eléctrica se aleja del electrodo positivo en esa derivación.

Existe una relación entre la forma de onda de P y el complejo QRS que permite determinar diferentes tipos de arritmias cardíacas, así como también una forma o duración anormal de la onda P puede significar alargamiento atrial del corazón.

2.4.2 Intervalo PR

Es medido desde el inicio de la onda P hasta el inicio del complejo QRS. Generalmente dura entre 120ms hasta 200ms. Un intervalo PR de más de 200ms podría ser síntoma de

obstrucción en el corazón. Un intervalo PR muy corto en cambio podría indicar una pre-excitación de los ventrículos. Un intervalo PR variable, es decir no constante, podría ser causa de otros tipos de obstrucción en el corazón.

2.4.3 Complejo QRS

El complejo QRS corresponde a la despolarización de los ventrículos en el corazón. Como los ventrículos del corazón contienen más músculos que las otras partes, el complejo QRS es más grande que la onda P. Además las coordenadas de despolarización de los ventrículos lucen punteadas, en vez de ser redondeadas, debido a un incremento en la velocidad de conducción dentro de los ventrículos. Normalmente, un complejo QRS dura entre 60ms y 100ms. Una duración mayor indica alguna anomalía.

No todos los complejos QRS tienen las tres ondas: Q, R, y S. Generalmente se refiere a cualquiera de las tres ondas como el complejo QRS. Sin embargo una correcta interpretación de un ECG requiere la definición exacta de cada onda. A veces se usan letras mayúsculas o minúsculas dependiendo del tamaño relativo de una onda con respecto a las demás.

La duración, amplitud y otras características del complejo QRS son útiles para diagnosticar arritmias cardíacas, hipertrofia ventricular, infarto al miocardio y otras patologías cardíacas.

Las ondas Q representan la despolarización del septum. Una onda Q normal, no debe ser mayor a $\frac{1}{3}$ de la amplitud de la onda P, ni su duración debe ser mayor a 40ms. Cualquiera de estas dos condiciones podría representar infarto al miocardio.

2.4.4 Segmento ST

El segmento ST es el que une el complejo QRS con la onda T y tiene una duración de entre 80ms y 120ms. Empieza con el punto J, que es la unión entre el complejo QRS y el segmento ST y termina al inicio de la onda T. Sin embargo, es muy difícil determinar dónde termina el segmento ST y donde empieza la onda T por lo que ambas se examinan en conjunto.

Un segmento ST hacia abajo o deprimido podría representar isquemia coronaria. Una elevación de este segmento mayor a 1mm y más larga que 80ms podría ser indicación de infarto al miocardio.

2.4.5 Onda T

La onda T representa la repolarización de los ventrículos. En la mayoría de las derivaciones, la onda T es positiva, aunque puede en algunos casos ser positiva, negativa, o bifásica en una misma derivación.

Una onda T invertida, o muy puntiaguda podría ser síntoma de infarto al miocardio, hipertrofia ventricular o isquemia coronaria.

2.4.6 Intervalo QT

El intervalo QT es medido desde del inicio del complejo QRS hasta el final de la onda T. un valor normal para este intervalo está entre 300ms y 450ms. Igual como los otros casos, una duración muy corta o muy larga puede ser síntoma de una patología cardíaca.

2.4.7 Onda U

La onda U no siempre se muestra en un ECG. Representa la repolarización de los músculos papiliares y las fibras de Purkinje. Es pequeña y va después de la onda T. Una onda U muy puntiaguda, muy grande o invertida puede representar una condición cardíaca.

CAPÍTULO 3

FORMATO DE DATOS DICOM

3.1 Generalidades

DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) es un estándar de la industria médica que sirve para manejar, almacenar, enviar, recibir, e imprimir información de imágenes médicas. Fue desarrollado por la NEMA (National Electrical Manufacturers Association) y ACR (American College of Radiology) para ayudar en la distribución y visualización de tomografías, resonancias magnéticas y ultrasonido. [7]

La conectividad es muy importante en el área médica ya que permite tener servicios de diagnóstico entre hospitales o centros médicos distantes, maximizando el beneficio a través de los recursos disponibles, así como bajando costos gracias a la compatibilidad entre diferentes marcas de equipos.

DICOM permite la integración de equipos de tomografías computarizadas, de resonancia magnética, servidores, estaciones de trabajo e impresoras bajo un solo sistema de archivo y comunicaciones de imágenes médicas, que permite que cada equipo de diferente fabricante se comunique con los demás a través de un sistema abierto y estandarizado. Así, las imágenes médicas son capturadas y comunicadas más rápidamente, los médicos dan

diagnósticos más apropiados y las decisiones sobre qué tratamiento a seguir son más acertadas.

Los diferentes equipos médicos muestran acuerdos de conformidad que aclaran cuáles clases de archivos DICOM soportan. DICOM es usado ampliamente en hospitales y se está implementando en lugares más pequeños como consultorios particulares o clínicas rurales.

Cada archivo DICOM contiene un encabezado que almacena información del paciente, tipo de imagen, dimensión de la imagen, así como los datos de la imagen en sí, inclusive datos en tres dimensiones. Esto difiere de otros formatos de almacenamiento que guardan la imagen por un lado y los datos del paciente por otro. También la imagen DICOM puede ser comprimida usando técnicas con pérdidas o sin pérdidas. DICOM es el estándar más usado para visualización de imágenes en hospitales, centros de diagnósticos de imagen y consultorios de especialistas.

Al adquirir equipamiento certificado con el estándar DICOM, los médicos y hospitales se aseguran que sus herramientas trabajarán en conjunto para producir, administrar y distribuir imágenes médicas sin importar quién sea el fabricante del equipo. Así mismo los fabricantes de equipos de imágenes médicas se aseguran un mercado potencial al cumplir con las normas DICOM ya que sus equipos podrán trabajar

con equipos médicos o sistemas médicos ya existentes que también cumplan con el estándar.

3.2 Beneficios

Entre los beneficios principales de utilizar el formato tenemos los siguientes:

- Médicos tienen mejor acceso a imágenes y reportes para una mejor toma de decisiones en cuanto a diagnósticos, sin importar el lugar donde se encuentre.
- Pacientes: obtendrán un cuidado más adecuado y oportuno de parte del cuerpo médico de un hospital.

Además, actualmente se está estandarizando también el record o información de cada paciente de forma electrónica (EHR o Electronic Health Record), por lo que el formato DICOM será de gran ayuda para aquellos hospitales que estén en este proceso.

3.3 Aplicaciones

El campo de acción del estándar DICOM es muy amplio y entre las principales ramas de la medicina que lo utilizan tenemos:

- Radiología
- Cardiología

- Oncología
- Odontología
- Cirugía
- Neurología
- Radioterapia
- Oftalmología
- Patología

3.4 Formato de datos DICOM

El formato de datos DICOM difiere de otros formatos de datos en la manera en que agrupa información en sets de datos. Esto significa que un archivo que contiene una imagen médica de un paciente, no sólo contiene la imagen, sino información del paciente también embebida dentro del archivo, de manera que la imagen nunca podrá ser separada de la información del paciente por error o deliberadamente.

Un objeto de datos DICOM consiste en una cierta cantidad de atributos, incluyendo ítems como nombre, edad, sexo y más, así como un atributo especial que contiene datos de la imagen en píxeles. El procesamiento de un archivo DICOM consiste en emparejar un objeto de datos DICOM, con una función o servicio para aplicar a este objeto, como imprimir, enviar o almacenar.

El formato si bien sigue un estándar, no es completamente rígido, ya que contiene información obligatoria y opcional. La información obligatoria lleva identificadores llamados UID – Unique Identifiers – que son generados automáticamente por las modalidades DICOM y obligatoriamente aparecen en cada archivo DICOM. No pueden existir dos UID iguales pero con diferente información del paciente, o del equipo en que se realizó el examen. Esta identificación es necesaria no sólo para la parte médica sino también para la parte legal. Además que puede ser extraída para su almacenamiento en la base de datos del hospital.

Los 4 UID que necesariamente deben aparecer con cada imagen DICOM son:

- UID de clase de SOP: identifica el tipo de servicio para el se pretende usar la imagen
- UID de estudio de autoridad: identifica todo el examen, con fecha y lugar.
- UID de series de autoridad: identifica una serie de imágenes dentro del examen.
- UID de autoridad de SOP o de imagen: identifica la imagen asociada con el objeto DICOM.

3.5 Lista de servicios disponibles en el estándar DICOM

- Chequeo: usada en tests, para conocer si dos equipos comparten el mismo estándar, no está asociado con ningún objeto DICOM, sino que retorna la información en forma de eco.
- Almacenamiento de imagen: permite la transferencia y backup de imágenes entre dos entidades DICOM.
- Query/extraer: sirve para implementar comandos estándar como find, move, get para buscar información y luego poder moverla de lugar.
- Notificación de estudio de contenido: usado para notificar la llegada de una nueva imagen o de series de imágenes, para iniciar la transferencia o chequear que la transferencia haya sido realizada completamente.
- Impresión: permite la conexión con un equipo de impresión, especificando los colores, la escala de grises, tamaño.
- Administración del paciente: permite la conexión con la red PACS (Picture Archiving and Communication System) del hospital o con el sistema EHR (Electronic Health Record). Maneja la información concerniente a los pacientes, historia clínica, demografía, admisión y salida de los pacientes.
- Administración del estudio del paciente: maneja la creación de la cita y seguimiento a los exámenes realizados.

- Administración de los resultados: permite visualizar y administrar los resultados de los exámenes del paciente.

3.6 Futuro de DICOM

DICOM es el proyecto de estandarización más ambicioso y complejo que se haya llevado a cabo por los grupos de profesionales de la rama médica. Ofrece el balance correcto entre el objetivo principal que es la rápida implementación para que variedad de productos soporten el estándar y una sólida base que le permita evolucionar y responder a necesidades futuras.

La cantidad de trabajo empleada en DICOM es la principal razón de interés de parte de otras especialidades que trabajan con imágenes. A través de la experiencia existente en sociedades de profesionales se pueden definir objetos de información y servicios, que al usar la estructura de DICOM como base, pueden llevar a una implementación exitosa en poco tiempo.

DICOM fue creado siempre con la idea de expandirse, de poder estar al día con los avances científicos y tecnológicos, y con cada revisión anual, se cumple con este propósito y de permitir tomar lo que ya está hecho en DICOM por parte de otros desarrolladores para mejoras futuras.

CAPÍTULO 4

HERRAMIENTAS Y LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN UTILIZADOS

4.1 Microsoft Visual Studio 2005

Microsoft Visual Studio es el principal ambiente de desarrollo integrado o Integrated Development Environment (IDE) de Microsoft. Puede ser usado para desarrollar aplicaciones de consola y gráficas, así como aplicaciones de Windows Forms como sitios web, aplicaciones web y servicios web, tanto en código nativo como código administrado para todas las plataformas soportadas por Microsoft Windows, Windows Mobile, .NET Framework, .NET Compact Framework y más. ^[9]

4.2 Características

4.2.1 Editor de código

Microsoft Visual Studio incluye un editor de código que soporta resaltar la sintaxis, y auto-complemento de código para variables, funciones y métodos, así como también para construcciones dentro del lenguaje como lazos y queries. Las opciones de auto-complemento aparecen como una ventana emergente, estilo pop-up en un casillero por encima del editor de código.

También soporta compilación en el fondo, o compilación incremental, que quiere decir que va compilando el proyecto conforme se lo va creando, indicando errores o advertencias

antes de terminar el proyecto, lo que ayuda a detectar problemas mientras todavía se escribe el programa.

4.2.2 Depurador

Microsoft Visual Studio incluye un depurador que trabaja como depurador en nivel de fuente, así como en nivel de máquina. Puede trabajar con código nativo y con código administrado y puede ser usado para depurar aplicaciones desarrolladas en cualquier lenguaje que soporte Visual Studio. Adicionalmente se puede adjuntar a procesos que se están ejecutando y monitorear y depurar dichos procesos. Si el código fuente de dicho proceso está disponible, muestra el código mientras se ejecuta. Si no está disponible el código fuente, puede mostrar el desmontaje de dicho código. ^[10]

El depurador de Visual Studio también puede crear descargas de memoria, y también cargarlas después para su depuración. El depurador puede ser configurado para ejecutarse si una aplicación fuera de Visual Studio se cae. El depurador soporta crear puntos de quiebre, que permiten parar la ejecución del código en cierto punto para monitorear los valores de las variables mientras va avanzando la ejecución. Los puntos de quiebre pueden ser condicionales, es decir que se ejecutan

cuando se cumple cierta condición. El código puede ser ejecutado línea por línea para su depuración. También posee la opción de Editar y Continuar, que permite editar el código mientras se está depurando.

4.2.3 Diseñador

Microsoft Visual Studio posee un grupo de diseñadores visuales que ayudan en el desarrollo de aplicaciones. Estos diseñadores son:

- **Windows Forms:** el diseñador de Windows Forms permite crear aplicaciones de interfaz gráfica para el usuario, Graphic User Interface (GUI) que incluyen un conjunto de controles como botones, barras de progreso, etiquetas, contenedores y más, que pueden ser movidos mediante drag-and-drop o arrastrados de una ventana o ubicación a otra. Los controles que muestran datos, como casilleros de texto, listas, etc., pueden ser adjuntados a fuentes de datos como bases de datos. Este diseñador genera código C# o VB.NET.
- **Diseñador web:** Visual Studio incluye un editor de sitios web y un diseñador que permite crear páginas web mediante drag-and-drop de controles o widgets. Es

usado para desarrollar aplicaciones ASP.NET y soporta HTML, CSS y JavaScript.

- Diseñador de clases: es usado para editar clases, incluyendo sus miembros y accesos.
- Diseñador de datos: es usado para editar de manera gráfica esquemas de bases de datos, incluyendo tablas, y también se puede usar para diseñar queries.

4.3 Lenguajes de programación soportados

- Microsoft Visual C++
- Microsoft Visual C#
- Microsoft Visual Basic
- Microsoft Visual Web Developer
- Microsoft Visual J++/J#

4.3.1 Microsoft Visual C#

Es un lenguaje de programación orientado a objetos, desarrollado por Microsoft como parte de la iniciativa .NET. Tiene una sintaxis de procedimientos basada en C++ y está influenciado por otros lenguajes de programación como Java, enfocándose bastante en la simplificación de tareas.

Las metas del diseño en C# son:

- Ser un lenguaje de programación simple, moderno, de propósito general y orientado a objetos.
- Es usado para desarrollo de componentes de software que toman ventaja de ambientes distribuidos.
- Diseñado para desarrollar aplicaciones tanto en sistemas host como sistemas embebidos, para operar en sistemas operativos sofisticados así como en sistemas básicos con capacidades limitadas.

C# posee un Sistema de Tipo Unificado llamado Common Type System (CTS), que implica que todos los tipos, desde los primitivos como los de tipo integer, sean sub-clases de la clase System.Object.

4.4 Windows Forms

Windows Forms es el nombre dado a la interfaz gráfica de usuario de API (Application Programming Interface) incluida en Microsoft .NET Framework, que brinda acceso a elementos de interfaz nativos de Microsoft Windows, al envolver las API ya existentes en código ya administrado. Es un grupo de clases en el .NET Framework que permiten el rápido desarrollo de aplicaciones clientes en Windows con potentes y amplias librerías que facilitan la operación de la interfaz de usuario. ^[11]

Es un Framework moderno usado para construir aplicaciones cliente que usen todas las ventajas que da el poder de procesamiento de máquinas que funcionan con Windows. Las aplicaciones Windows Forms pueden ser usadas como aplicaciones stand-alone, como aplicaciones de escritorio o como una pantalla front-end para una aplicación de n-niveles.

También se las puede usar para desarrollar juegos, aplicaciones de terceras compañías y para aplicaciones web.

Provee un conjunto de librerías expandibles y reutilizables para la interfaz de usuario, así como controles y gráficos en 2D, además de una interfaz de diseño drag-and-drop, donde lo que se muestra en pantalla, es lo que el usuario final ve.

Al crear aplicaciones Windows Forms en Microsoft Visual Studio 2005, los desarrolladores tienen acceso a un abundante grupo de controles para crear poderosas e intuitivas interfaces de usuario, así como un tema visual de Windows XP, que permite tener una apariencia similar al sistema operativo de Microsoft, para mantener la apariencia uniforme entre la aplicación y el entorno donde se ejecuta.

Al momento de implementar Windows Forms, se facilita el trabajo gracias a una modalidad que permite actualizar los cambios hechos en

el programa automáticamente, sin necesidad de que el desarrollador los haga de forma manual y tenga que publicar de nuevo la aplicación.

4.5 Windows Media Encoder

4.5.1 Generalidades

Windows Media Encoder es una herramienta de producción desarrollada por Microsoft que permite a desarrolladores de contenido convertir audio, video e imágenes de computadora en archivos en formato de Windows Media y entregarlos bajo demanda a través de la red. ^[12]

Utiliza los archivos de formato Windows Media Video (.wmv), así como Windows Media Audio (.wma), tanto en formato comprimido como descomprimido.

Windows Media Encoder ofrece una codificación de dos pasos que permite optimizar la calidad del contenido. Además soporta la codificación de tasa de bits variable, (VBR - Variable Bitrate), donde varían los bits/segundo a lo largo de la ejecución del archivo para asegurar la mejor calidad a la menor cantidad de bits.

Gracias a sus poderosas capacidades y funciones de codificación, es usado por desarrolladores que desean técnicas de captura y compresión avanzadas en diversos escenarios.

4.5.2 Características Principales

Entre las características principales de este producto tenemos las siguientes:

- Selección de fuente de videos: desde equipos como filmadoras y cámaras digitales, vídeo caseteras (VHS) o grabadores de programación digitales.
- Selección de fuente de audio multi-canal
- Protección de propiedad intelectual contra copias no autorizadas gracias al DRM (Digital Rights Management).
- Distribución personalizada al permitir escoger un punto desde el cual se comenzará a transmitir y configurar la distribución en cualquier tiempo.
- Mejoras en la codificación Multi bit-rate (MBR) tanto en audio como en video.
- Soporte para mejorar la reproducción según sea contenido en vivo o bajado y luego reproducido en la computadora.

- Calidad mejorada en audio y video al soportar codecs (codificadores-decodificadores) usados por profesionales, que permiten video de alta definición, así como audio en múltiples canales.
- Compresión mejorada con respecto a otras versiones de Windows Media.
- Modo de captura de pantalla, que permite capturar en forma de video lo que aparece en toda la pantalla o en una porción de la misma a una tasa muy baja de bits.

4.6 .NET FRAMEWORK

4.6.1 Generalidades

Microsoft .NET Framework es un componente de software que forma parte de los sistemas operativos Microsoft Windows. Posee una gran librería de soluciones ya desarrolladas a requerimientos comunes existentes en programas y además maneja la ejecución de programas escritos específicamente para el Framework.

Las soluciones pre-desarrolladas que forman la Base Class Library (BCL) del Framework, cubren una larga lista de necesidades de programación en diversas áreas como: interfaz

de usuario, acceso a bases de datos, encriptación, comunicaciones de red y más.

Los programas desarrollados en el .NET Framework se ejecutan en un ambiente de software que maneja los requerimientos de ejecución del programa. Este ambiente de ejecución conocido como Common Language Runtime (CLR) provee una máquina virtual para desarrollar la aplicación, para que los desarrolladores no deban considerar las capacidades específicas de un CPU determinado. El CLR también provee servicios importantes como mecanismos de seguridad, manejo de memoria, y manejo de excepciones. ^[13]

CAPÍTULO 5

IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

5.1 Generalidades

Para la implementación del proyecto, se van a tratar las siguientes partes: la red y el módem celular, las funciones utilizadas para el desarrollo del programa “iElectrocardio” y finalmente se mostrará la implementación del proyecto, con muestras del envío y recepción del mensaje de correo electrónico enviado a través del enlace celular con el programa desarrollado.

5.2 Red y módem Celular

Para transmitir los datos del electrocardiograma a través del programa desarrollado “iElectrocardio” a través de una red celular GSM/GPRS/EDGE, se utiliza un módem celular. Este equipo permite la conexión de computadoras, aplicaciones o hardware remoto, hacia una ubicación central, comúnmente llamada oficina matriz, o también permite la transmisión de datos entre dos puntos remotos, o desde varios puntos remotos hacia una sola ubicación central. Utilizan la red celular de cualquiera de las operadoras que ofrecen el servicio GSM/GPRS/EDGE.

Los módems celulares tienen diferentes interfaces, como por ejemplo la interfaz serial RS-232, Ethernet, USB, PCMCIA, CF e incluso los hay Bluetooth. Un teléfono celular puede actuar como módem

también, mediante cable de datos, Bluetooth o transmisión por puerto infrarrojo.

En este caso, emplearemos un módem celular marca Multitech, modelo MTCBA-E-EN, el cual cuenta con interfaz Ethernet. El módem con interfaz Ethernet provee un acceso a Internet compartido entre varias máquinas a través de una sola dirección IP. Posee capacidades embebidas de ruteo, así como asignación de direcciones IP automáticas o DHCP, configuración de seguridades usando un firewall y NAT. Debido a estas capacidades, este módem es considerado como un router.

El módem puede funcionar bajo la modalidad “siempre encendido” o “marcado bajo demanda”. En la modalidad “siempre encendido” se establece la conexión automáticamente al encenderse el equipo y permite tener un acceso todo el tiempo para la adquisición de datos. En caso de que se interrumpa la conexión por una falla en el servicio por parte del proveedor, la conexión se restablecerá inmediatamente después de que se restablezca el servicio del proveedor. Esto evita tener que movilizarse al sitio donde está el equipo cada vez que se desconecta. En cambio con la modalidad “marcado bajo demanda”, el equipo sólo accederá a la red cuando se esté transmitiendo datos.

El equipo tiene en su interfaz Ethernet una dirección IP correspondiente a la red de área local o LAN, donde se le puede asignar una dirección IP cualquiera o hacer que el módem funcione como servidor DHCP para las computadoras o equipos conectados al módem.

El módem posee una dirección IP de área extendida o dirección WAN, que es la dirección IP suministrada por el operador celular. Dicha dirección IP puede ser estática o dinámica, así como pública o privada, según lo establecido por el proveedor celular. Esta dirección IP WAN es adquirida por el módem al momento de conectarse a la red celular.

La configuración del equipo es vía web browser, puede ser Internet Explorer, Mozilla Firefox, Opera, o cualquier otro. Se puede programar el equipo para permitir acceso remoto a su configuración, a través de la dirección IP WAN que el equipo toma una vez que se conecta a la red celular. Se pueden hacer actualizaciones al firmware, grabar la configuración, cargar una configuración previa, crear listas de acceso a determinadas direcciones IP o a determinados puertos.

El diagrama esquemático del proyecto es el siguiente:

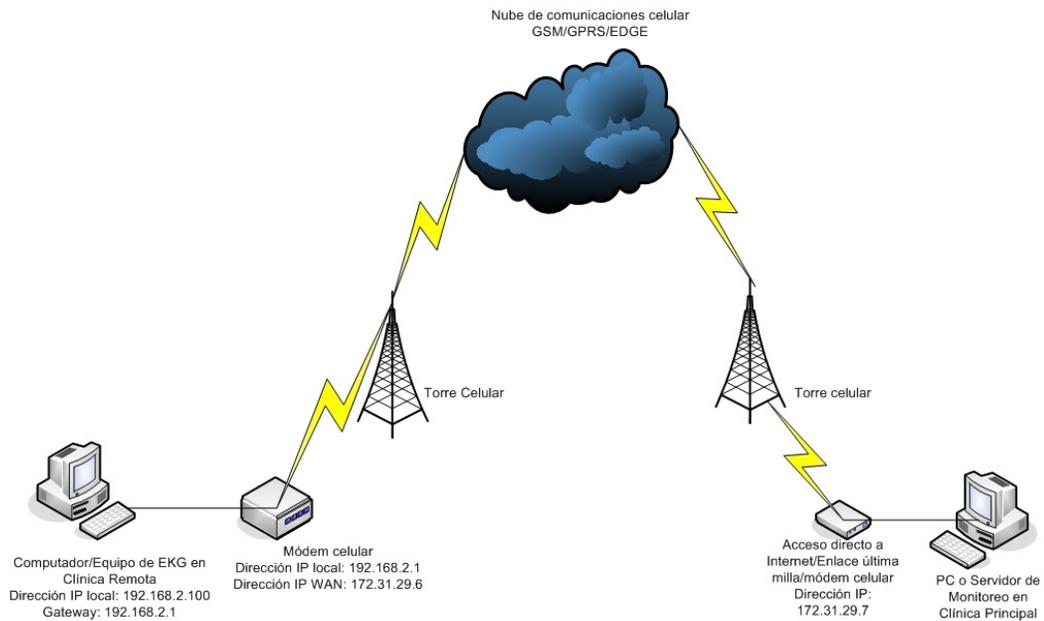


Figura 5.1 Diagrama esquemático del proyecto

En el esquema anterior se puede apreciar del lado remoto que el módem posee dos direcciones IP, una LAN y otra WAN, y que el computador conectado al módem celular, tiene una dirección IP LAN en el mismo segmento que la LAN del módem y el Gateway o puerta de salida del computador es la dirección LAN del módem.

Así mismo del lado principal, existe una computadora conectada ya sea a un proveedor de Internet, o con un enlace de última milla o con

un módem celular. Cualquiera de estos tres métodos funciona, ya que lo importante es poder transmitir la información desde el lado remoto y tener una conexión cualquiera en el lado local.

Entonces tenemos una computadora conectada con el electrocardiógrafo, que sería nuestro lado remoto, desde aquí transmitimos la señal cardíaca a través del enlace celular, y esa señal la recibimos en el otro lado, donde estaría el médico receptor de dicho mensaje para su posterior análisis.

5.3 Desarrollo del programa “iElectrocardio”

El programa llamado “iElectrocardio” fue realizado en Microsoft Visual Studio 2005, utilizando el lenguaje Microsoft Visual C#. El programa hace una llamada al programa ya existente de visualización de Electrocardiografía realizado por los Ing. Jhovany Rodríguez e Ing. Wladimir Gaibor^[14] y a través de una herramienta de captura de video llamada Windows Media Encoder, se captura en video en formato .wmv todo lo que aparece en la pantalla, es decir, el recorrido del Electrocardiógrafo virtual se graba en video. En el Windows Media Encoder se puede especificar que porción de la pantalla se desea capturar, así como su resolución, cuadros por segundo y demás parámetros.

Lo más conveniente para realizar la captura del video fue llamar al programa ya existente Electrocardiografo.exe, para evitar hacer cambios en la programación tanto del software, como de hardware del equipo, ya que dicho programa va de la mano con un Electrocardiógrafo físico diseñado hace algún tiempo.

Luego de capturar el video, se almacena en la computadora local, y se abre la ventana para enviar el video vía email. En esa ventana para enviar el video, se puede agregar cualquier archivo adjunto para enviar por correo, por lo que en este mismo paso se puede agregar una imagen en formato DICOM.

5.4 Funciones principales utilizadas en del desarrollo del proyecto

El proyecto principal está dividido en 7 proyectos más pequeños, cada uno ejecutando una función en particular.

- ““iElectrocardio””: es la interfaz de usuario final.
- “iElectrocardio”.Common: se definen las clases comunes usadas por las capas core e interfaz de usuario.
- “iElectrocardio”.Core: se define la lógica de la aplicación.
- “iElectrocardio”.Data: se define el acceso a los datos, además graba y lee archivos generados por la aplicación.

- “iElectrocardio”.Info: se definen las entidades de la aplicación usada por todas las capas.
- “iElectrocardio”.Lib: se definen las librerías especiales usadas por la aplicación.
- “iElectrocardio”.Util: se definen las librerías auxiliares.

A continuación se describirán los componentes más importantes del programa y de sus módulos.

- Dentro de “iElectrocardio”, está el programa principal, donde una clase llamada program contiene la llamada que se hace al main.
- Los archivos de extensión .cs contienen el código que maneja los formularios.
- Los archivos de extensión .resx contienen los recursos que emplea el programa.
- El namespace permite declarar el nombre y hace que el código siguiente a la declaración sea compilado bajo ese mismo namespace.
 - Este método de declaración permite habilitar los estilos visuales para la aplicación. Los controles se dibujarán con estilos visuales si el control y el sistema operativo lo soportan. Para poder hacer

esto posible, `EnableVisualStyles` debe ser llamada antes de crear cualquier control en la aplicación. Generalmente `EnableVisualStyles` es la primera línea en la función principal.

- Luego, con `Application.Run`, permite ejecutar un lazo de aplicación y visualiza el formulario correspondiente.
- La línea `System.ComponentModel.IContainer` provee la funcionalidad a los contenedores.
- Dentro del namespace `System.Xml.Serialization` se encuentra la clase `XmlSerializer` que serializa y deserializa los objetos en documentos XML. Permite controlar como los objetos son codificados en XML.
 - `MemoryStream` Class: crea un stream cuyo almacenamiento es en memoria.
- Dentro del namespace `System.IO`, se encuentra `System.IO.File` que provee un método estático para crear, modificar, borrar, mover y abrir archivos y ayuda en la creación de objetos de tipo `FileStream`.
 - `File.WriteAllBytes`: crea un nuevo archivo, especifica el arreglo de bytes para el archivo y

después lo cierra. Si el archivo ya existe, lo sobrescribe.

- `StringBuilder` Class: un objeto `StringBuilder` permanece en memoria como objeto. Es decir, cada vez que se usa un método de la clase `System.String`, se crea un Nuevo objeto string en memoria, lo que requiere nueva locación de memoria para ese objeto. Cuando se necesitan hacer modificaciones a un string, se crea uno nuevo siempre, lo que puede llevar a tener problemas con los recursos. Entonces se usa `System.Text.StringBuilder` para modificar un string sin crear un objeto nuevo.
- `String.Builder.Append`: agrega la representación string de un objeto especificado al final de una instancia.
- `SendKeys.Flush`: procesa todas las ventanas de mensajes de Windows que se encuentran en la cola de mensajes.
- Dentro del namespace `System.Windows.Forms`, tenemos `NetworkCredential` Class: que provee las credenciales para la autenticación basada en claves, y

que tienen como método de autenticación: básico, digest, NTLM y Kerberos.

- Dentro del namespace System.Net, tenemos MailAddress Class que representa la dirección de correo electrónico del emisor o receptor del correo.
- Dentro del namespace System.Web.Mail tenemos el Attachment Class, que representa un archivo adjunto para enviar por email.

Dentro de System.Net.Mail, tenemos ExceptionMessageBox, para mejorar la experiencia del usuario con una aplicación basada en .NET Framework.

5.5 Configuración de “iElectrocardio”

La pantalla principal del “iElectrocardio” consta de dos pestañas o tabs, donde se encuentran los botones para presionar y ejecutar la acción deseada. Las pestañas son Acciones y Configuración.

5.5.1 Acciones

La primera pestaña se llama Acciones, donde a su vez tenemos divididos en dos partes: medición y contactos.

En medición tenemos tres opciones: Iniciar Lector, Nuevo Aviso e Iniciar Sesión.

En contactos tenemos sólo la opción Administrar.

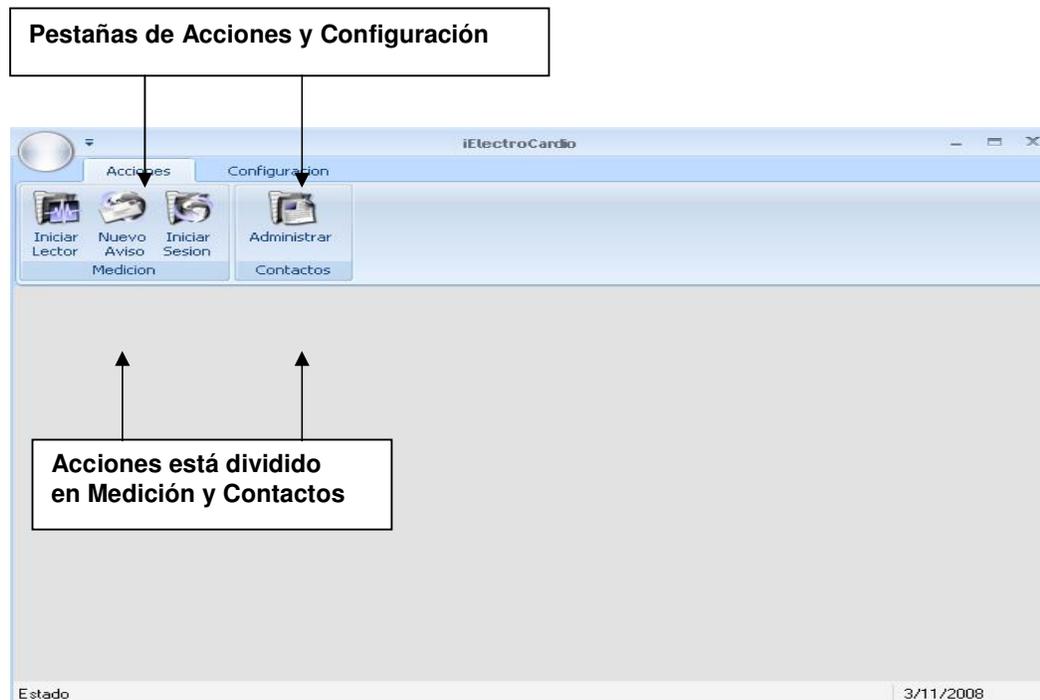


Figura 5.2 Pantalla principal “iElectrocardio”

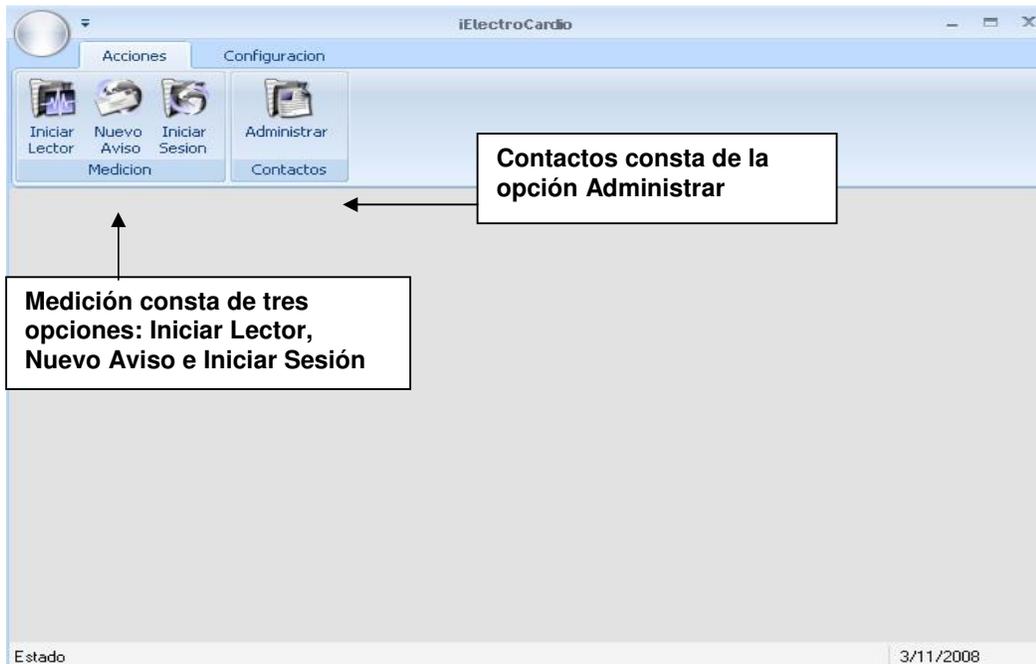


Figura 5.3 Pantalla de acciones del “iElectrocardio”

En la opción Acciones → Medición → Iniciar Lector, al hacer clic se despliega el programa Electrocardiógrafo.exe. Dicho programa no fue modificado en lo absoluto, tan solo se hizo un llamado para abrirlo.

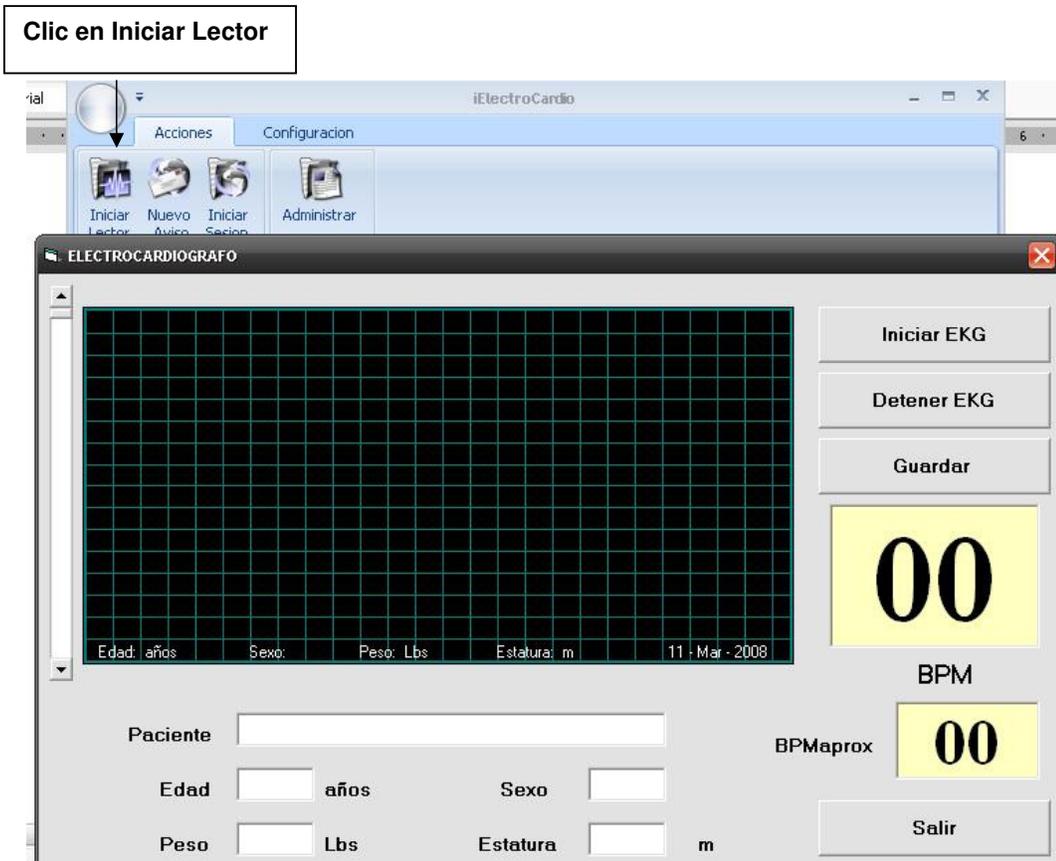


Figura 5.4 Lanzamiento programa Electrocardiografo.exe

En opción Acciones → Medición → Enviar Aviso se abre la pantalla para enviar un email o una notificación a un teléfono celular. Aquí aparecen tres campos llamados Destinatario, Adjuntos, Asunto y finalmente aparece el cuerpo del mensaje a enviar en caso de ser necesario algún comentario por parte del médico.

En el campo destinatario se puede agregar una dirección ya existente del Directorio de Contactos o se puede escribir una dirección de email o un número celular.

En el campo Adjuntos, se puede agregar cualquier archivo y enviarlo como documento adjunto, en este caso se puede adjuntar un archivo en formato .wmv que es capturado a través del Windows Media Encoder o un archivo en formato DICOM u otro archivo según se desee.

En el campo Asunto se puede indicar el nombre del paciente o cualquier indicador que el médico considere importante.

Finalmente, al lado derecho del campo Asunto se encuentra el botón Enviar, donde al pulsarlo se envía el mensaje de email.

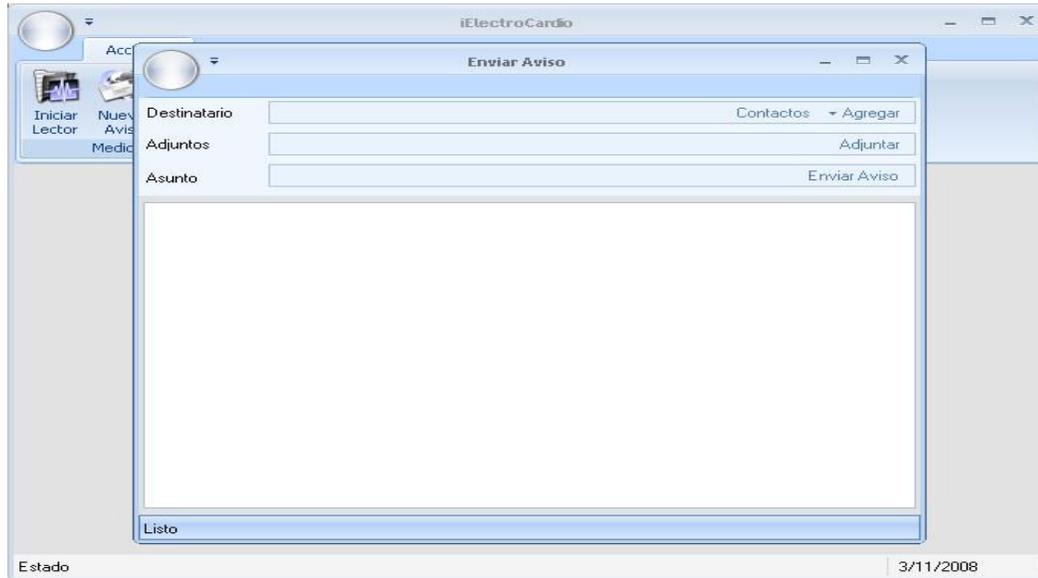


Figura 5.5 Pantalla para enviar correo electrónico

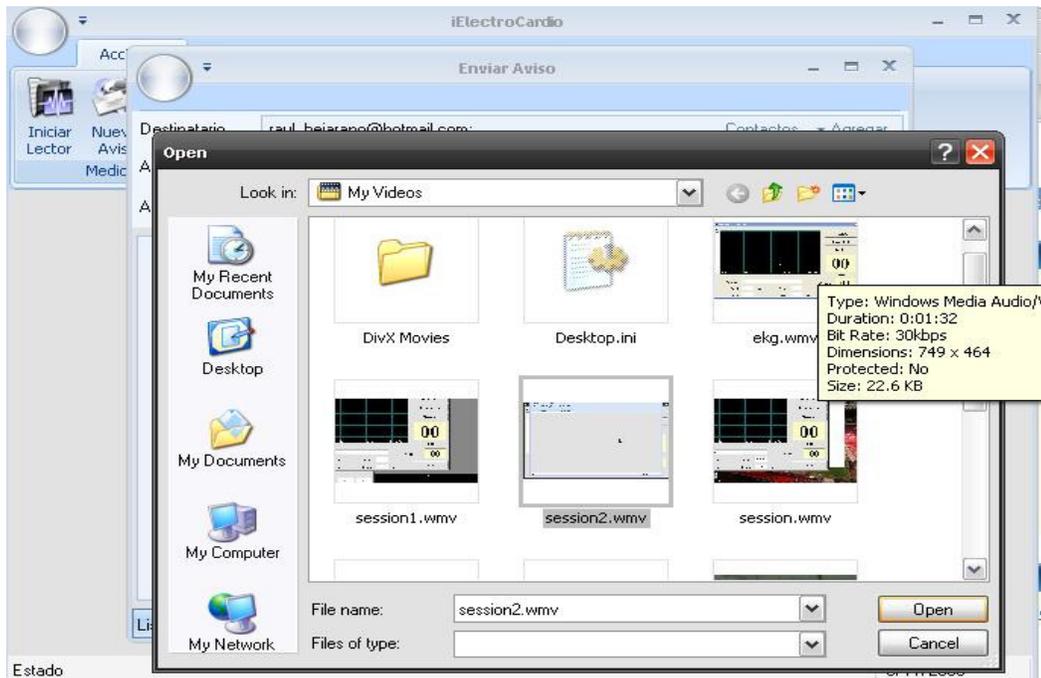


Figura 5.6 Pantalla para adjuntar un video de EKG o imagen DICOM

Aparte del método para envío de email especificado anteriormente, hay otra alternativa un poco automatizada, que permite a partir de un “wizard” de configuración, enviar el email igualmente.

En este caso se hace clic en Acciones → Medición → Iniciar Sesión, y aparece una pantalla que consta de tres pasos para enviar el email. En la primera pantalla, llamada Datos del Paciente, se cargan los datos iniciales del paciente, como nombre, edad, peso, sexo y estatura. Dichos datos serán cargados en el programa electrocardiografo.exe al iniciarse.

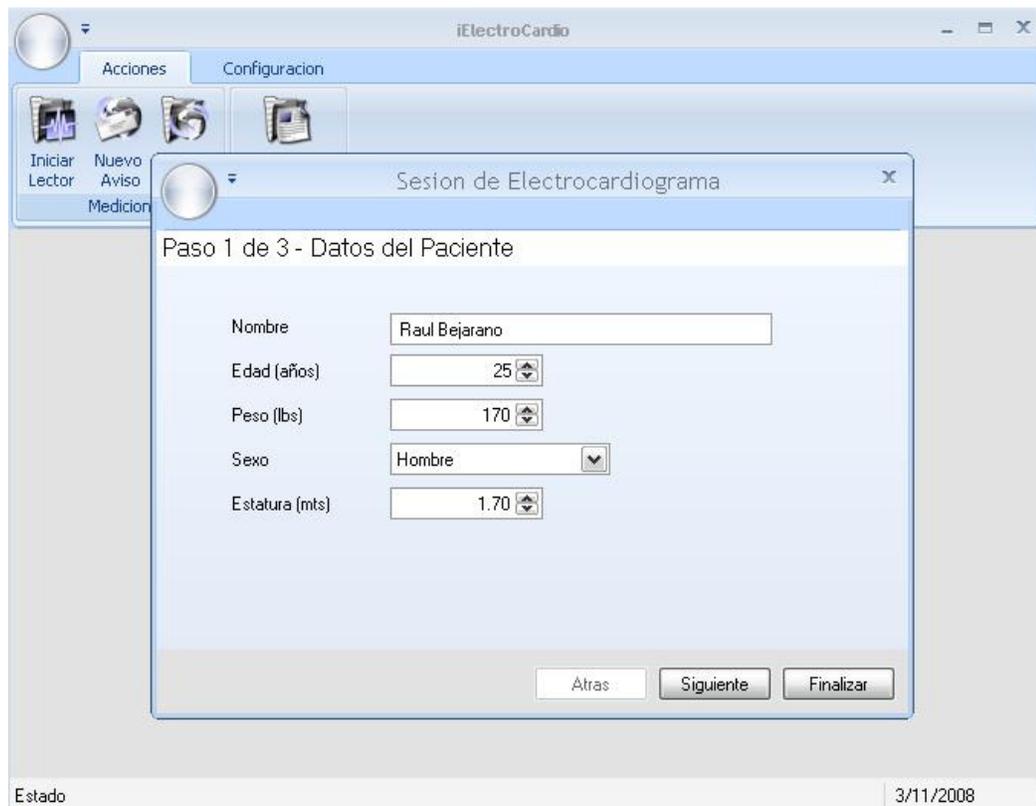


Figura 5.7 Pantalla #1 del wizard para capturar video y enviar correo

En la siguiente pantalla de configuración, llamada Captura de Video, existe un casillero para activar la opción de capturar video y más abajo se especifica en que carpeta de la computadora se desea grabarlo.

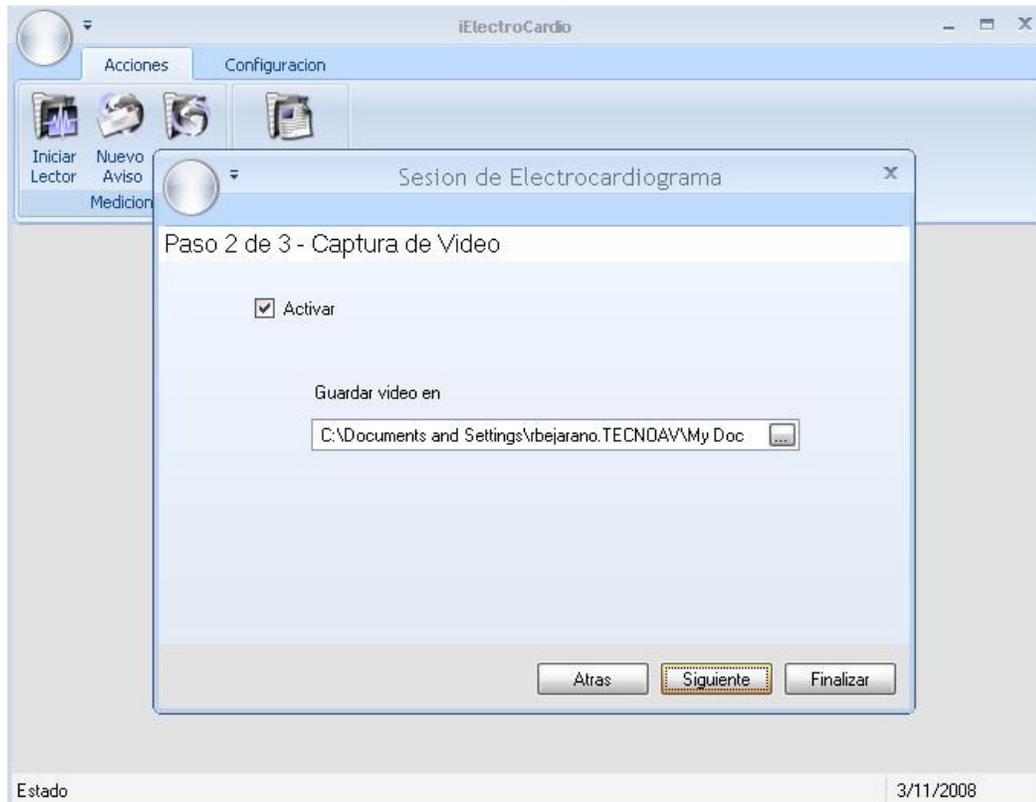


Figura 5.8 Pantalla #2 del wizard para capturar video y enviar correo

En la última pantalla de configuración, llamada Envío de Información, hay dos casilleros, uno llamado Activar, para activar el envío del email y otro llamado Enviar Video, donde se activa la opción para enviar el video como archivo adjunto.

Más abajo está la opción para indicar el destinatario que debe previamente existir en el libro de direcciones o carpeta de

contactos y el asunto del email, donde por ejemplo se puede indicar el nombre del paciente.

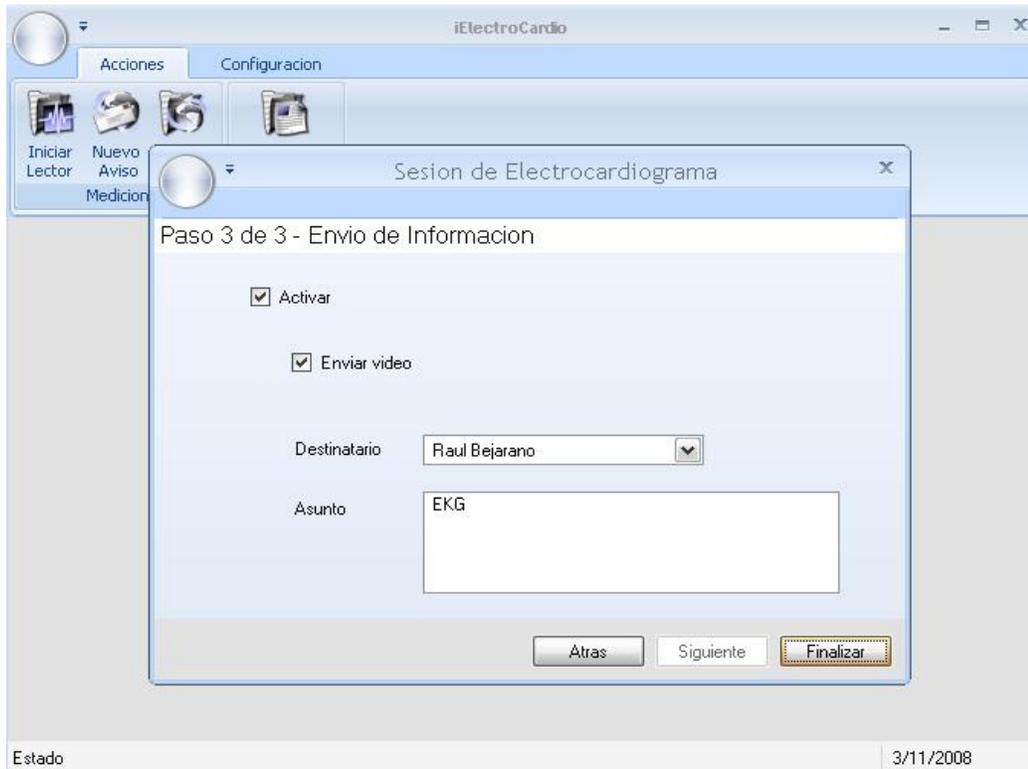


Figura 5.9 Pantalla #3 del wizard para capturar video y enviar correo

Una vez terminados los tres pasos de configuración, se hace clic en finalizar y luego de unos segundos aparece la confirmación de envío del email: “Mensaje enviado exitosamente”.

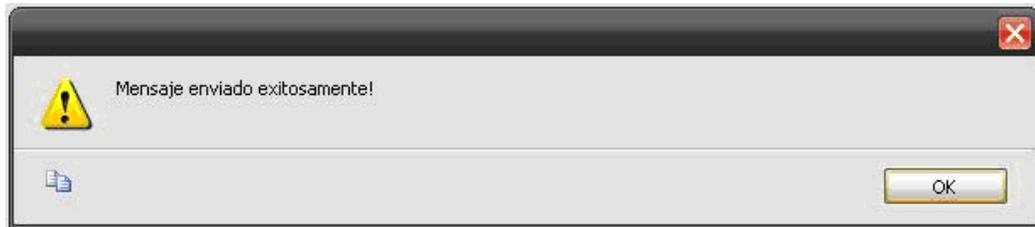


Figura 5.10 Confirmación de envío de mensaje

En la opción Contactos → Administrar, se puede agregar un contacto, editarlo o eliminarlo de la lista. Se puede grabar nombre, número de teléfono, email, y cada contacto guardado aparece en la lista de contactos posteriormente.

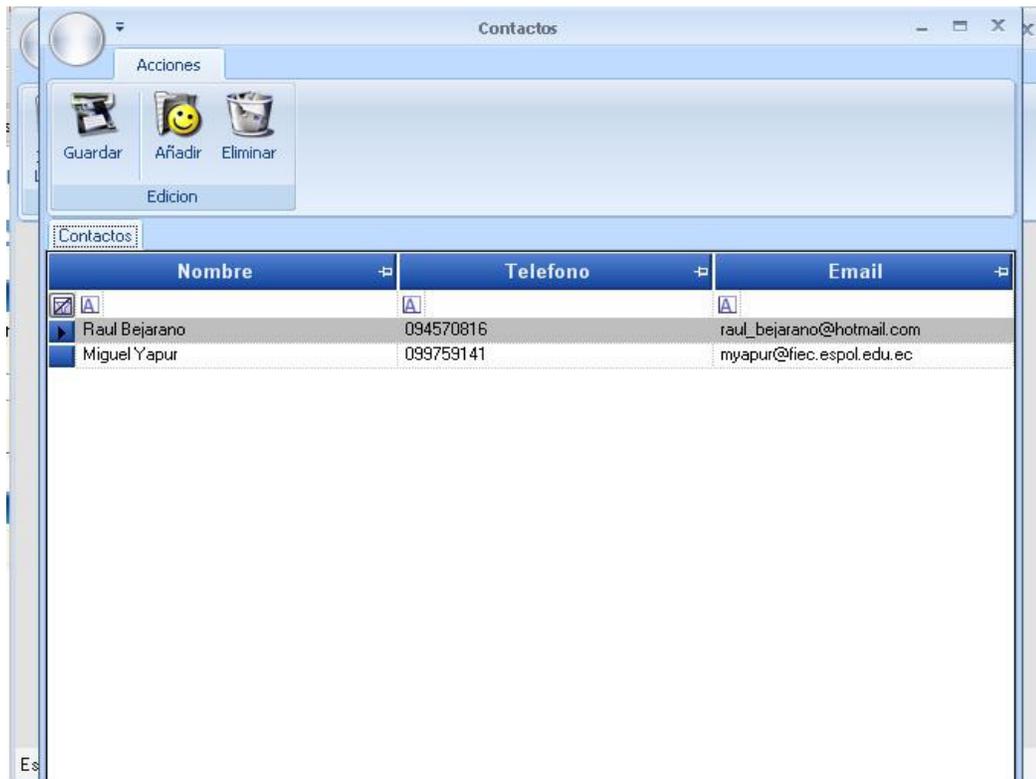


Figura 5.11 Pantalla de administración de contactos

5.5.2 Configuración

En la pestaña de Configuración solo existe la opción Alertas → Configuración de Alertas. Aquí se configura la cuenta de email desde donde se enviarán las notificaciones. Al hacer clic en Configuración de Alertas, aparecen tres pestañas adicionales.

La primera pestaña se llama Credenciales, donde se indica el dominio, usuario y clave de la cuenta de email a usarse.

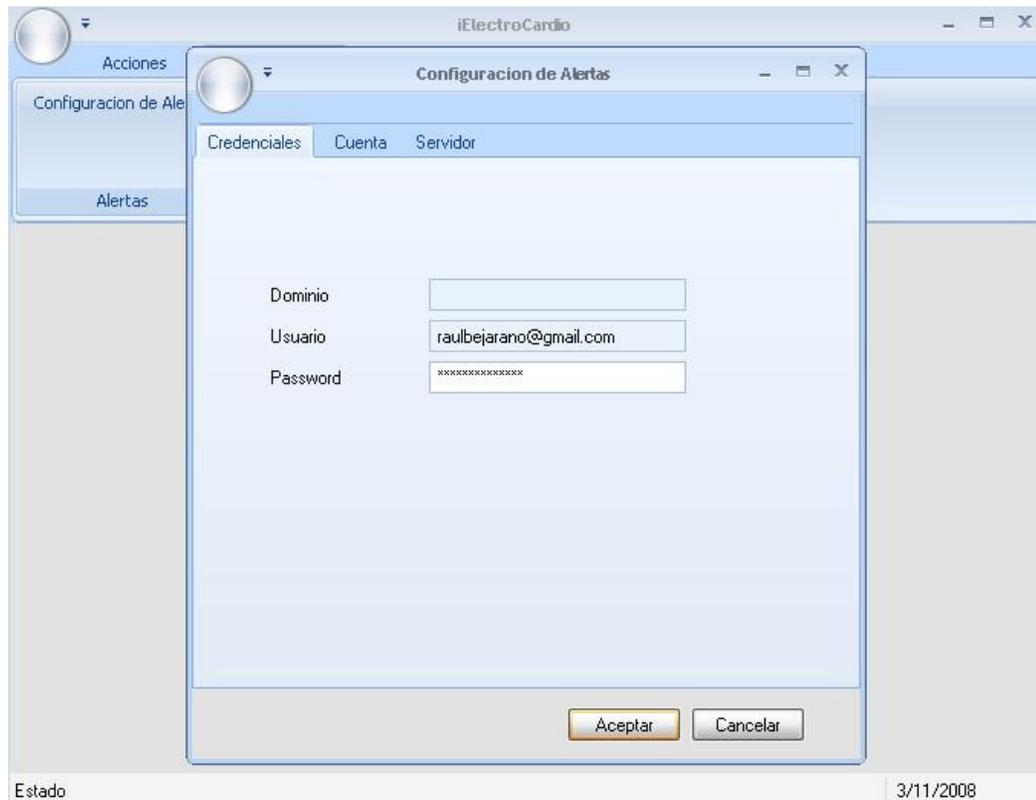


Figura 5.12 Pantalla de credenciales

La segunda pestaña se llama cuenta, donde se indica el nombre de la cuenta, así como el nombre que se desea aparezca como remitente.

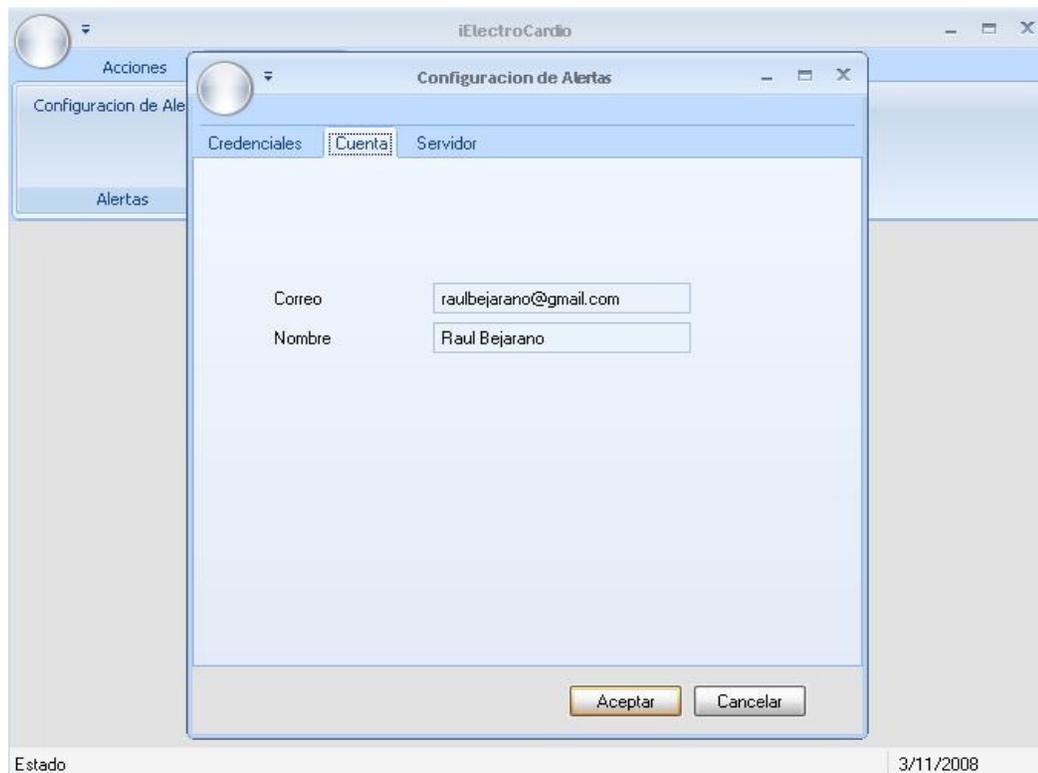


Figura 5.13 Pantalla de configuración de cuenta

Y finalmente en la tercera pestaña, llamada servidor, se ingresan los datos del servidor de correo a través del cual se enviarán los emails, así como su puerto y si se usará la opción de SSL, que permite autenticación y encriptación de información entre el usuario y el servidor.

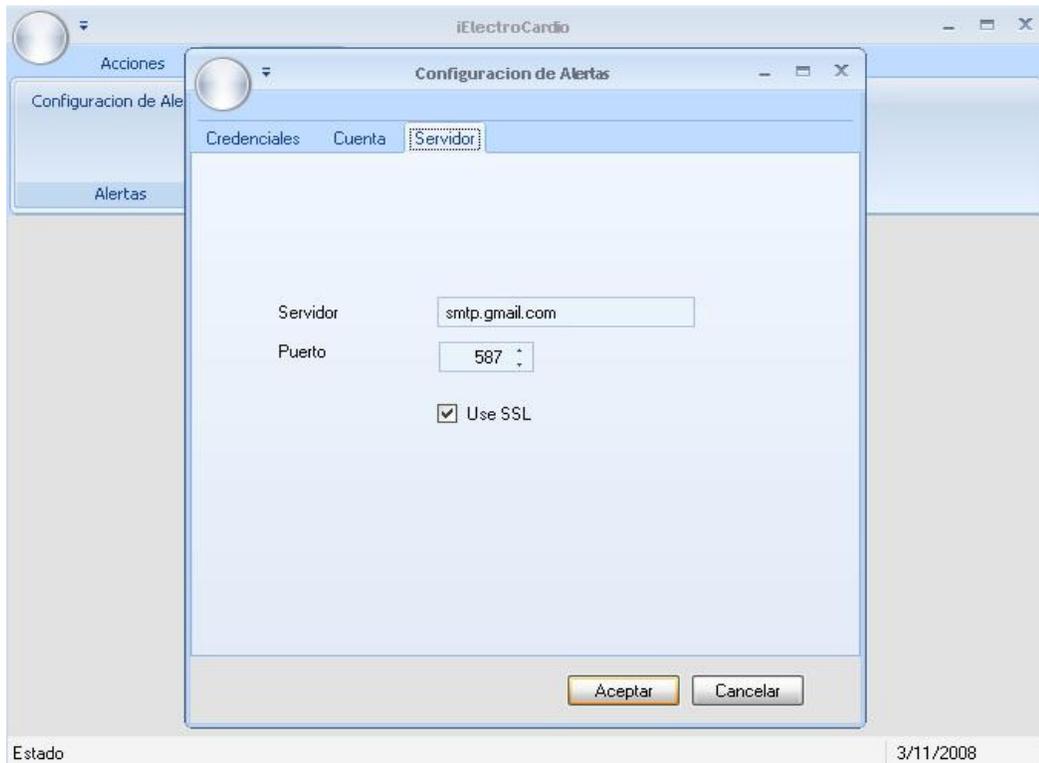


Figura 5.14 Configuración de servidor de correo

En este caso se utilizó una cuenta de Gmail por ser un servicio de email gratuito, con gran cantidad de espacio de almacenamiento, así como soportar el envío de emails a través del protocolo SMTP.

5.5.3 Recepción del mensaje de correo electrónico

A continuación se muestra la recepción del correo electrónico en una cuenta cualquiera, no hay restricción en el dominio del destinatario.

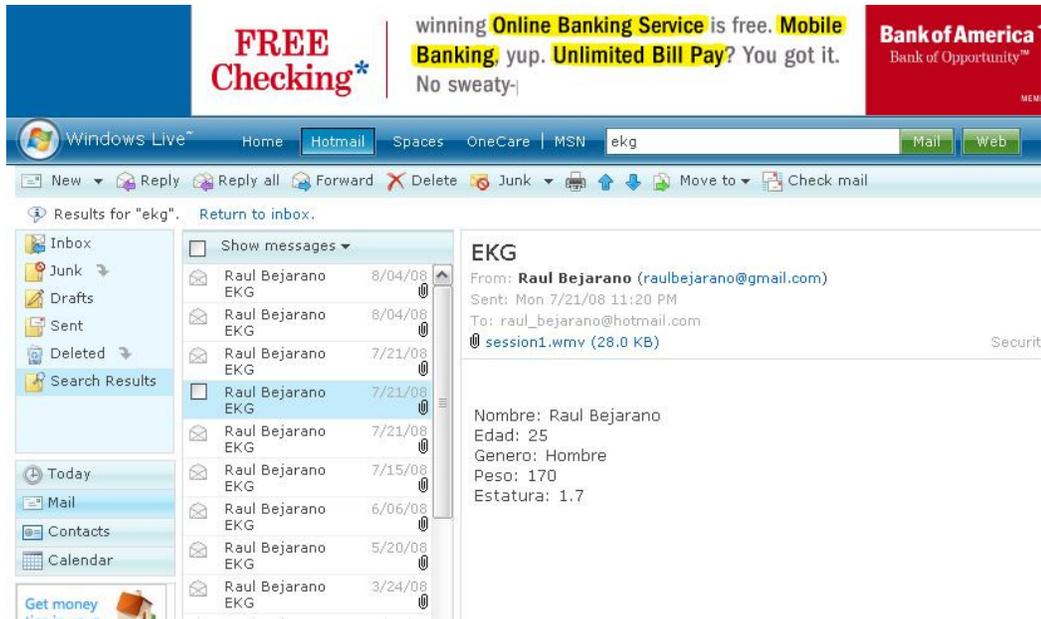


Figura 5.15 Recepción del mensaje en cuenta de correo electrónico

La siguiente figura muestra el archivo de video como adjunto en el correo y se procede a descargarlo a la computadora.



Figura 5.16 Descarga del archivo adjunto a la computadora

Y finalmente se muestra esta pantalla donde el archivo ya descargado, es reproducido por el Windows Media Player, ya que está en formato .wmv.

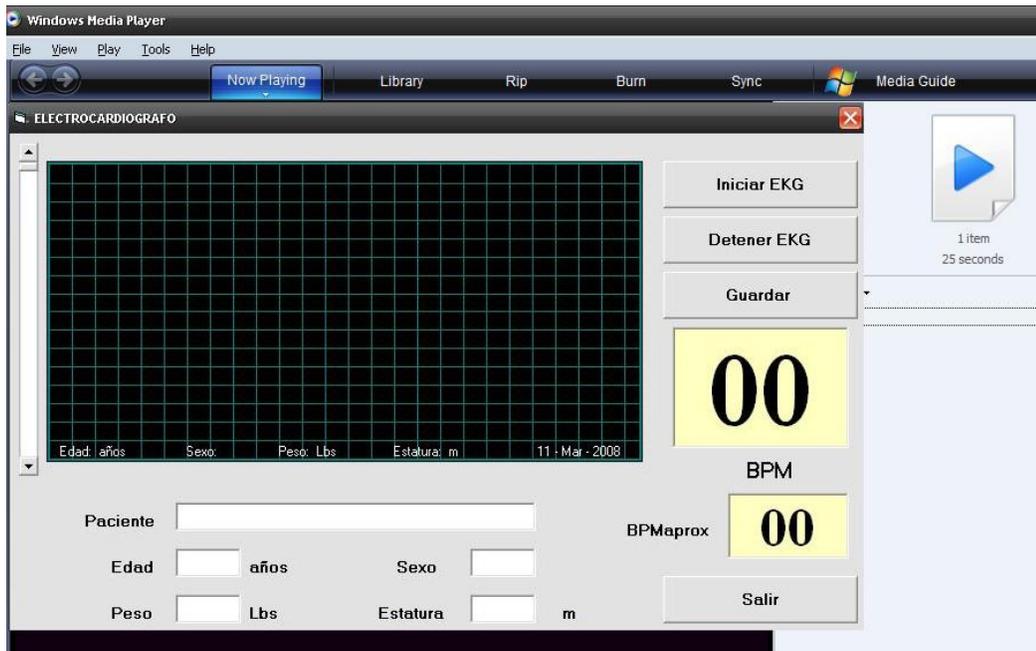


Figura 5.17 Reproducción del archivo descargado

5.6 Análisis y viabilidad económica del proyecto

Este proyecto puede resultar una alternativa muy interesante y viable para centros médicos de nuestra ciudad que se encuentren aislados, para un mejor tratamiento de los pacientes y para una mayor capacitación de los médicos de estos centros al contar con ayuda de profesionales con más experiencia.

Los costos del proyecto se dividen en la siguiente forma:

Computador para montar el software (características mínimas)

Pentium III

256 MB de RAM

Disco duro de 20GB

Lector de CD/DVD

Monitor a colores 15"

Precio referencial:

\$300

Comunicación celular

Módem celular Multitech EDGE Ethernet

Precio referencial:

\$500

Tarjeta SIM

Precio referencial: \$5

Paquete de transmisión de datos mensual

Precio referencial: \$20

Herramientas de programación

Licencia de evaluación de Microsoft Visual Studio 2005 para
estudiantes

Precio referencial: \$0

Total: \$725

El costo total de implementar el proyecto da un total de \$725, pero al tener a la disposición tanto la computadora, como el módem, SIM card y demás herramientas en mi casa y trabajo, el total de dinero invertido es de \$0.

Obviamente en caso de querer montar este proyecto a una mayor escala, los interesados deberán cubrir los costos arriba mencionados, pero aún así se considera una alternativa económica dados los grandes beneficios que proveerán más adelante.

CONCLUSIONES

Como conclusión de este trabajo se puede decir que se cumplió con el objetivo principal de poder enlazar dos puntos remotos para poder intercambiar opiniones entre profesionales de la rama médica y así poder brindar un mejor servicio a los pacientes.

Es un avance más en la rama de la Telemedicina, para en el futuro poder enlazar diferentes puntos dentro de nuestro país o incluso con el exterior y así lograr un mayor beneficio para la comunidad en general.

El programa “iElectrocardio” desarrollado permite adjuntar tanto video como imágenes para su envío por correo electrónico a través del enlace celular, ahorrando tiempo y recursos al no tener que hacer un montaje complicado de una red de comunicación y logrando velocidades de transmisión aceptables.

Este trabajo puede ser tomado como base para desarrollar una nueva aplicación que permita la transmisión en vivo del Electrocardiograma o la visualización en directo de las imágenes médicas.

Y a las promociones venideras sugiero que innoven, desarrollen ideas nuevas en base a la tecnología que tenemos hoy en día, ya que se pueden lograr grandes cosas y ayudar al desarrollo de nuestro país.

BIBLIOGRAFÍA

1. GSM World
<http://www.gsmworld.com/technology/gprs/class.shtml>
2. International Engineering Consortium
<http://www.iec.org/online/tutorials/umts/>
3. GPRS Overview
<http://www.gprssecurity.com/>
4. EDGE
<http://www.moldcell.md/eng/Services/Data/EDGE/>
5. EKG – EKG Primer
<http://www.anaesthetist.com/icu/organs/heart/ecg/Findex.htm>
6. ECG Library
<http://www.ecglibrary.com/>
7. DICOM Brochure
<http://medical.nema.org/dicom/geninfo/Brochure.pdf>
8. FTP DICOM site
<ftp://medical.nema.org/medical/dicom/2008/>
9. Microsoft Visual Studio Developer Center
<http://msdn.microsoft.com/en-us/vstudio/default.aspx>
10. Visual Studio Forums
<http://forums.microsoft.com/MSDN/default.aspx?ForumGroupID=6&SiteID=1>
11. Windows Forms

<http://www.microsoft.com/events/series/windowsforms.aspx>

12. Windows Media Encoder

<http://www.microsoft.com/windows/windowsmedia/forpros/encoder/default.aspx>

13. .NET Developer Center

<http://msdn.microsoft.com/en-us/netframework/default.aspx>

14. Revista Tecnológica ESPOL Vol.18, N 1, 53-59 (Octubre 2005)

“Monitor de Electrocardiografía a través de una Computadora Personal”

M.Sc. Miguel Yapur

Ing. Jhovany Rodríguez

Ing. Wladimir Gaibor

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación (FIEC)

Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)

ANEXO A

Configuración del módem celular Multitech EDGE Ethernet

1. Poner la SIM Card dentro del módem. Encender el módem y conectarlo al puerto de red Ethernet de la computadora.
2. Abrir el ícono de la conexión de red, hacer clic en Propiedades → Protocolo de Internet TCP/IP → Propiedades. Poner Obtener una Dirección IP Automática.

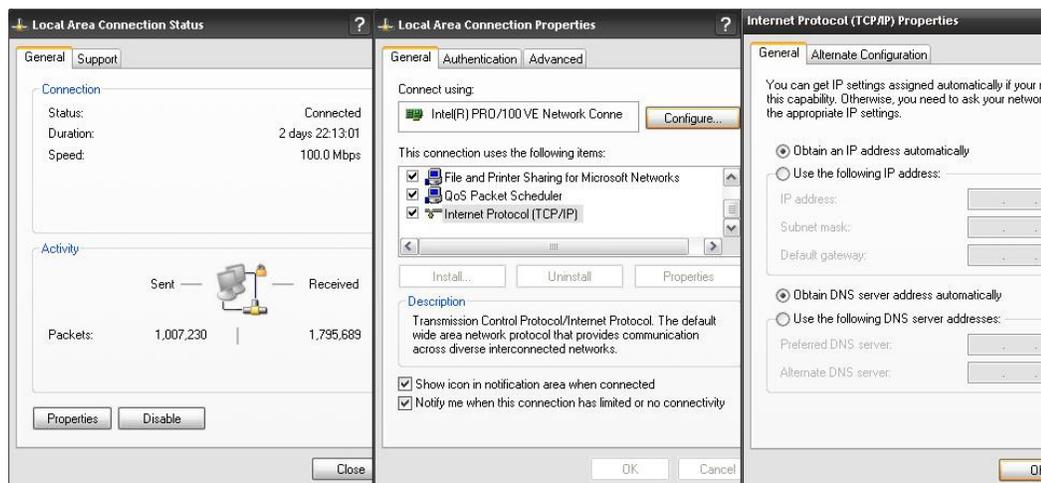


Figura 1 Configuración de red

3. Abrir el Internet Explorer o algún navegador similar y escribir en la barra de direcciones <http://192.168.2.1> . Esta es la dirección IP por defecto del módem.
4. Ingresar con un usuario y clave, que por defecto es admin. en ambos campos.

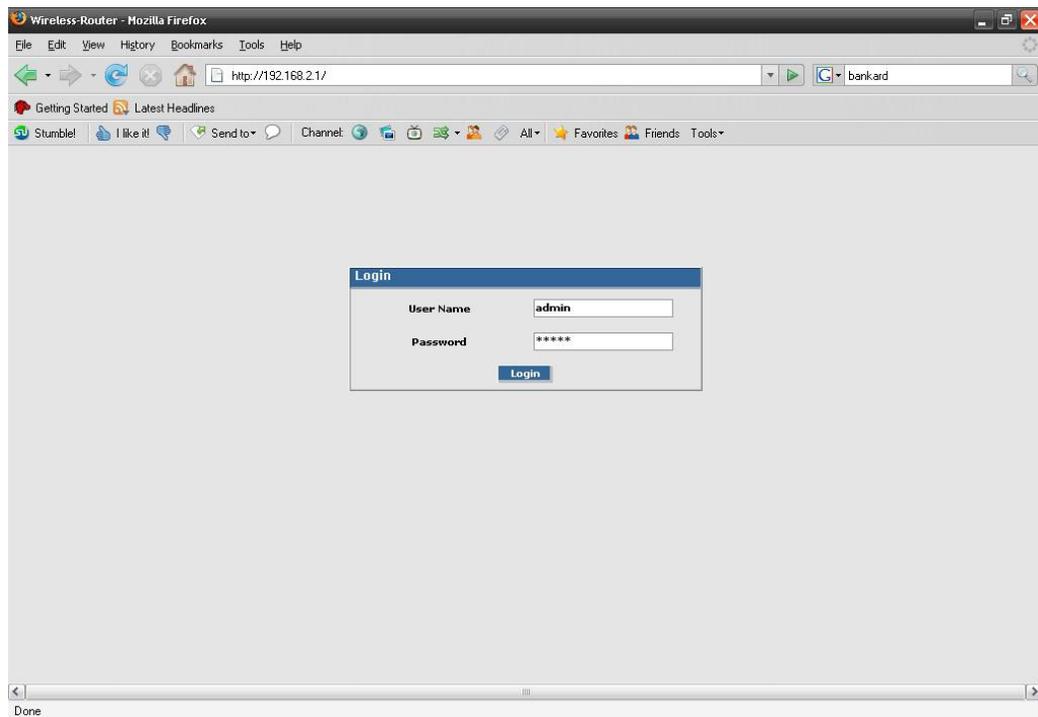


Figura 2 Ingreso a página web de administración de módem

5. Dentro la página de configuración del módem, en IP Setup → General Settings, se puede cambiar la dirección IP LAN del módem, en caso de ser necesario para que se conecte a una red local con direcciones preestablecidas. Sino, se puede dejar el módem con la dirección IP por defecto, así como sus gateways y DNS.

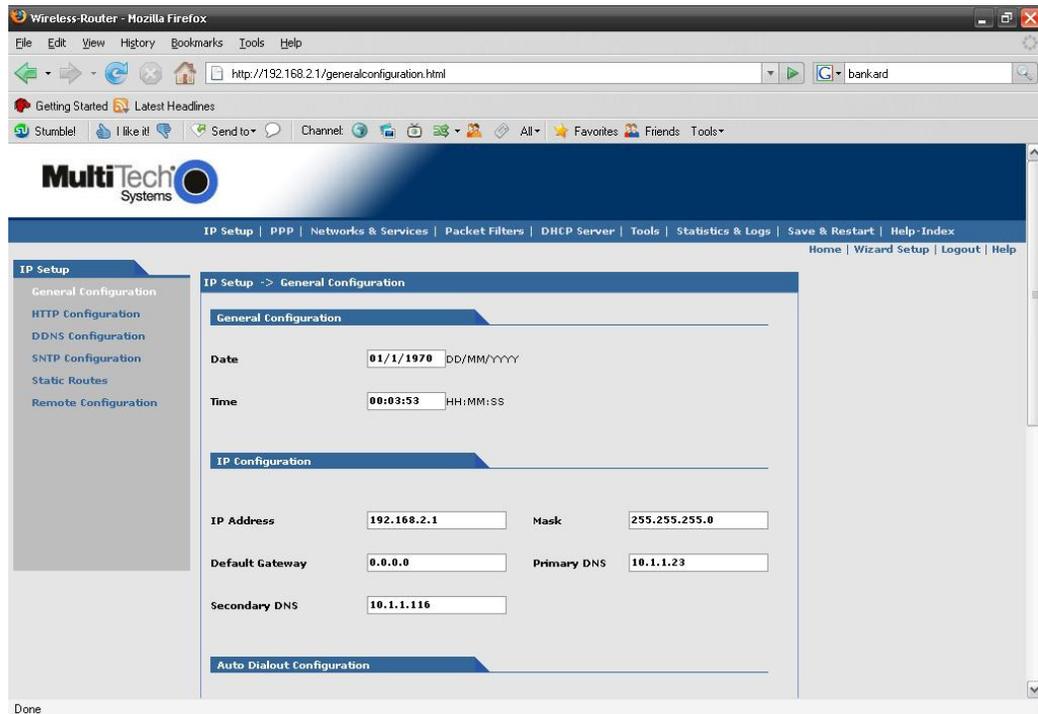


Figura 3 Página de configuración general IP Setup

6. En IP Setup → Remote Configuration, se puede configurar para permitir el acceso externo a la configuración del módem, es decir desde un punto remoto se puede acceder al módem para configurarlo.

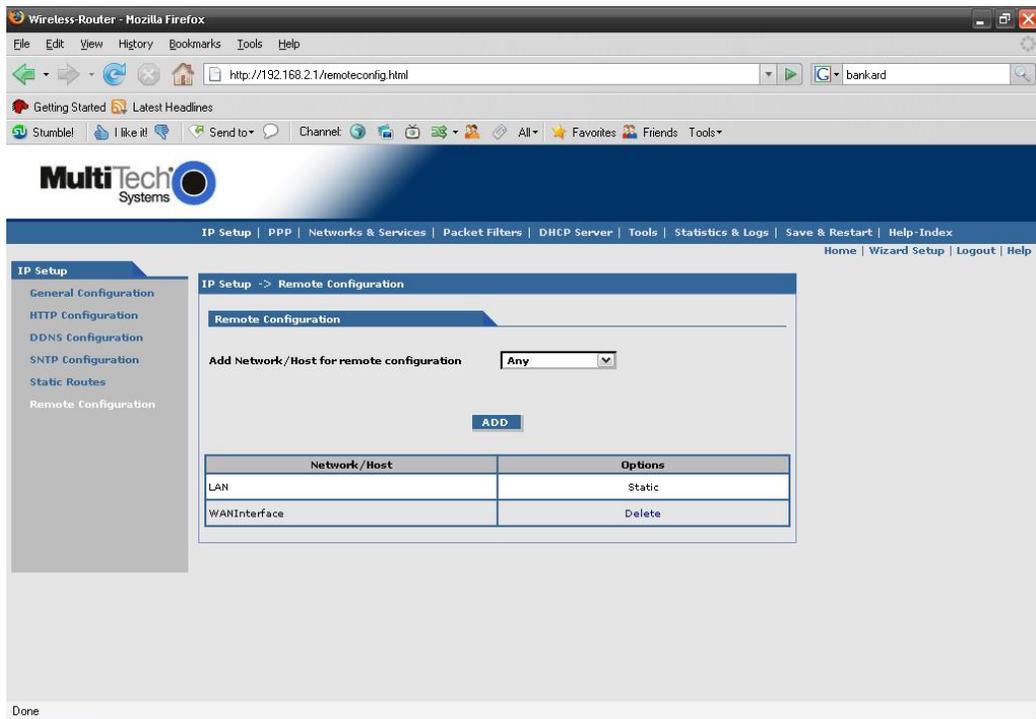


Figura 4 Configuración remota

7. En el tab de PPP Setup, se configura para que el módem realice la llamada de datos. Se puede cambiar el número a marcar, los intervalos de tiempo para reintentar la llamada, si después de un tiempo de inactividad el módem se puede desconectar, y muchas más configuraciones disponibles.

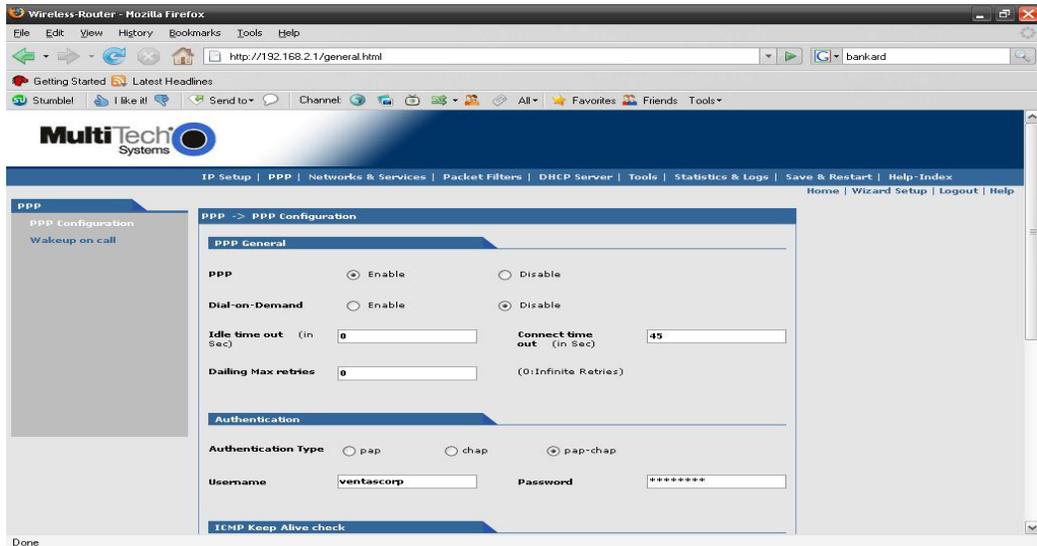


Figura 5 Configuración PPP

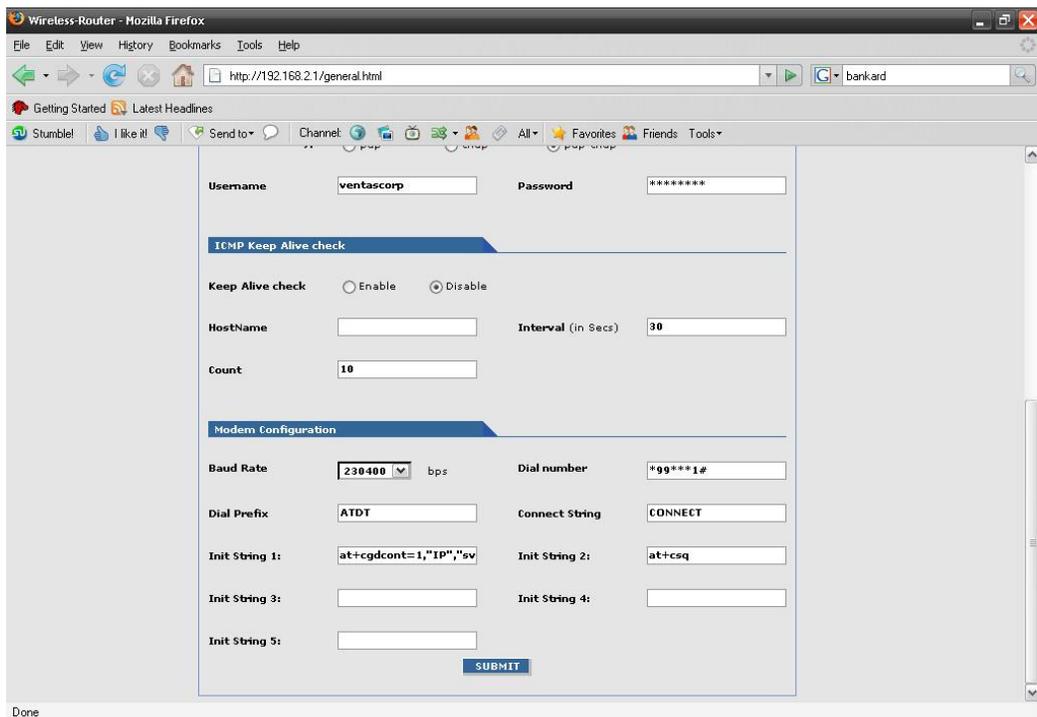
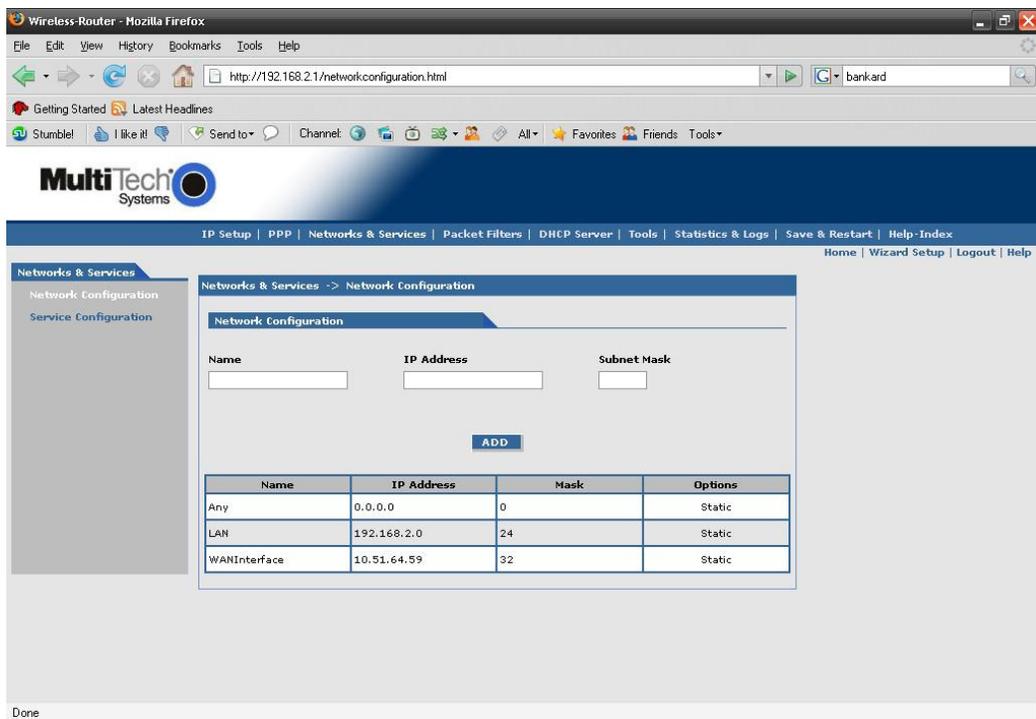


Figura 6 Continuación configuración PPP

8. En Networks & Services → Network Configuration, se pueden ver las direcciones IP asignadas, tanto en la parte LAN como WAN. La dirección LAN pertenece al segmento LAN en que se encuentra el módem y la dirección WAN es asignada a la SIM card por parte del operador celular. Aquí además se pueden crear más direcciones IP para diferentes redes o equipos que se desee configurar para que tengan acceso al módem o viceversa, que el módem tenga acceso a ellos.



The screenshot shows the configuration interface of a MultiTech Systems wireless router. The browser address bar indicates the URL is `http://192.168.2.1/network.configuration.html`. The page title is "Network Configuration" under the "Networks & Services" section. There are input fields for "Name", "IP Address", and "Subnet Mask", along with an "ADD" button. Below these fields is a table listing existing network configurations.

Name	IP Address	Mask	Options
Any	0.0.0.0	0	Static
LAN	192.168.2.0	24	Static
WANInterface	10.51.64.59	32	Static

Figura 7 Configuración Redes y Servicios

9. En Networks & Services → Service Configuration, se pueden crear accesos a ciertos puertos definidos para cada dirección IP. Se puede usar la lista predefinida con los principales puertos y servicios tanto de entrada como de salida, así como también definir nuevos puertos y servicios.

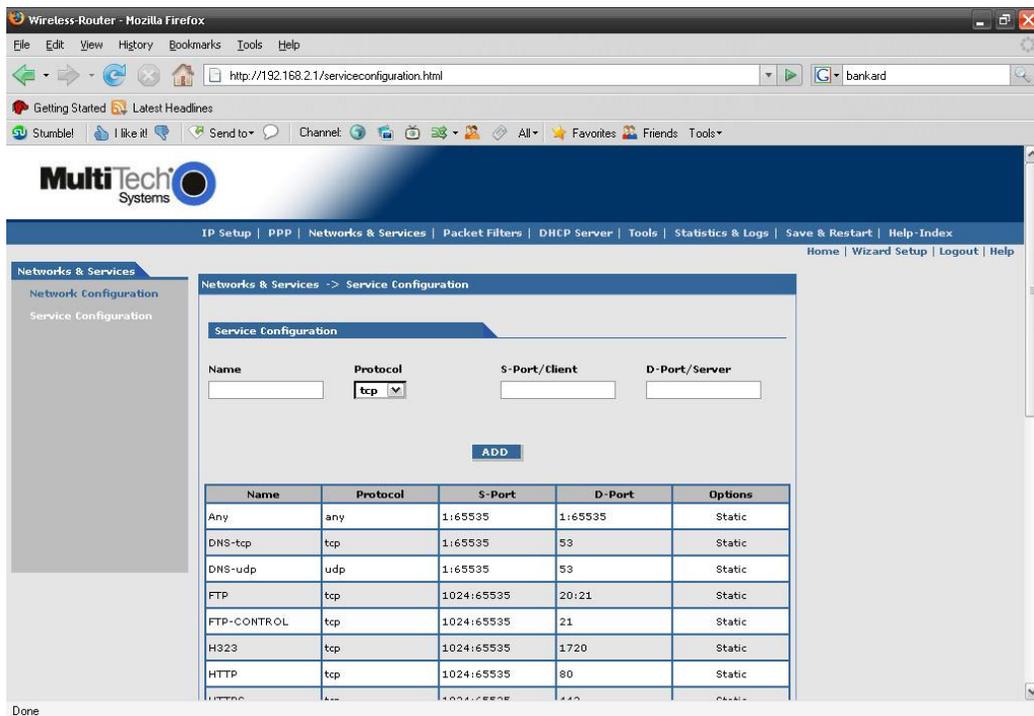


Figura 8 Configuración de puertos

10. En Packet Filters → DNAT Configuration, se puede definir en base los puertos configurados en Service Configuration el acceso desde o hacia una dirección IP.

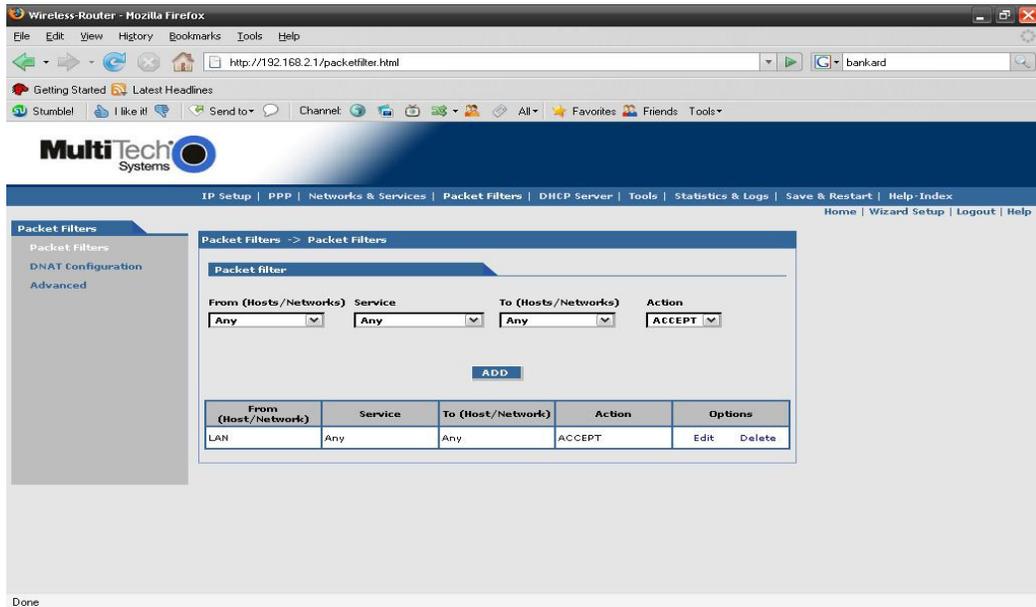


Figura 9 Configuración de filtrado de paquetes

11. En Statistics & Logs → PPP Trace se puede visualizar el status de la conexión, si se está conectado a la red, si se está realizando la llamada.

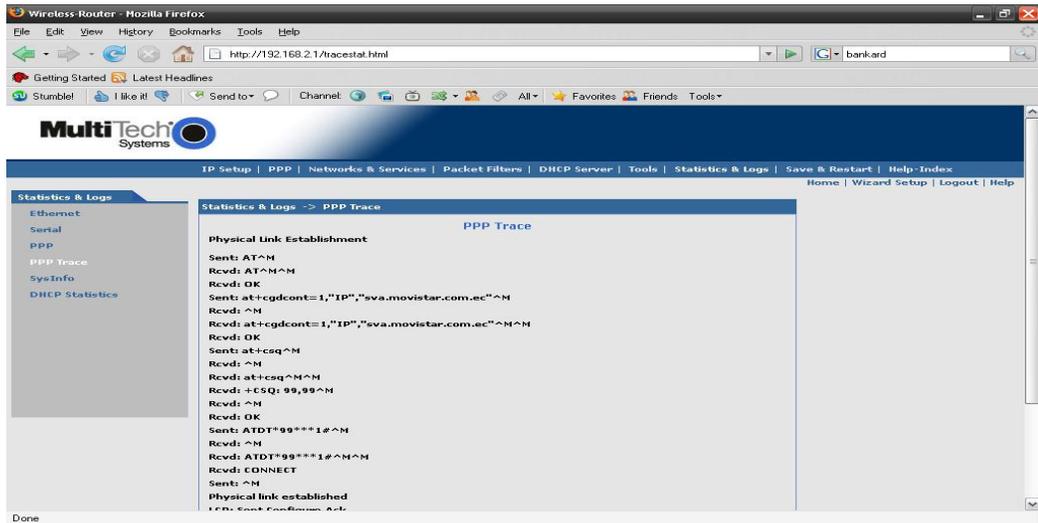


Figura 10 Verificación de la conexión celular

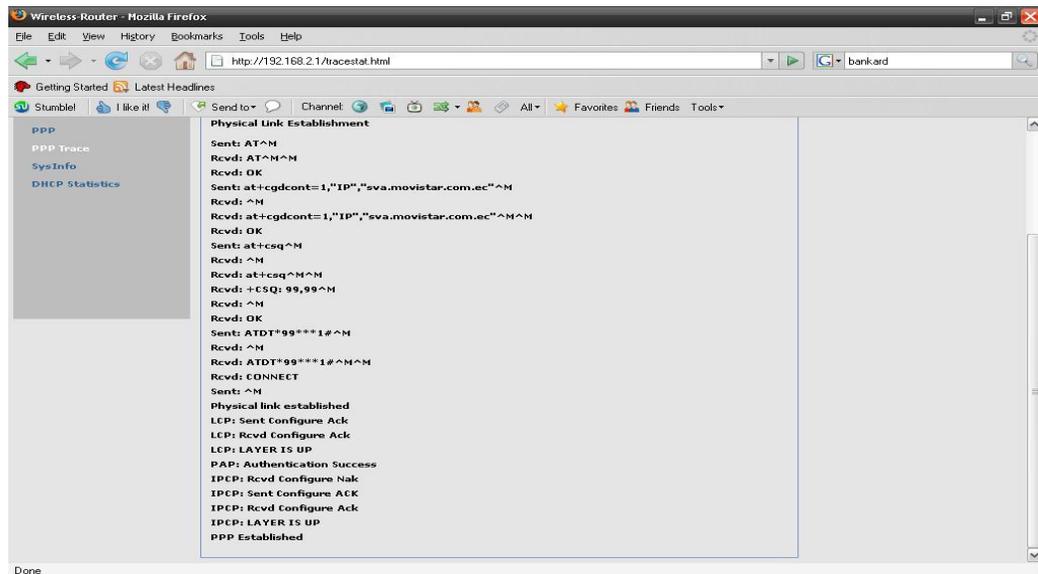


Figura 11 Continuación verificación de conexión

12. Las configuraciones pueden ser guardadas en un archivo para posteriormente ser cargadas en otros equipos, o en el mismo equipo en caso de ser desconfigurado.

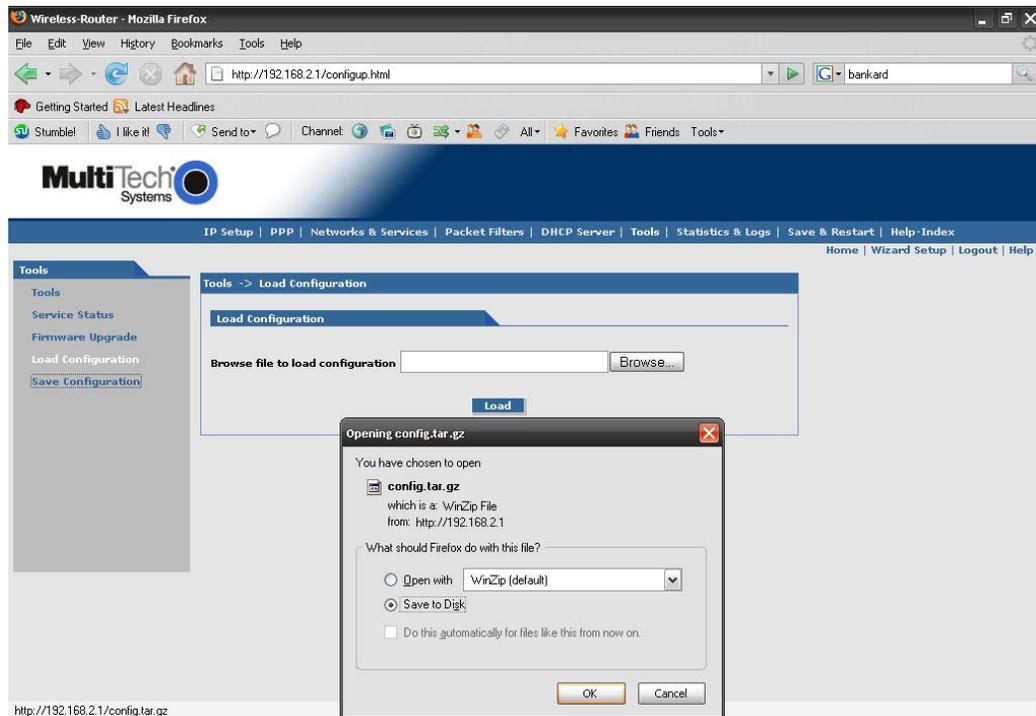


Figura 12 Grabar configuración

13. Al finalizar cualquier cambio realizado, se debe poner Save & Restart para que dichos cambios surtan efecto.

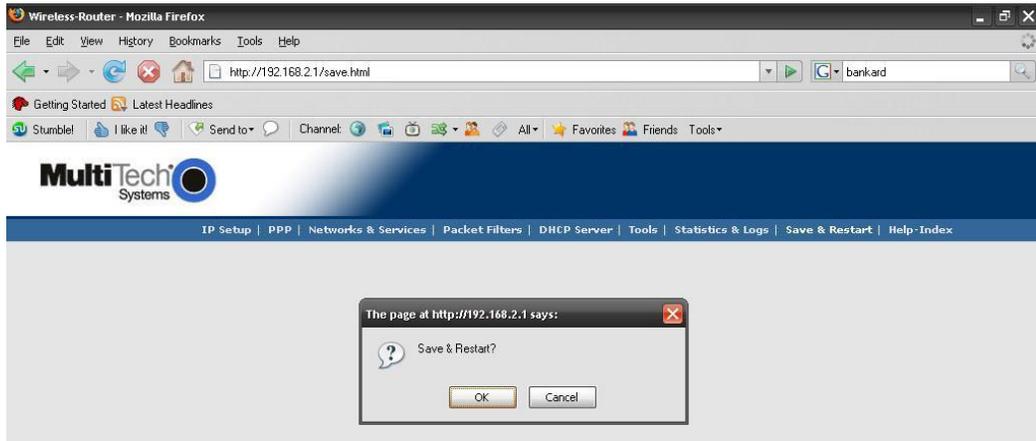


Figura 13 Reiniciar el equipo

ANEXO B

CONFIGURACIÓN DE WINDOWS MEDIA ENCODER

Pasos a seguir para la configuración del Windows Media Encoder

Para que el Windows Media Encoder guarde en formato de video .wmv solamente la porción de la pantalla correspondiente al Electrocardiógrafo.exe, debemos configurarlo creando una sesión.

Primero se abre el programa, se escoge la opción Custom Session.

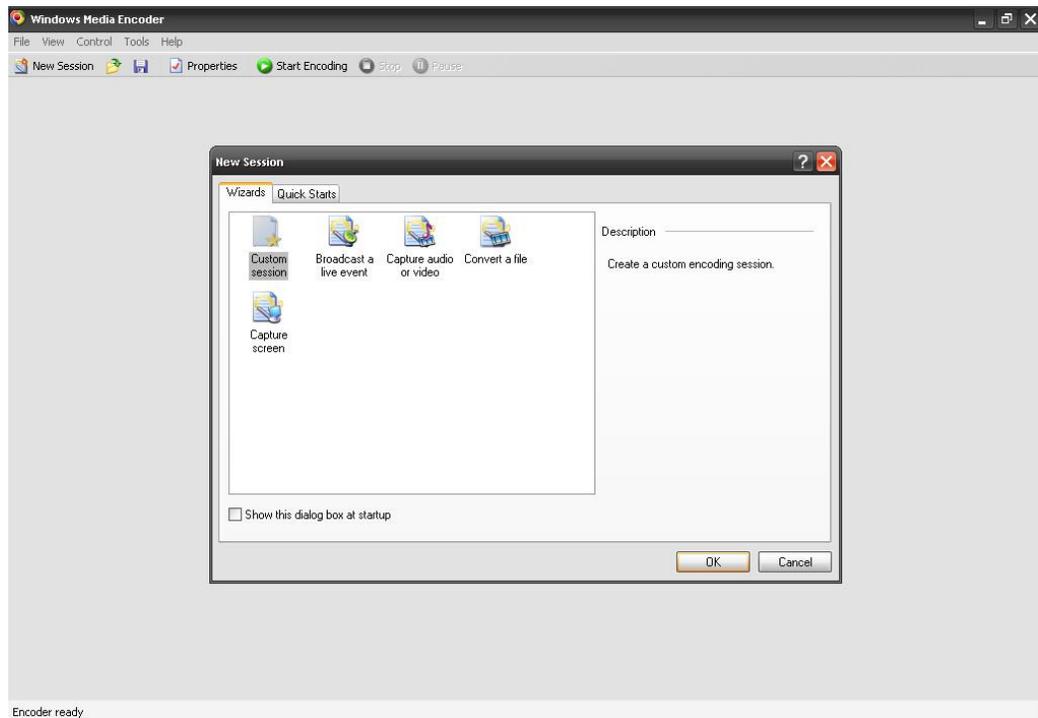


Figura 1 Configuración para grabar nueva sesión

Asegurarse de que esté habilitado el casillero de Video y de Audio si se desea también. Donde dice Screen Capture, se hace click en Configure y aparecen más opciones en la siguiente pantalla. Las demás opciones del Windows Media Encoder no se tocan, ya que sus características van por defecto. Se puede cambiar algo si se desea pero no es recomendable.

Al hacer clic en Configure, aparece la siguiente pantalla, donde me aparece una lista de todos los programas abiertos en ese momento, para poder escoger de esa lista el Electrocardiografo.exe.

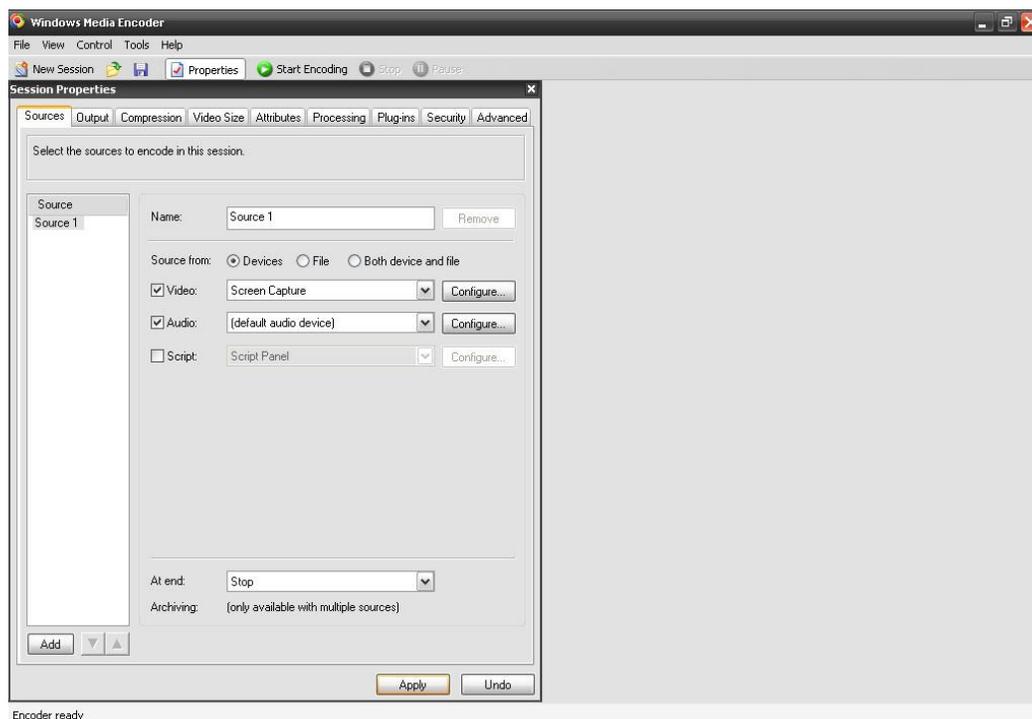


Figura 2 Tipo de captura

Una vez escogido Electrocardiografo.exe, ponemos Apply, y luego guardamos la sesión con el nombre ““¡Electrocardio”” dentro de la carpeta donde está instalada la aplicación desarrollada.

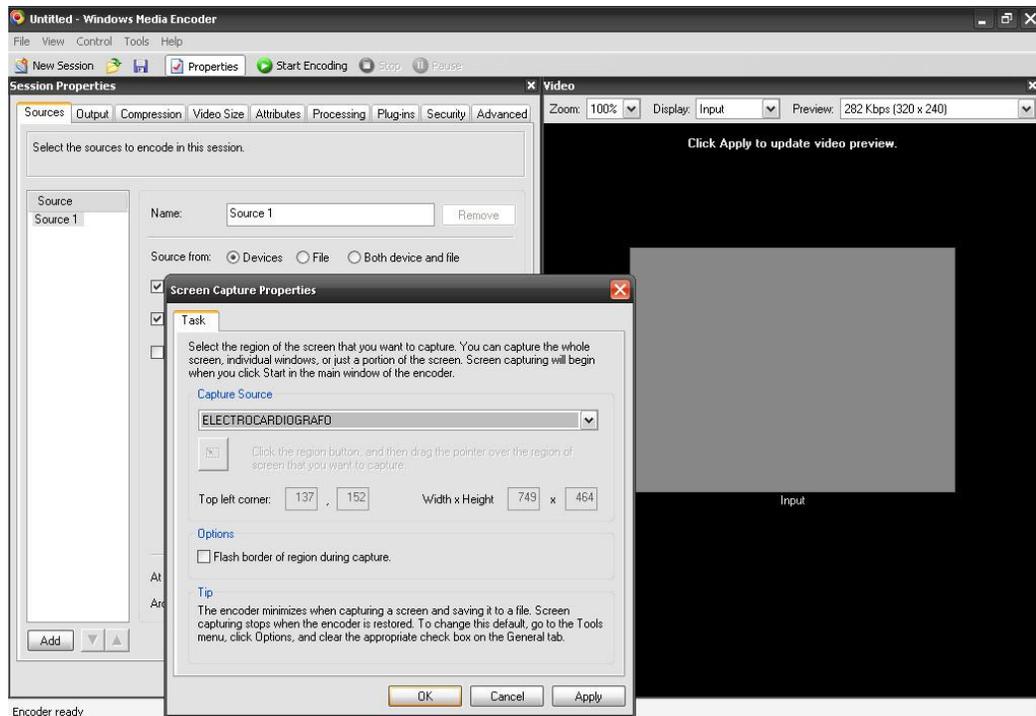


Figura 3 Escoger porción de pantalla para grabar

Luego de realizar esto, se usará la sesión creada para grabar el video y enviarlo a través del programa.