



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,  
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y  
CONTROL**

**TEMA: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO  
PARA EL MONITOREO ECG A TRAVÉS DE INTERNET PARA  
APLICACIONES DE TELEMEDICINA.**

**AUTORES: CUMBAL SUAREZ AVILÉS, DANIEL STEVEN  
PONTÓN ROBALINO, JORGE LUIS**

**DIRECTOR: ING. PINEDA LÓPEZ, FLAVIO MSc.**

**CODIRECTOR: ING. ARCENALES, ANDRÉS MSc**

**SANGOLQUI**

**2015**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE**  
**INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**CERTIFICADO**

Ing. Flavio Pineda MSc.

Ing. Andrés Arcentales MSc.

**CERTIFICAN**

Que el trabajo “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA EL MONITOREO ECG A TRAVÉS DE INTERNET PARA APLICACIONES DE TELEMEDICINA”, realizado por los Srs. Daniel Steven Cumbal Suarez-Avilés y Jorge Luis Pontón Robalino, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple con normas estatutarias establecidas por la institución, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.

Debido a que se trata de un trabajo de investigación recomiendan su publicación. El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de (pdf). Autorizan a los Srs. Daniel Steven Cumbal Suarez Avilés y Jorge Luis Pontón Robalino que lo entreguen al Ingeniero Luis Orozco, en su calidad de Coordinador de la Carrera.

Sangolquí, 13 de Julio 2015.



**Ing. Flavio Pineda MSc.**  
**DIRECTOR**



**Ing. Andrés Arcentales MSc.**  
**CO-DIRECTOR**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE**  
**INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Nosotros, CUMBAL SUAREZ-AVILÉS DANIEL STEVEN y PONTÓN ROBALINO JORGE LUIS.


**DECLARAMOS QUE:**

El proyecto de grado denominado “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA EL MONITOREO ECG A TRAVÉS DE INTERNET PARA APLICACIONES DE TELEMEDICINA”, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incluyen en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría. En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Sangolquí, 13 de Julio 2015.



**Cumbal Suarez-Avilés Daniel Steven**



**Pontón Robalino Jorge Luis**


**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE**  
**INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**AUTORIZACIÓN**


Nosotros, Cumbal Suarez-Avilés Daniel Steven y Pontón Robalino Jorge Luis.

Autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la institución del trabajo “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA EL MONITOREO ECG A TRAVÉS DE INTERNET PARA APLICACIONES DE TELEMEDICINA”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Sangolquí, 13 de Julio de 2015



**Cumbal Suarez-Avilés Daniel Steven**



**Pontón Robalino Jorge Luis**

**DEDICATORIA**

Este trabajo lo dedico a mis padres por ser ejemplo e inspiración, a mi hermano por su apoyo incondicional y a mi familia que ha sido un pilar fundamental en mi vida.

Jorge L. Pontón R.

## **DEDICATORIA**

El trabajo realizado se lo dedico a mis padres y hermana por ser mi apoyo incondicional en cada momento durante toda mi vida y la guía que me permite en este momento desenvolverme profesionalmente y como persona.

Su constante esfuerzo por brindarnos el mejor ejemplo me ha permitido alcanzar mis objetivos y plantearme nuevas metas a futuro. Sin ellos nada de esto sería posible.

Daniel S. Cumbal S.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por ser fiel y misericordioso, siendo mi guía en todo momento, a mis padres Jorge Pontón y Marlene Robalino por todo su apoyo, paciencia y amor durante todas las etapas de mi vida

A mi hermano Daniel quien me ha brindado aliento e inspiración para seguir adelante, a mi familia que ha estado presente incondicionalmente en mi vida, a mis amigos de la Universidad por el tiempo compartido durante estos años, dejándome agradables y divertidos recuerdos que no olvidare.

Un agradecimiento especial al Ing. Flavio Pineda e Ing. Andrés Arcentales por sus consejos y apoyo en la elaboración del proyecto, al Ing. José Sancho quien aportó desinteresadamente con su tiempo, guía y conocimiento para la elaboración del proyecto, y finalmente al Ing. Paul Ayala que nos facilitó con espacio de trabajo.

Jorge L. Pontón R.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres Bayardo Cumbal y Judith Suarez –Avilés, quienes me brindaron las herramientas para poder desarrollar sin inconvenientes mi trabajo y además aportaron con su paciencia y consejos. A mi hermana Estefanía Cumbal, por ser pilar fundamental en mi familia y que siempre ha estado a mi lado.

Un agradecimiento especial al Ing. Flavio Pineda e Ing. Andrés Arcentales, director y co-director del proyecto respectivamente por su tiempo y recomendaciones para la elaboración del presente trabajo. Adicionalmente una mención especial al Ing. José Sancho quien aportó con su conocimiento y guía para la realización de gran parte de la tesis.

Daniel S. Cumbal S.



## INDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I.....	1
DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO .....	1
1.1.Antecedentes.....	1
1.2.Justificación e Importancia.....	2
1.3.Alcance del Proyecto .....	3
1.4.Objetivos .....	3
1.4.1.General .....	3
1.4.2.Específicos .....	3
CAPÍTULO II.....	5
MARCO TEÓRICO Y REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE.....	5
2.1.Fisiología del Sistema Cardiovascular .....	5
2.1.1.Funciones .....	5
2.1.2.Sangre .....	5
2.1.3.Vasos Sanguíneos.....	7
2.1.4.El Corazón .....	8
2.1.4.2.Ciclo Cardíaco .....	11
2.1.5.Electrofisiología Cardíaca .....	11
2.2.Fundamento Teórico para aplicaciones WEB .....	21
2.2.1.Plataformas WEB .....	21
2.2.2.Servicios de un Servidor.....	25
2.2.3.Metodologías Web.....	28
2.2.4.Aspectos de Diseño WEB.....	32
2.2.5.Frameworks .....	37
2.2.6.Sistemas de Gestión de Contenidos (CMS).....	38
2.2.7.Bases de Datos.....	40

	ix
2.3.Telemedicina .....	45
2.3.1.Normas para Telemedicina.....	45
2.3.2.Estándar HL7.....	50
2.4.Revisión del Estado del Arte .....	53
2.4.1.Artículos Científicos del 2012.....	53
2.4.2.Artículos Científicos del 2013.....	57
2.4.3.Artículos Científicos del 2014.....	62
CAPÍTULO III .....	66
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE DE SIMULACIÓN .....	66
3.1.Descripción del Software de Simulación.....	66
3.2.Requerimientos del Software de Simulación.....	66
3.3.Diagrama del Software de Simulación .....	67
3.4.Software de Simulación.....	67
3.4.1.Diagramas de Flujo de la aplicación de simulación .....	68
3.4.2.Formato de Datos enviado desde el simulador.....	72
CAPÍTULO IV .....	74
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE.....	74
4.1.Descripción General del Software .....	74
4.2.Requerimientos del Software.....	75
4.3.Arquitectura de la Aplicación.....	75
4.3.1.Modelo Vista Controlador .....	77
4.3.2.Arquitectura Web .....	79
4.4.Diseño y programación de las Etapas del Software .....	79
4.4.1.Diseño de la Base de Datos .....	79
4.4.2.Configuración y levantamiento de los servidores .....	93
4.4.3.Diseño del sistema de monitoreo en Línea.....	103
4.4.4.Seguridad del Sistema de Monitoreo en Línea.....	119

	x
CAPÍTULO V .....	121
PRUEBAS Y RESULTADOS .....	121
5.1.Introducción.....	121
5.2.Definición de los Escenarios de Pruebas .....	121
5.2.1.Descripción del Primer Escenario .....	122
5.2.2.Descripción del Segundo Escenario .....	122
5.2.3.Descripción del Tercer Escenario.....	123
5.2.4.Descripción del Cuarto Escenario .....	124
5.2.5.Descripción del Quinto Escenario .....	126
5.3.Realización de Pruebas.....	126
5.3.1.Realización de Pruebas con el Primer Escenario.....	126
5.3.2.Realización de Pruebas con el Segundo Escenario .....	136
5.3.3.Realización de Pruebas con el Tercer Escenario .....	142
5.3.4.Realización de Pruebas con el Cuarto Escenario.....	149
5.3.5.Realización de Pruebas con el Quinto Escenario .....	158
5.4.Análisis de Resultados.....	163
5.4.1.Análisis de los Escenarios de Prueba .....	163
CAPÍTULO VI.....	168
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	168
6.1.Conclusiones.....	168
6.2.Recomendaciones .....	170
REFERENCIAS .....	171

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características de los Frameworks .....	38
Tabla 2 Equipos por aplicaciones de Telemedicina .....	49
Tabla 3 Descripción de los componentes de la aplicación de Simulación .....	68
Tabla 4 Pacientes con Ritmo Sinusal Normal .....	127
Tabla 5 Pacientes con diagnostico al Miocardio .....	136
Tabla 6 Pacientes con diagnóstico de arritmia cardiaca .....	143
Tabla 7 Lista de pacientes para el cuarto Escenario .....	149
Tabla 8 Tiempo de retardo durante la revisión en línea, paciente 1 .....	151
Tabla 9 Almacenamiento de los Datos, paciente 1 .....	151
Tabla 10 Perdida de datos, paciente 1 .....	151
Tabla 11 Tiempo de retardo durante la revisión en línea, paciente 2 .....	153
Tabla 12 Almacenamiento de los Datos, paciente 2.....	153
Tabla 13 Perdida de datos, paciente 2 .....	154
Tabla 14 Tiempo de retardo durante la revisión en línea, paciente 6.....	155
Tabla 15 Almacenamiento de los Datos, paciente 6.....	155
Tabla 16 Perdida de datos, paciente 6 .....	156
Tabla 17 Tiempo de retardo durante la revisión en línea, paciente 11 .....	157
Tabla 18 Almacenamiento de los Datos, paciente 11.....	157
Tabla 19 Perdida de datos, paciente 11 .....	158
Tabla 20 Lista de pacientes para el cuarto Escenario.....	158
Tabla 21 Tiempo de transmisión y tamaño del archivo. Escenario 5, paciente 1 .....	159
Tabla 22 Tiempo de transmisión y tamaño del archivo. Escenario 5, paciente 2 .....	160
Tabla 23 Tiempo de transmisión y tamaño del archivo. Escenario 5, paciente 6 .....	161
Tabla 24 Tiempo de transmisión y tamaño del archivo. Escenario 5, paciente 11 .....	163
Tabla 25 Tiempo de retardo de la revisión en línea, análisis del cuarto escenario .....	164
Tabla 26 Capacidad de almacenamiento de los datos, análisis del cuarto escenario ...	165
Tabla 27 Fiabilidad de los Datos, análisis del cuarto escenario .....	165
Tabla 28 Capacidad de transmisión y almacenaimiento, análisis del Escenario 5.....	166

**INDICE DE FIGURAS**

Figura 1 Componentes de la Sangre .....	6
Figura 2. Vasos Sanguíneos.....	7
Figura 3. Capas del Corazón.....	9
Figura 4. Sistemas circulatorios sistémico y pulmonar .....	10
Figura 5. Estructura Interna del Corazón.....	11
Figura 6 Fases del Potencial de Acción.....	13
Figura 7. Conducción Cardíaca .....	14
Figura 8 Componentes de la señal ECG .....	15
Figura 9 Formación de la señal ECG .....	17
Figura 10. Derivaciones de las Extremidades. ....	19
Figura 11. Derivaciones Torácicas. ....	19
Figura 12. Derivaciones Ortogonales .....	20
Figura 13 Sistema de la Base de Datos.....	25
Figura 14 Proxy en una aplicación Cliente-Servidor.....	27
Figura 15. Notación UWE .....	30
Figura 16. Distribución de Contenido en Tablas .....	33
Figura 17. Ejemplo de un Frame para Páginas Web .....	34
Figura 18. Diagrama de interacción para el usuario .....	36
Figura 19. Cardinalidad de las Relaciones .....	41
Figura 20. a) Estructura de 2 niveles b) Estructura de 3 niveles .....	43
Figura 21 HL7 V3 CDA en el nivel tres de implementación .....	53
Figura 22. Diagrama de funcionamiento del sistema Paquistaní.....	54
Figura 23. Reconstrucción Inicial de la Señal ECG en el Servidor.....	55
Figura 24. Señal ECG Reconstruida al aumentar el Muestreo .....	55
Figura 25. Esquema de funcionamiento del sistema Taiwanés .....	56
Figura 26 Esquema del Sistema de Monitoreo Remoto ECG De Colombia.....	57
Figura 27 Pruebas del prototipo Colombiano.....	58
Figura 28. Sistema de Telemedicina Chino con una red 3G .....	58
Figura 29. Funciones del sistema de Telemedicina Chino .....	59
Figura 30. Terminal de Monitoreo .....	60
Figura 31. Prueba Experimental Real.....	61
Figura 32. Monitoreo Multicanal en la Estación de Trabajo.....	61

Figura 33 Diagrama de Bloques del Sistema “Vital Sign Monitor” .....	62
Figura 34 Compresión de la señal ECG en el servidor.....	63
Figura 35 Diagrama de Flujo del Electrocardiograma Wireless .....	64
Figura 36 Señal ECG en el celular en tiempo real del prototipo Tailandés .....	65
Figura 37 Señal ECG en el servidor Web del prototipo Tailandés .....	65
Figura 38. Diagrama de Bloques de la Aplicación.....	67
Figura 39. Diagrama de Simulación de Envío.....	67
Figura 40 Interfaz del Simulador de Registros ECG.....	68
Figura 41 Diagrama de Flujo de la Interacción de la Aplicación de Simulación con el Sistema de Telemedicina.....	69
Figura 42 Diagrama de Flujo de la carga de Datos del examen ECG .....	70
Figura 43 Diagrama de Flujo de la carga de Datos del examen ECG.....	71
Figura 44 Distribución de las Señales cardiacas en las 3 tablas de la Base de Datos ....	72
Figura 45 Formato de la Información de una Derivación N .....	73
Figura 46 Arquitectura de la Aplicación .....	76
Figura 47 Esquema Modelo Vista Controlador en una aplicación WEB.....	78
Figura 48. Diagrama de la Base de Datos .....	80
Figura 49. Modelo Conceptual de la Base de Datos.....	84
Figura 50. Comprobar Errores de Diseño en Power Designer .....	84
Figura 51. Resultado de la comprobación de errores .....	85
Figura 52. Herramienta para Elaborar el Modelo Físico .....	85
Figura 53. Modelo Físico de la Base de Datos .....	86
Figura 54. Escritorio AppServ.....	87
Figura 55. Ventana de Autenticación phpMyAdmin .....	87
Figura 56. Crear Base de datos phpMyAdmin .....	88
Figura 57. Opción Generar Base de Datos .....	88
Figura 58. Opciones para creación de Base de datos .....	89
Figura 59. Creación Base de Datos .....	89
Figura 60. Base de Datos del Sistema ECG .....	90
Figura 61. Entorno de PgAdmin 3.....	90
Figura 62. Crear una nueva Base de Datos.....	91
Figura 63. Cuadro de creación de la Base de Datos .....	91
Figura 64. Ventana para creación de Scripts .....	92

	xiv
Figura 65. Ejecución del código SQL .....	92
Figura 66. Tablas de la Base de Datos telemedicina .....	93
Figura 67 Inicio para la Instalación del AppServ .....	94
Figura 68 Licencia del AppServ .....	94
Figura 69 Ubicación de la Instalación del Programa AppServ .....	95
Figura 70 Programas a instalar del AppServ .....	95
Figura 71 Configuración del Apache HTTP Server .....	96
Figura 72 Configuración de la Base de Datos MySQL .....	97
Figura 73 Página de configuración del Servidor GlassFish .....	98
Figura 74 Configuración de conexiones del GlassFish .....	98
Figura 75 Configuración del Pool de conexiones.....	99
Figura 76 Configuración del Pool de Conexiones parte 2.....	100
Figura 77 Configuración del Driver de NetBeans para la conexión con la BDD .....	101
Figura 78 Configuración del JDBC en GlassFish .....	102
Figura 79 Configuración del JDBC Resources en GlassFish .....	103
Figura 80. Diagrama de Casos de Uso .....	104
Figura 81 Diagrama UML de las Entidades .....	105
Figura 82 Diagrama UML de los Servicios .....	106
Figura 83 Diagrama UML de los Controladores .....	107
Figura 84 Diagrama UML de la aplicación en General .....	108
Figura 85 Navegación de pantallas general .....	108
Figura 86 Navegación para el Usuario Paciente.....	109
Figura 87 Navegación para el Usuario Médico .....	110
Figura 88 Navegación para el Usuario Administrador .....	111
Figura 89. Plantilla para Ingreso al Sistema .....	112
Figura 90. Plantilla para Ingreso de Datos .....	112
Figura 91. Plantilla para la Aplicación .....	113
Figura 92. Estereotipos UWE en Diagrama de Presentación .....	113
Figura 93 Arquitectura de JSF 2.2 en la aplicación Web .....	115
Figura 94 Pantalla de Inicio de Sesión de la Aplicación Web.....	117
Figura 95 Pantalla de Ingreso de Datos, Formulario Persona .....	117
Figura 96 Pantalla de presentación del Examen de la Aplicación Web .....	118
Figura 97 Diagrama de Red del Escenario 1 .....	122

	xv
Figura 98 Diagrama de Red del Escenario 2 .....	123
Figura 99 Diagrama de Red del Escenario 3 .....	124
Figura 100 Características del Servidor Web .....	125
Figura 101 Tecnologías soportadas del servidor Web.....	126
Figura 102 Paciente 1-derivacion D2 de Physionet .....	127
Figura 103 Paciente 1-derivacion D2 del servidor Web .....	127
Figura 104. Adjuntar archivos de Physionet a Matlab .....	128
Figura 105. Ventana Para Importar datos en Matlab.....	129
Figura 106. Archivos adjuntos en el Espacio de Trabajo de Matlab.....	129
Figura 107. Ejecución del programa “plotExamen”.....	130
Figura 108. Gráfica de las 12 derivaciones de Physionet y la D2 de la Aplicación de Telemedicina.....	130
Figura 109. Comparación de las derivaciones D2 de Physionet y la Aplicación de Telemedicina.....	130
Figura 110. Paciente 1-Comparación de señales en Matlab.....	131
Figura 111 Paciente 2-derivacion D2 de Physionet .....	131
Figura 112 Paciente 2-derivacion D2 del servidor Web .....	132
Figura 113 Paciente 2-Comparación de señales en Matlab.....	132
Figura 114 Paciente 3-derivacion D2 de Physionet .....	133
Figura 115 Paciente 3-derivacion D2 del servidor Web .....	133
Figura 116 Paciente 3-Comparación de señales en Matlab.....	133
Figura 117 Paciente 4-derivacion D2 de Physionet .....	134
Figura 118 Paciente 4-derivacion D2 del servidor Web .....	134
Figura 119 Paciente 4-Comparación de señales en Matlab.....	134
Figura 120 Paciente 5-derivacion D2 de Physionet .....	135
Figura 121 Paciente 5-derivacion D2 del servidor Web .....	135
Figura 122 Paciente 5-Comparación de señales en Matlab.....	135
Figura 123 Paciente 6-derivacion D2 de Physionet .....	136
Figura 124 Paciente 6-derivacion D2 del servidor Web .....	137
Figura 125 Paciente 6-Comparación de señales en Matlab.....	137
Figura 126 Paciente 7-derivacion D2 de Physionet .....	138
Figura 127 Paciente 7-derivacion D2 del servidor Web .....	138
Figura 128 Paciente 7-Comparación de señales en Matlab.....	138



	xvi
Figura 129 Paciente 8-derivacion D2 de Physionet .....	139
Figura 130 Paciente 8-derivacion D2 del servidor Web .....	139
Figura 131 Paciente 8-Comparación de señales en Matlab.....	140
Figura 132 Paciente 9-derivacion D2 de Physionet .....	140
Figura 133 Paciente 9-derivacion D2 del servidor Web .....	140
Figura 134 Paciente 9-Comparación de señales en Matlab.....	141
Figura 135 Paciente 10-derivacion D2 de Physionet.....	141
Figura 136 Paciente 10-derivacion D2 del servidor Web.....	142
Figura 137 Paciente 10-Comparación de señales en Matlab.....	142
Figura 138 Paciente 11-derivacion D2 de Physionet.....	143
Figura 139 Paciente 11-derivacion D2 del servidor Web.....	143
Figura 140 Paciente 11-Comparación de señales en Matlab.....	144
Figura 141 Paciente 12-derivacion D2 de Physionet.....	144
Figura 142 Paciente 12-derivacion D2 del servidor Web.....	145
Figura 143 Paciente 12-Comparación de señales en Matlab.....	145
Figura 144 Paciente 13-derivacion D2 de Physionet.....	146
Figura 145 Paciente 13-derivacion D2 del servidor Web.....	146
Figura 146 Paciente 13-Comparación de señales en Matlab.....	147
Figura 147 Paciente 14-derivacion D2 de Physionet.....	147
Figura 148 Paciente 14-derivacion D2 del servidor Web.....	147
Figura 149 Paciente 14-Comparación de señales en Matlab.....	148
Figura 150 Paciente 15-derivacion D2 de Physionet.....	148
Figura 151 Paciente 15-derivacion D2 del servidor Web.....	148
Figura 152 Paciente 15-Comparación de señales en Matlab.....	149
Figura 153 Velocidad del Internet Escenario 4, paciente 1 .....	150
Figura 154 Comparación de tiempo de envío y recepción Escenario 4, paciente 1 .....	150
Figura 155 Memoria libre al ejecutar la aplicación Web, paciente 1 .....	152
Figura 156 Velocidad del Internet Escenario 4, paciente 2.....	152
Figura 157 Comparación de tiempo de envío y recepción, Escenario 4, paciente 2 ....	153
Figura 158 Velocidad del Internet Escenario 4, paciente 6.....	154
Figura 159 Comparación de tiempo de envío y recepción, Escenario 4, paciente 6 ....	155
Figura 160 Velocidad del Internet Escenario 4, paciente 11 .....	156
Figura 161 Comparación de tiempo de envío y recepción, Escenario 4, paciente 11 ..	157

	xvii
Figura 162 Tiempo de Simulación. Escenario 5, paciente 1 .....	158
Figura 163 Tiempo recibido. Escenario 5, paciente 1 .....	159
Figura 164 Tiempo de Simulación. Escenario 5, paciente 2 .....	159
Figura 165 Tiempo recibido. Escenario 5, paciente 2 .....	160
Figura 166 Tiempo de Simulación. Escenario 5, paciente 6 .....	161
Figura 167 Tiempo recibido. Escenario 5, paciente 6 .....	161
Figura 168 Tiempo de Simulación. Escenario 5, paciente 11 .....	162
Figura 169 Tiempo recibido. Escenario 5, paciente 11 .....	162

## RESUMEN

El presente proyecto presenta el desarrollo de un Sistema para realizar el monitoreo de señales ECG a través de Internet como una aplicación dentro del campo de la Telemedicina. El prototipo consta de dos aplicaciones que se enlazan para simular el envío y recepción de las 12 señales cardíacas (derivaciones) de un paciente y que le permitirán al médico emitir un diagnóstico de manera remota. El simulador de señales permite elegir el paciente, el tipo de señal a ser enviada entre 15 opciones diferentes obtenidas de la base de datos Physiobank y la cantidad de tiempo de examen que va a ser transmitido. La aplicación de recepción se encarga de gestionar las opciones de navegación para los tres tipos de usuario, que por seguridad, poseen un nombre y una clave para poder acceder al sistema; se cuenta con distintas interfaces donde los datos clínicos de los pacientes, previamente almacenados en la base de datos del sistema, pueden ser modificados, creados o eliminados. Complementariamente posee la función de graficar en tiempo real las señales enviadas desde el simulador que permiten al médico hacer un seguimiento continuo, además de brindar la posibilidad de guardar el examen realizado en un conjunto de archivos de texto con información del paciente, fecha y hora, que servirán para mantener un historial de la evolución del paciente. Las dos aplicaciones desarrolladas en el proyecto se encuentran almacenadas en un servidor remoto y están disponibles en internet a través de un dominio público.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **TELEMEDICINA**
- **APLICACIÓN WEB**
- **EXAMEN EN LINEA**
- **DERIVACIONES CARDIACAS**
- **SERVIDOR REMOTO**

## **ABSTRACT**

This project present the developing of a system for monitoring ECG signals over the Internet as an application within the field of telemedicine. The prototype consists of two applications that are linked to simulate the sending and receiving of 12 cardiac signals (leads) of a patient in order to allow remote diagnosis from a doctor. The signals simulator permits the patient to choose the type of signal to be sent between 15 different options obtained from the database Physiobank and the amount of test time to be transmitted. The receiving application manages the navigation options for three types of user, which have a username and password to access the system for a major security level; this application features different interfaces where the patient clinical data stored in the database can be modified, created or deleted. In addition it has the function of real-time graph of signals sent from the simulator that allows the physician to continuously monitor, as well as providing the ability to save the exam in a set of text files with patient information, date and time, which serve to keep a history of the evolution of the patient. The two applications developed in the project are stored on a remote server and are available online through a public domain

### **KEY WORDS:**

- **TELEMEDICINE**
- **WEB APLICATION**
- **ONLINE VIEW**
- **CARDIAC LEADS**
- **REMOTE SERVER**

## CAPÍTULO I

### DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

#### 1.1. Antecedentes

El electrocardiograma (ECG) es una representación gráfica de los impulsos eléctricos generados por el corazón en un ciclo cardiaco. Este examen entrega información importante para el diagnóstico y tratamiento de afecciones cardiovasculares y su uso es común en hospitales y centros de salud alrededor del mundo.

Las enfermedades cardiovasculares representan la mayor causa de muerte en el mundo y dentro de nuestro país representan una de las principales amenazas a la vida. Esto genera un mayor interés por realizar tratamientos adecuados y a tiempo, los cuales se ven complicados por la dificultad para realizar análisis preventivos y seguimiento continuo de los pacientes.

Al revisar el estado del arte se ha determinado que existen algunos trabajos desarrollados desde el año 2012 hasta la fecha que han propuesto esquemas de ECG monitorizados por internet entre los cuales mencionamos:

En el año 2012 investigadores paquistaníes <sup>[1]</sup> propusieron un sistema que simula la señal ECG mediante el software Labview y una DAQ, después la envía hacia un microprocesador que realiza la conversión análogo a digital para luego comunicarse con un modem GPRS y transmitir la información a un servidor remoto, el cual tiene la aplicación web sobre una plataforma Linux.

En el año 2013 ingenieros de la Universidad del Norte en Colombia <sup>[2]</sup> propusieron un sistema basado en la adquisición, acondicionamiento y transmisión de dos señales biomédicas mediante un prototipo, el cual se comunica con la tarjeta Arduino para su conversión análoga a digital y posterior transmisión haciendo uso de la tecnología Bluetooth hacia la PC, a continuación la información llega a un servidor que permite la comunicación con la aplicación web.

En el año 2014 investigadores de la Universidad de Anna en-India <sup>[3]</sup> propusieron un sistema que adquiere los datos de las señales vitales mediante circuitos integrados

especializados como, tales datos se transmiten a un dispositivo Android a través de Bluetooth, donde mediante un protocolo IEEE 802.11b y la red 3G se envían los datos hacia la red interna de un hospital y posteriormente hacia un servidor remoto, donde un especialista puede ingresar a los datos por medio de una Aplicación Android y dentro de la Red del Hospital.

En el Departamento de Eléctrica y Electrónica se trabaja en proyectos de instrumentación biomédica bajo la dirección del Sr Ingeniero Flavio Pineda, profesor de Instrumentación Biomédica, los cuales participan como proyectos de investigación científica en los concursos de innovación en Ciencia y Tecnología.

### **1.2. Justificación e Importancia**

La actual tendencia de la medicina se enfoca en desarrollar nuevas ideas tecnológicas y con ello dispositivos que contribuyan a una atención personalizada y preventiva de las distintas afecciones que puede llegar a sufrir el paciente.

Actualmente los dispositivos ECG empleados en nuestro país para el análisis de enfermedades cardiovasculares requieren estrictamente que el paciente y el médico especialista tengan una cita. Es así que se plantea el diseño de un dispositivo ECG de monitoreo remoto por internet, el cual comprende una herramienta que permite a cualquier persona acceder a una revisión y un diagnóstico por parte de su médico, sin la necesidad de estar presente y que mediante un código de validación asegure la confidencialidad entre el médico y el paciente. Cuenta también con una base de datos para almacenar el registro histórico de los exámenes realizados anteriormente, y así poder analizar el avance clínico del paciente e incluso brindar tratamiento preventivo a enfermedades que se puedan presentar posteriormente.

Por lo que este proyecto se justifica plenamente ya que vendrá a complementar a otros proyectos de monitorización de ECG que se han realizado en el Departamento de Eléctrica y Electrónica y generar de esta manera dispositivos que puedan competir en el mercado nacional dentro de la matriz productiva que lleva adelante el gobierno del Ecuador.

### **1.3. Alcance del Proyecto**

Para la realización del presente proyecto se efectuará una revisión del estado del arte, que nos permita establecer el nivel de investigación desarrollado dentro de este campo y específicamente con los sistemas de monitoreo planteados en este proyecto.

Se realizará el diseño e implementación de un prototipo de monitoreo ECG en línea para aplicaciones de telemedicina, que involucra el desarrollo de una etapa de simulación que contará con 12 derivaciones para garantizar la transmisión de un examen completo de un paciente empleando la resolución y frecuencia de muestreo dada por los registros de Physionet, y el desarrollo de una aplicación Web para el monitoreo de pacientes remotos, manejo de base de datos, autenticación de usuarios y visualización de imágenes almacenadas por parte del médico.

El prototipo desarrollado en el presente proyecto se someterá a una fase de pruebas con registros de sujetos sanos y enfermos. Las señales obtenidas con el prototipo serán comparadas con las obtenidas de Physionet para de esta forma validar la calidad del prototipo desarrollado en lo referente a retardos, pérdida de paquetes. Posteriormente se elaborará un manual de usuario que permita la correcta operación del software sin necesidad de soporte técnico y para finalizar se formularán las conclusiones y recomendaciones a las que se aborde una vez concluido el proyecto.

### **1.4. Objetivos**

#### **1.4.1. General**

Realizar el diseño y la implementación de un prototipo de monitoreo ECG en línea para el seguimiento del estado de un paciente de manera remota por centros especializados.

#### **1.4.2. Específicos**

- Revisar el Estado del Arte de sistemas de monitoreo ECG por internet.
- Diseñar e Implementar el software de Simulación de las señales ECG provenientes de un paciente en base a los registros de Physionet para la transmisión en línea a través de internet.
- Diseñar e Implementar un sistema de monitoreo en Línea por Internet para pacientes remotos con capacidad de manejar base de Datos.

- Montar y configurar un servidor Web con los parámetros necesarios para dar acceso al sistema de monitoreo ECG.
- Realizar las pruebas de funcionamiento con registros de sujetos sanos y enfermos y compararlas con los registros de Physionet para garantizar el funcionamiento óptimo del prototipo.



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO Y REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE

#### 2.1. Fisiología del Sistema Cardiovascular

El sistema cardiovascular está compuesto por un órgano llamado corazón que impulsa la sangre a través de tubos ramificados conocidos como arterias, venas y capilares. El sistema cardiovascular se encarga de realizar el transporte de los nutrientes que necesitan los tejidos del cuerpo humano.

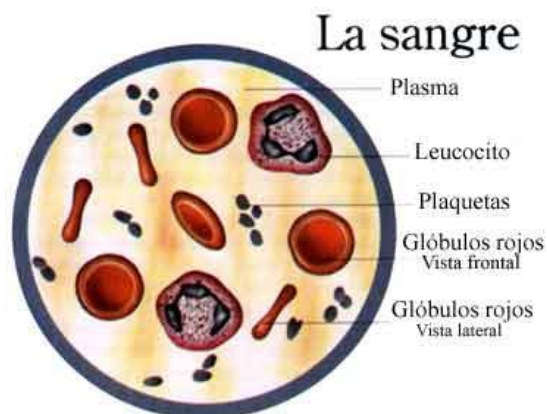
##### 2.1.1. Funciones

- Rápido transporte de nutrientes y oxígeno a las células del organismo.
- Transporte de desechos que deben ser eliminados.
- Intervenir en las defensas del organismo mediante el transporte de células inmunitarias y antígenos (sustancia que permite la formación de anticuerpos).
- Regular la temperatura corporal.
- Transporte de hormonas procedentes de las glándulas.

Las partes que componen el sistema cardiovascular son las arterias, venas y capilares como conductos para el transporte, la sangre como medio contenedor de las sustancias necesarias y finalmente el corazón como bomba muscular que impulsa la sangre. Las partes del sistema cardiovascular están activas de manera constante y le permiten cumplir con sus objetivos de alimentación, defensa y control de diversas funciones como se describe a continuación:

##### 2.1.2. Sangre

Es un fluido compuesto por agua y sustancias orgánicas e inorgánicas disueltas, que forman el plasma sanguíneo. Durante su circulación realiza dos recorridos conocidos como circulación mayor y circulación pulmonar. La sangre contiene tres tipos de células sanguíneas: glóbulos rojos, glóbulos blancos y plaquetas.



**Figura 1 Componentes de la Sangre**

**Fuente: [1]**

#### **2.1.2.1. El plasma sanguíneo**

Corresponde al líquido presente en la sangre. Tiene un color amarillento y sobre él se encuentran los demás componentes de la sangre (Figura 1). Se encarga de transportar los alimentos y las sustancias de desecho recogidas de las células.

#### **2.1.2.2. Glóbulos rojos**

Conocidos también como eritrocitos o hematíes son los encargados de la distribución del oxígeno. Los glóbulos rojos tienen una forma de disco bicóncavo que posee un diámetro de aproximadamente 7 micras y existen aproximadamente cinco millones por cada milímetro cúbico. No tienen núcleo, por lo que se consideran células muertas. Los hematíes cuentan con un pigmento rojizo llamado hemoglobina que acarrea el oxígeno desde los pulmones y lo transporta hacia las células de todo el cuerpo para que se mantengan vivas.

#### **2.1.2.3. Glóbulos Blancos**

También llamados leucocitos, trabajan sobre el Sistema Inmunológico realizando tareas de limpieza (fagocitos) y defensa (linfocitos). Son más grandes que los glóbulos rojos pero se hallan en mucha menor cantidad (siete mil por milímetro cúbico), son células vivas que se trasladan, salen de los capilares y su fin es destruir los microbios y células muertas que encuentran en el organismo. Adicionalmente producen anticuerpos que neutralizan los microbios para evitar enfermedades infecciosas.

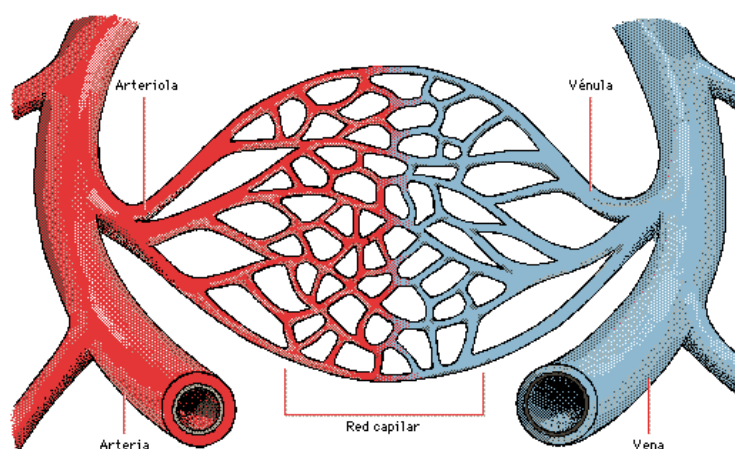
#### **2.1.2.4. Las plaquetas**

Son fragmentos de células muy pequeños, y su función es taponar las heridas y de esta manera evitar hemorragias.

Una gota de sangre contiene aproximadamente unos 5 millones de glóbulos rojos, de 5.000 a 10.000 glóbulos blancos y alrededor de 250.000 plaquetas.

### 2.1.3. Vasos Sanguíneos

Los vasos sanguíneos (arterias, capilares y venas), como se observa en la Figura 2, son conductos musculares elásticos que distribuyen y recogen la sangre de todos los rincones del cuerpo.



**Figura 2. Vasos Sanguíneos**

Fuente: [2]

#### 2.1.3.1. Arterias

Son aquellos vasos sanguíneos que llevan la sangre desde el corazón hasta los órganos corporales. Las grandes arterias que salen desde los ventrículos del corazón van ramificándose y haciéndose más finas hasta que por fin se convierten en capilares, vasos tan finos que a través de ellos se realiza el intercambio gaseoso y de sustancias entre la sangre y los tejidos. Una vez que este intercambio sangre-tejidos a través de la red capilar, los capilares van reuniéndose en vénulas y venas por donde la sangre regresa a las aurículas del corazón.

Del corazón salen dos Arterias:

- El tronco pulmonar que sale del ventrículo derecho y lleva la sangre a los pulmones.

- La aorta que sale del ventrículo izquierdo forma el arco aórtico del cual emergen arterias para cabeza, cuello y miembros superiores, posteriormente la aorta desciende como aorta torácica y al atravesar el diafragma cambia a aorta abdominal que se encarga de irrigar las estructuras abdominales. El extremo inferior de la aorta se bifurca en dos arterias ilíacas que irrigan los miembros inferiores.

### **2.1.3.2. Los Capilares**

Son vasos bastante delgados que corresponden a una subdivisión de las arterias, estos se encuentran en el interior de los órganos del cuerpo, y al reagruparse dan forma a las venas.

### **2.1.3.3. Arteriolas**

Son vasos de pequeña dimensión, como resultado de múltiples ramificaciones de las arterias. Las arteriolas reciben la sangre desde las arterias y la llevan hacia los capilares.

### **2.1.3.4. Las Venas**

Son vasos de paredes delgadas y poco elásticas que recogen la sangre y la devuelven al corazón para desembocar en los atrios. Las venas que desembocan en el atrio derecho son:

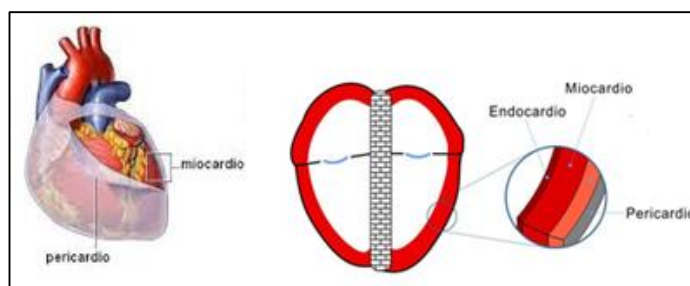
- La Cava superior formada por la unión de las venas braquicefálicas: yugulares que vienen de la cabeza y las subclavias que proceden de los miembros superiores (venas braquiales, cefálica y basílica).
- La Cava inferior está formada por la unión de las venas Ilíacas comunes que retornan sangre de los miembros inferiores (venas femorales, safena magna o interna y safena parva o externa), además los órganos del abdomen y la pelvis.

### **2.1.4. El Corazón**

Es el órgano principal del sistema cardiovascular ubicado en el centro del tórax, comprende un músculo hueco que pesa alrededor de 250 - 300 gramos. Actúa como propulsor que empuja la sangre por las arterias, venas y capilares y la mantiene en constante circulación a una presión adecuada.

Como se muestra en la Figura 3 el corazón está constituido por tres capas de diferentes tejidos que, del interior al exterior se denominan:

- **Endocardio:** está formado por un tejido epitelial de revestimiento que se continúa con el endotelio del interior de los vasos sanguíneos.
- **Miocardio:** es la capa más voluminosa, estando constituido por tejido muscular de un tipo especial llamado tejido muscular cardíaco
- **Pericardio:** envuelve al corazón completamente.



**Figura 3. Capas del Corazón**

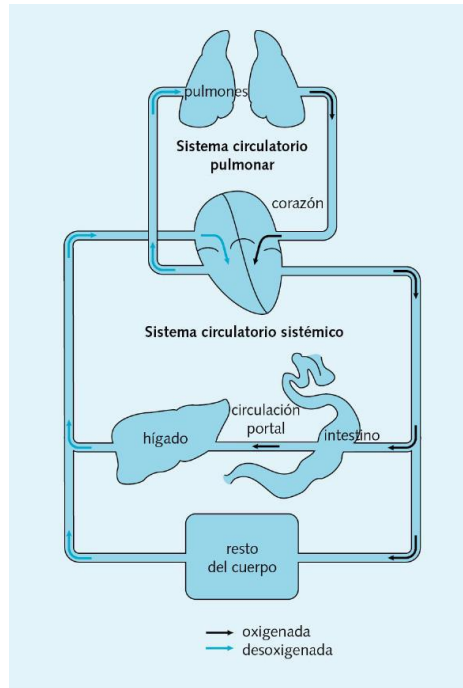
**Fuente: [2]**

El corazón está dividido en dos mitades que no se comunican entre sí y contienen una cámara de expulsión de sangre llamada ventrículo y un depósito o cámara de recepción de sangre conocido como aurícula. Cada lado se ocupa de una circulación distinta (pulmonar o sistémica), donde las células sanguíneas fluyen desde la circulación pulmonar una vez que la sangre se encuentra en la aurícula izquierda hacia la circulación sistema cuando la sangre arriba al ventrículo izquierdo. El proceso de circulación completo se describe a continuación:

El ventrículo derecho se encarga de la circulación pulmonar de forma que toma sangre de la aurícula de su mismo lado para luego llevarla hacia los pulmones donde toma el oxígeno y abandona dióxido de carbono para luego regresar hacia la aurícula izquierda del corazón a través de las venas pulmonares.

La sangre desciende desde la aurícula izquierda hacia el ventrículo izquierdo que se encarga de la circulación sistémica y permite a la sangre llegar al resto del organismo donde intercambia nutrientes por productos de desecho con los tejidos del cuerpo, para posteriormente regresar a la aurícula derecha y finalmente al ventrículo derecho. [3]

Los dos sistemas para la circulación funcionan a la vez y se hallan uno a continuación del otro asegurando el flujo de sangre en una sola dirección como se muestra en la Figura 4.



**Figura 4. Sistemas circulatorios sistémico y pulmonar**

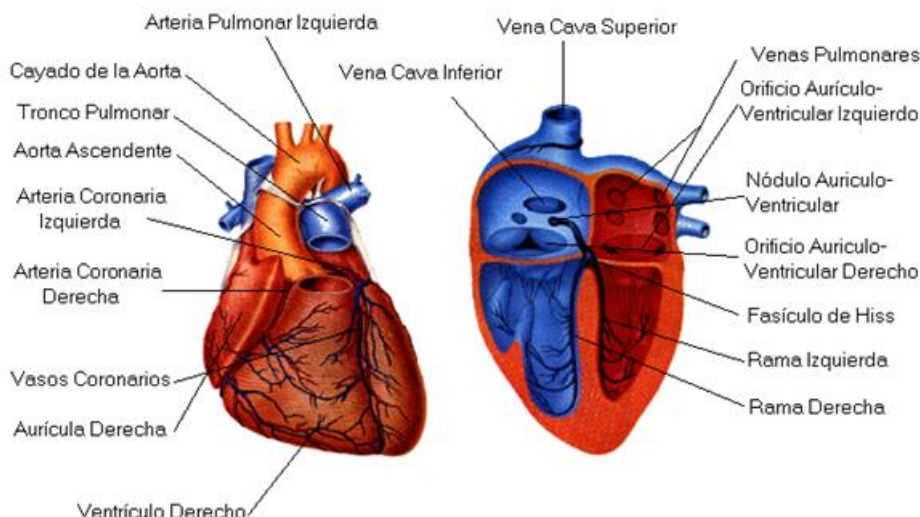
**Fuente: [3]**

#### **2.1.4.1. Estructura Interna**

La estructura interna del corazón se muestra en la Figura 5. La aurícula derecha contiene los orificios de las venas cavas superior e inferior y del seno coronario. El ventrículo derecho está separado de la aurícula derecha por la válvula tricúspide (tres cúspides o valvas) y de su tracto de salida (el tronco pulmonar) por la válvula pulmonar, que tiene tres valvas semilunares.

La aurícula izquierda contiene los orificios de las cuatro venas pulmonares en su pared posterior. Está separada del ventrículo izquierdo por la válvula mitral (bicúspide, porque tiene dos cúspides o valvas). El ventrículo izquierdo está separado de su tracto de salida (la aorta) por la válvula aórtica, que tiene también tres válvulas semilunares.

[3]



**Figura 5. Estructura Interna del Corazón**

Fuente: [2]

#### 2.1.4.2. Ciclo Cardíaco

El ciclo cardíaco es la secuencia de cambios de presión y volumen que se producen durante la actividad del corazón. Durante el reposo la frecuencia cardiaca es de 70 latidos por minuto (bpm). El ciclo cardíaco dura aproximadamente 0,85 segundos que se dividen en diástole (aproximadamente 0,6 s) y sístole (aproximadamente 0,25 s). [3]

Los ciclos se describen a continuación:

- Sístole Auricular: se contraen las aurículas y la sangre pasa de las aurículas a los ventrículos que estaban vacíos.
- Sístole Ventricular: los ventrículos se contraen y la sangre que no puede volver a las aurículas por haberse cerrado las válvulas bicúspide y tricúspide, sale por las arterias pulmonares y aorta.
- Diástole general: Las aurículas y los ventrículos se dilatan, al relajarse la musculatura, y la sangre entra de nuevo a las aurículas.
- 

#### 2.1.5. Electrofisiología Cardíaca

La electrofisiología cardiaca es la especialidad que se encarga del análisis, estudio y diagnóstico de las actividades eléctricas de las distintas regiones del corazón. Para

mayor entendimiento se describe a continuación los conceptos fundamentales de las bases electrofisiológicas.

- **Acoplamiento electromecánico:** Es la interacción entre las diferentes señales eléctricas del corazón y su movimiento, la llave de esta interacción es debido al intercambio celular de los iones de calcio. Este proceso se lo explica de mejor manera en las fases del potencial de acción.
- **Potencial de membrana en reposo:** Es aquel que se origina por las diferentes concentraciones de iones tanto en el interior como en el exterior de la célula, en los espacios intracelulares predominan los iones de Potasio ( $K^+$ ), y en los espacios extracelulares predominan los iones de sodio ( $Na^+$ ). En el estado de reposo la membrana tiene una diferencia de potencial de aproximadamente -90 mV.
- **Potencial umbral:** Este potencial esta inducido por los flujos iónicos desencadenados por la actividad espontanea o por estímulos externos, al alcanzarse este potencial se dispara el potencial de acción
- **Potencial de acción:** Este potencial describe los procesos eléctricos que se desarrollan en cada una de las células miocárdicas, al comienzo de este potencial se produce una inversión breve del voltaje (despolarización), y al final se reestablece nuevamente el potencial de la membrana de reposo a través de la repolarización.

Las fases que se producen en el potencial de acción se las puede apreciar en la Figura 6, las cuales son:

- **Fase 0 Despolarización Rápida:** Se produce el cambio repentino del potencial de reposo a la despolarización, por la entrada rápida del Sodio.
- **Fase 1 Repolarización rápida temprana:** Ocurre cuando los distintos flujos iónicos del Sodio, Potasio y Calcio condicionan el retorno al potencial positivo de membrana alcanzando el equilibrio de la tensión.
- **Fase 2 Meseta:** Su duración va de 100 a 200 ms, el cual se produce por el flujo de salida constante del Potasio, y la compensación del ingreso del Calcio. Durante esta fase la mayoría de los canales de entrada y salida del Sodio están inactivos.



- **Fase 3 Repolarización rápida tardía:** Producida por la salida continua de los iones de Potasio, lo cual causa una caída de potencial de la membrana en dirección al potencial de membrana de reposo
- **Fase 4 Potencial de membrana de reposos y despolarización:** En esta fase se intercambian los iones de Sodio por los de Potasio. Lo cual lleva a la fase inicial.

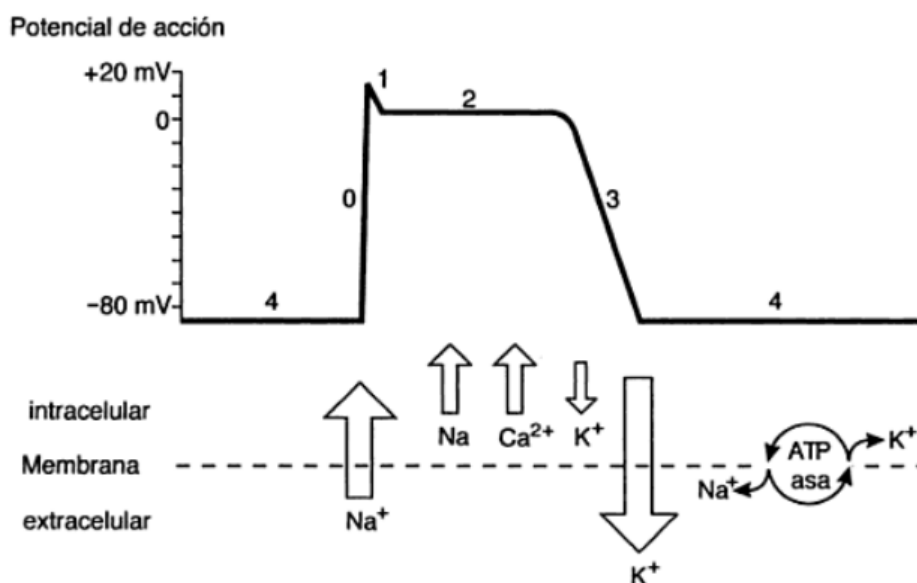


Figura 6 Fases del Potencial de Acción

Fuente: [4]

La combinación de las fases del potencial de acción genera la actividad cardíaca, la cual provoca el movimiento del corazón. [4]

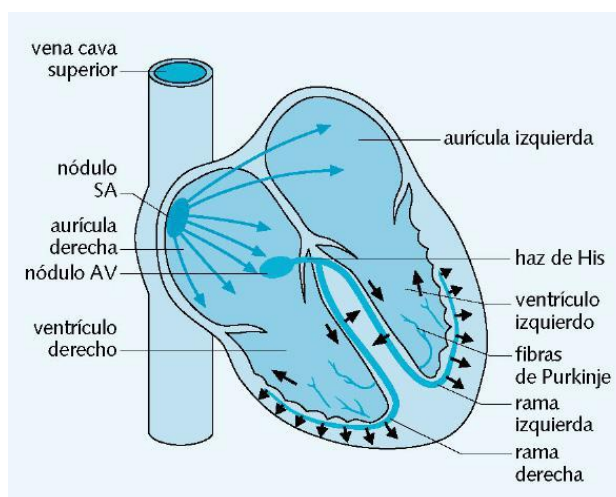
### 2.1.5.1. Actividad Cardíaca

El corazón cuenta con actividad eléctrica que funciona involuntariamente debido a que el músculo cardíaco (miocardio) es auto-excitado. La actividad eléctrica del corazón es influenciada por el control autónomo de los sistemas simpático y parasimpático, pero el miocardio late a pesar de no recibir un estímulo de los dos sistemas. Se origina en la pared posterior de la aurícula derecha dentro del nódulo sinoauricular (SA), que es también conocido como marcapasos cardíaco y que se despolariza espontáneamente.

Para que el corazón funcione con eficacia, el impulso eléctrico/potencial de acción generado por el nódulo SA debe propagarse por el corazón de forma coordinada. La

presencia de un sistema de conducción especializado que trabaja en conjunto con uniones comunicantes de baja resistencia, permiten la propagación directa de la despolarización entre las células adyacentes.

Como se indica en la Figura 7, el impulso proviene del nódulo SA y posteriormente atraviesa el miocardio auricular hasta el nódulo AV, donde la conducción se retrasa unos 100 ms para permitir que se complete la contracción auricular antes de despolarizar los ventrículos. El nódulo AV, situado en la parte superior del tabique interventricular, es el único punto donde la corriente puede atravesar el esqueleto fibroso desde las aurículas a los ventrículos (en un corazón sano). La función secundaria del nódulo AV es actuar como marcapasos de reserva en las situaciones donde el nódulo SA deje de funcionar o en las que se interrumpa la comunicación entre los nódulos SA y AV. A continuación, el impulso entra en el haz de His, que se divide en las ramas derecha e izquierda. La rama izquierda se vuelve a dividir en un hemifascículo anterior y otro posterior. Estos fascículos dan origen a fibras finas compuestas por cardiomiocitos especializados, denominados fibras de Purkinje, que penetran en el miocardio ventricular. [3]



**Figura 7. Conducción Cardíaca**

**Fuente: [3]**

### **2.1.5.2. El Electrocardiograma ECG**

El Electrocardiograma es el registro de las actividades eléctricas del corazón durante cada uno de los ciclos cardiacos; generalmente es conocido por la abreviatura

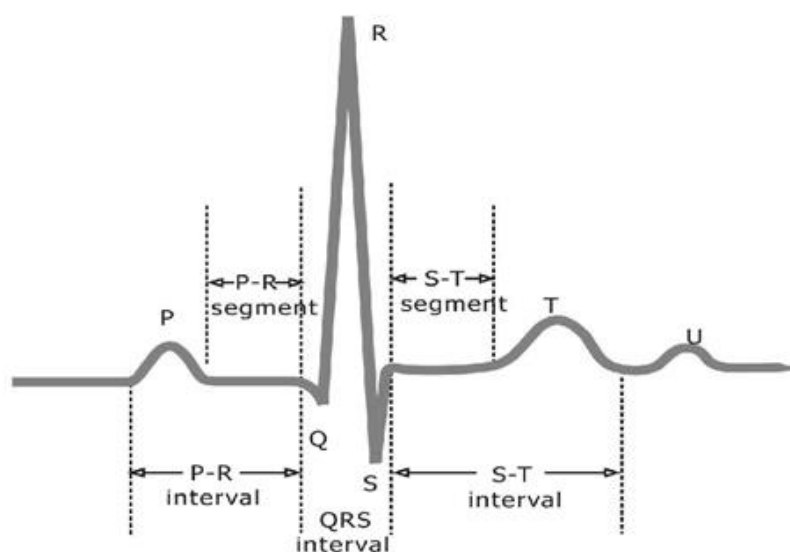
de ECG o EKG. Las señales del ECG dan a conocer la actividad bioeléctricas del corazón, brindando información esencial acerca de la función cardiaca.

#### 2.1.5.2.1. Utilidad del ECG

Un diagnóstico clínico depende de la historia clínica y exploración física del paciente. El ECG puede proporcionar datos que respalden un diagnóstico y, en algunos casos, es crucial para el tratamiento del paciente. Es el caso del diagnóstico de: arritmias cardiacas, trombosis, disnea, infartos al miocardio, entre otras enfermedades. [5].

#### 2.1.5.2.2. Componentes de la señal ECG

En la Figura 8 se distinguen cada una de las ondas, segmentos e intervalos que componen un periodo ECG normal. Las partes del ECG entre las deflexiones de la onda se denominan segmentos, y las distancias entre las ondas se denominan intervalos.



**Figura 8 Componentes de la señal ECG**

**Fuente:** [6]

A continuación se detallan los componentes más importantes de un ECG:

- **Onda P:** Es la estimulación eléctrica de las aurículas, la cual representa su despolarización y contracción. Su duración es menor de 100ms y su voltaje no excede los 2,5mV. Se lo puede interpretar de una mejor manera en el plano frontal y en el plano trasversal del corazón.

- **Intervalo PQ:** Es el intervalo de tiempo entre el comienzo de la onda P hasta el comienzo del complejo QRS, representa la propagación intracardiaca de la excitación y el tiempo de conducción del nódulo auriculoventricular; además depende de la frecuencia cardíaca; a más taquicardia del corazón más corto el intervalo PQ, y a más braquicardia en intervalo PQ es más largo. Su duración es de 120 a 200 ms.
- **Onda Q:** Es la primera oscilación negativa del complejo ventricular QRS. Su duración es menor a 30 ms y su amplitud máxima es el  $\frac{1}{4}$  de la onda R. Se lo puede interpretar de una mejor manera en el plano frontal y en el plano trasversal del corazón.
- **Onda R:** Es la primera oscilación positiva del complejo ventricular QRS en el plano frontal del corazón, representa la despolarización del miocardio ventricular.
- **Onda S:** Es la primera oscilación negativa del complejo ventricular QRS después de la onda R. Su duración es menor a 60 ms. Se lo puede interpretar de una mejor manera en el plano trasversal del corazón.
- **Complejo QRS:** Es también conocido como complejo ventricular, el cual es la propagación de los impulsos bioeléctricas desde la excitación del miocardio endocardio hasta el miocardio; representa la llegada de la señal de activación a ambos ventrículos, donde su duración es de 80 a 100ms. Se lo puede apreciar en la mayoría de las derivaciones, en las cuales su forma cambia de acuerdo a la posición del corazón.
- **Onda T:** Describe la repolarización de los ventrículos derecho e izquierdo, en la cual las células miocárdicas cambian su carga eléctrica (se hacen negativas) para poder despolarizarse de nuevo, esta onda tiene la misma dirección que el complejo QRS. Se la puede apreciar de mejor manera en el plano frontal del corazón.
- **Segmento ST:** Es aquel segmento comprendido desde el final del complejo QRS hasta el inicio de la onda T, el cual es fundamental para que los procesos electromecánicos dentro del corazón se desarrollen correctamente, durante este segmento los dos ventrículos están despolarizados por lo que no existirán oscilaciones de potenciales eléctricos.

- **Intervalo QT:** Comprende desde el inicio del complejo QRS hasta el final de la onda T y representa la despolarización y repolarización ventricular. Su duración estará entre 350 ms a 440 ms.
- **Onda U:** Es una oscilación no forzada que se encuentra a continuación de la onda T, tiene su misma polaridad; el origen de esta onda es desconocido [4].

### 2.1.5.3. Secuencia de la despolarización y repolarización del miocardio

En la Figura 9 se muestra la despolarización y repolarización del miocardio ventricular, en donde las últimas áreas miocárdicas despolarizadas son las que se repolarizan primero. Como consecuencia, la polaridad del complejo QRS y de la onda T tienen la misma dirección. El proceso que se produce en las fases es el siguiente:

- Despolarización del Tabique (1)
- Despolarización de las paredes ventriculares (2)
- Despolarización de la base del corazón (3)
- Repolarización de la base del corazón (4)
- Repolarización de las paredes ventriculares (5)
- Repolarización del Tabique (6)

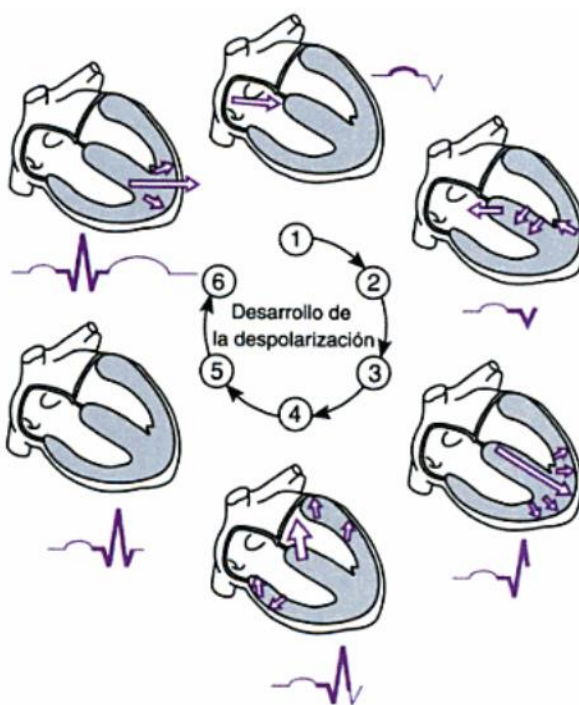


Figura 9 Formación de la señal ECG

Fuente: [4]

#### **2.1.5.4. Técnica de Registro ECG**

El registro electrocardiográfico se realiza sobre un sistema de referencia cuadrículado dividido en milímetros. Es posible calibrar el electrocardiógrafo tanto en voltaje (amplitud) como en la velocidad de registro.

El electrocardiógrafo está conformado por electrodos y un aparato de registro. Los electrodos se colocan en la piel del enfermo, en localizaciones predeterminadas de manera universal, con el fin de obtener registros comparables entre sí.

Con los cables correctamente colocados se puede obtener 12 derivaciones, de forma que cada derivación permite tener una vista parcial del corazón, obteniendo así un examen completo.

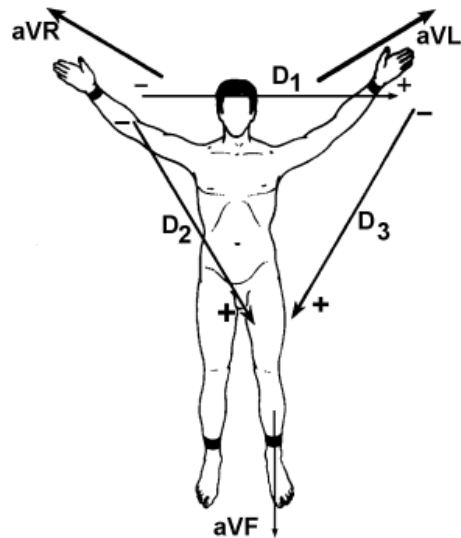
El calificativo de derivación hace referencia a la dirección en que se mide la diferencia del potencial eléctrico a través de la superficie corporal para realizar un electrocardiograma. En la realización del examen se utilizan 9 electrodos para obtener 12 derivaciones. El significado de esto se explica ya que las 3 derivaciones complementarias a las 9 se obtienen a través de las conocidas como derivaciones estándar, que son las encargadas de medir la diferencia de potencial entre pares específicos de electrodos. Es así que las derivaciones se pueden agrupar de la siguiente manera:

##### **2.1.5.4.1. Derivaciones bipolares de las extremidades**

La diferencia de potencial que muestran estas derivaciones son:

- Derivación 1: del brazo derecho (aVR) al brazo izquierdo (aVL); (aVL positivo).
- Derivación 2: del brazo derecho (aVR) a la pierna izquierda (aVF); (aVF positiva).
- Derivación 3: del brazo izquierdo (aVL) a la pierna izquierda (aVF); (aVF positiva).

Estas derivaciones, como indica la Figura 10 , visualizan el corazón en el plano frontal y constituyen el triángulo de Einthoven alrededor del corazón.



**Figura 10. Derivaciones de las Extremidades.**

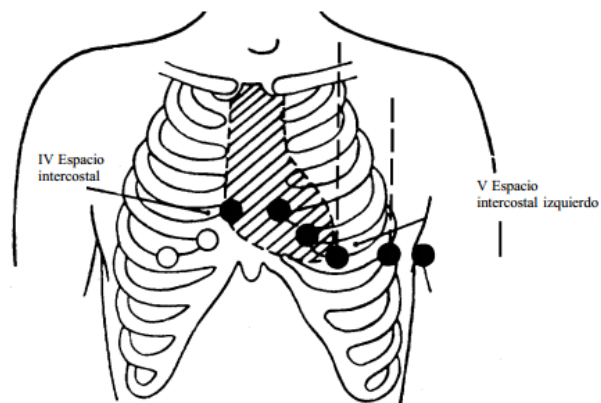
Fuente: [7]

#### **2.1.5.4.2. Derivaciones monopoles de las extremidades**

Las derivaciones monopoles miden cualquier diferencia de potencial dirigida hacia su electrodo positivo aislado desde una estimación del potencial cero. Son aVL, aVR y aVF. También visualizan el corazón en el plano frontal. [3]

#### **2.1.5.4.3. Derivaciones torácicas**

Su ubicación se especifica en la Figura 11 y corresponden a seis electrodos torácicos, denominados V1 a V6, miden cualquier cambio de potencial en el plano transversal y se disponen alrededor del lado izquierdo del tórax. También son derivaciones monopoles. [3]



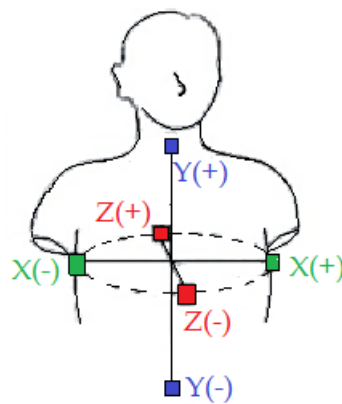
**Figura 11. Derivaciones Torácicas.**

Fuente: [7]

#### 2.1.5.4.4. Derivaciones Ortogonales

Consiste en la reconstrucción del vector cardiaco a partir de sus proyecciones en tres direcciones ortogonales (forman un ángulo de  $90^\circ$ ) X, Y, Z. Se emplea un sistema basado en derivaciones bipolares definido por Frank que presenta la proyección del extremo del vector cardiaco en los planos frontal, transversal y sagital [8]. Los electrodos de las derivaciones ortogonales se ubican de acuerdo a la Figura 12 y se describen a continuación:

- Los electrodos de la derivación “Y” se ubican en el tercio superior del esternón (positivo) y en el reborde costal izquierdo con línea axilar media (negativo).
- Los electrodos de la derivación “X” se colocan en la línea medioaxilar derecha (negativo) e izquierda (positivo).
- Los electrodos de las derivación “Z” en la región retroesternal izquierda en su tercio inferior (negativo) y el (positivo) en la espalda, justo enfrente del electrodo Z (-).



**Figura 12. Derivaciones Ortogonales**

**Fuente: [9]**



## **2.2. Fundamento Teórico para aplicaciones WEB**

El desarrollo de aplicaciones Web conlleva la integración de cada uno de los diferentes niveles de Software que darán una estructura clara, ordenada y flexible a la aplicación. En los niveles bajos de la aplicación se tendrán los sistemas Operativos y las plataformas Web. Dentro de las plataformas Web se desarrollaran las aplicaciones, tales que deben cumplir con una metodología Web de diseño basado en frameworks y CMS (Sistemas de Gestión de Contenidos).

Por otra parte es fundamental regirse a normas y aspectos de diseño Web, permitiendo que la aplicación sea flexible, optima, clara y ordenada. Finalmente el uso de bases de datos permitirá al usuario una gestión fácil y ordenada de la información, optimizando recursos y ampliando la capacidad de almacenamiento de los Datos.

### **2.2.1. Plataformas WEB**

Las Plataformas Web es un software utilizado para el desarrollo de aplicaciones donde se diseñan y ejecutan sitios Web. En estas se pueden crear una gran cantidad de opciones dependiendo el tipo de usuarios.

#### **2.2.1.1. Clasificación de las Plataformas Web**

En la actualidad se han creado diversas clases de plataformas Web, las cuales se clasifican de acuerdo al nivel de acceso que se tiene al código del Software (libre o de propietario), teniendo los dos siguientes tipos:

- LAMP (Linux, Apache, MySQL, PHP/Perl/Python): Funcionan bajo un esquema de código abierto (Los usuarios tiene libre acceso al código de programación del Software). Las plataformas LAMP no están sujetas a restricciones del propietario; se las adquiere a bajos costos y tiene una velocidad superior y mejor tiempo de actividad que los que poseen los S.O. de Windows
- WISA (Windows, IIS, SQL, APS): Son plataformas más costosas y proporcionan un mayor nivel de soporte que las plataformas LAMP. Las plataformas WISA proporcionan un mayor nivel de robustez en aplicaciones basadas en Intranet, y son desarrolladas por la compañía de Microsoft

Así mismo se tienen otras plataformas que trabajan con otros sistemas operativo empleando Sistemas Operativos (Unix, MacOS, Solaris), Servidores web (Lighttpd y LiteSpeed), bases de datos (Postgre SQL) y diversos lenguajes de programación. [10]

### **2.2.1.2. Componentes Básicos de una plataforma Web**

Una plataforma Web está conformada por elementos que son indispensables en su estructura. Si uno de esos componentes faltara, la plataforma dejaría de funcionar. Los componentes básicos de una plataforma Web son:

- Sistema Operativo
- Servidor Web
- Sistema Manejador de Base de Datos
- Lenguaje de programación Interpretado

#### **2.2.1.2.1. Sistema operativo:**

El sistema operativo es el software más importante de un computador que permite la gestión de los sistemas informáticos, manejando cada uno de los recursos del hardware y software para crear una interfaz entre los programas, el hardware y el usuario. En referencia a las plataformas Web, en el sistema operativo se hospedarán las páginas Web.

Entre las principales funciones de un sistema operativo se tiene:

- Provee un ambiente adecuado de trabajo para el Usuario
- Gestiona y Hace uso eficiente del hardware
- Administración de Recursos
- Controla las operaciones de entrada y salida
- Ayuda a la recuperación de errores que puedan ocurrir en la ejecución de un programa
- Asegura el buen funcionamiento entre el usuario y los programas, para que no exista conflicto entre ellos
- Es responsable de la seguridad, evitando que los usuarios no autorizados accedan y modifiquen el sistema.

Entre las características básicas que debe cumplir un sistema operativo son: debe ser eficiente, conveniente, tener capacidad para evolucionar, ser capaz de administrar el hardware eficazmente, relacionar dispositivos y ejecutar algoritmos. [11]

Los sistemas Operativos se clasifican de acuerdo al número de usuarios, número de procesadores, capacidad de procesamiento y estructura de distribución. A continuación se listan los diferentes tipos de sistemas Operativos:

- **Monousuario/Multiusuario:** Se tiene acceso a un solo usuario o a varios de ellos que pueden acceder al mismo tiempo a cada programa compartiendo recursos del computador.
- **Monoprocesador/Multiprocesador:** Se refiere al aprovechamiento de la capacidad del procesador, ya sea solo un CPU o varios a la vez
- **Monotarea/Multitarea:** Ejecuta uno o varios programas al mismo tiempo.
- **Centralizado/Distribuido:** En un sistema centralizado el sistema Operativo trabaja con un solo computador, mientras en el distribuido se conectan varios sistemas autónomos donde los usuarios pueden acceder a cualquier recurso ya sea remoto o propio. [12]

#### **2.2.1.2.2. Servidor web**

Un servidor Web es un programa que aloja sitios y aplicaciones Web, atendiendo y respondiendo las peticiones del navegador. El servidor Web proporciona los recursos solicitados por los clientes, mediante el uso del protocolo de comunicación HTTP (hypertext markup language) y HTTPS (Versión del Protocolo HTTP cifrada y autenticada).

Los servidores manejan las peticiones a través de equipos remotos por la Internet; en el caso de páginas estáticas, el servidor web provee el archivo solicitado. En los sitios dinámicos el servidor entrega las solicitudes a otros programas que puedan manejarlas de una mejor manera. Los servidores pueden disponer de un intérprete de otros lenguajes de programación que ejecutan código embebido dentro del código HTML de las páginas que contiene el sitio antes de enviar el resultado al cliente.

El Esquema de funcionamiento básico de un servidor Web es el siguiente:

- Espera peticiones

- Recibe una petición.
- Busca el recurso.
- Envía el recurso utilizando la misma conexión por la que recibió la petición.
- Vuelve al recibir la petición

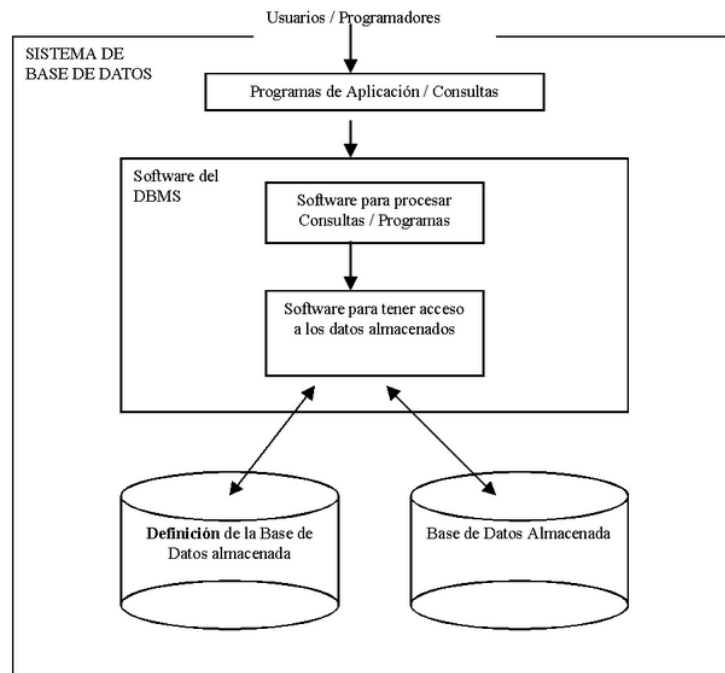
### **2.2.1.2.3. Sistema manejador de bases de datos (DBMS)**

Es un software muy específico que actúa como interfaz entre la base datos, el usuario y los programas utilizados. El DBMS se encarga de almacenar sistemáticamente un conjunto de registros de datos relacionados para ser usados posteriormente.

El objetivo de un DBMS es el manejo claro, ordenado y sencillo de los datos, estableciendo controles de seguridad de los datos y permitiendo accesos concurrentes. Las funciones principales que el sistema manejador de base de datos realiza son:

- Manejo del Diccionario de datos
- Transformación y presentación de los datos
- Control de concurrencia
- Integridad de los datos
- Lenguaje de accesos a la base de datos
- Interfaz para la comunicación de los datos
- Respaldo y recuperación de los datos

En la Figura 13 se observa el nivel en el que se encuentra el DBMS, donde el usuario realiza las consultas que requiere. Posteriormente las consultas son procesadas por aplicaciones especializadas (MySQL, Postgre, etc.). Este tipo de Softwares permiten el acceso y la gestión de los datos almacenados. [13]



**Figura 13 Sistema de la Base de Datos**

**Fuente: [14]**

#### **2.2.1.2.4. Lenguaje de programación interpretado**

Es aquel lenguaje que se diseñó para ser ejecutado por medio de un intérprete (programa que ejecuta y lleva a cabo instrucciones escritas en lenguaje de programación), es decir, que no requiere de un compilador (Programa que traduce las instrucciones de programación, para posteriormente ser ejecutadas). El lenguaje interpretado permite al usuario el control de las aplicaciones del software que corren en el sitio Web de una manera rápida y optimizando recursos.

Como características se tiene:

- Posee Scripts que son interpretados en tiempo real por el intérprete
- Maximiza la eficiencia de los programas en la mayoría de los casos
- Son de alto Nivel
- Están orientados a objetos y eventos
- Facilitan la programación web y la programación cliente/servidor [15]

#### **2.2.2. Servicios de un Servidor**

Los servicios de un servidor están directamente relacionados con la aplicación a la que se enfocan, distinguiéndose así los siguientes tipos:

### **2.2.2.1. Servidor de Aplicaciones**

En un software que proporciona los servicios claves a cada una de las aplicaciones que se encuentran en el sistema para sus clientes, dando los siguientes servicios:

- Agrupa recursos
- Comunica asincrónicamente del software
- Provee interfaces de servicios Web
- Servicio de detección de errores y estado de las aplicaciones
- Seguridad de acceso

### **2.2.2.2. Servidor de Correo**

Es un software ubicado en internet, cuya función es gestionar los correos electrónicos de los clientes, mediante el almacenamiento, envío, recepción, enrutamiento de estos.

### **2.2.2.3. Servidor de Imágenes**

Son servidores especializados en la gestión de las imágenes, almacenando gran cantidad de imágenes sin consumir los recursos del servidor web en relación al aspecto de memoria.

### **2.2.2.4. Servidor de Audio/Video**

Son aquellos que permiten la reproducción de multimedia en los sitios web de una forma continua y sin la necesidad de descargar previamente la música o los videos.

### **2.2.2.5. Servidor de Archivos**

Estos servidores tienen la función de almacenar diferentes clases de archivos, los cuales serán enviados a los clientes de la red.

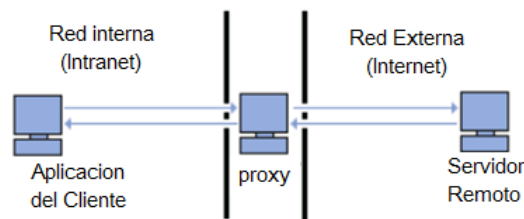
### **2.2.2.6. Servidor de Chat**

Son aquellos que permiten el intercambio de información entre una gran cantidad de clientes, permitiendo la posibilidad de conversaciones en tiempo real.

### **2.2.2.7. Servidor Proxy**

Es un programa o equipo que actúa como intermediario entre un explorador Web e Internet, estos servidores incrementan el rendimiento en Internet debido a que almacenan una copia de las páginas Web más utilizadas.

Su principio básico de operación es actuar como un representante una aplicación efectuando solicitudes en Internet en su lugar. En la Figura 14 se muestra el concepto de un servidor Proxy.



**Figura 14 Proxy en una aplicación Cliente-Servidor**

Fuente: [16]

#### **2.2.2.8. Servidor Web**

Un servidor Web es un programa en el cual se alojan sitios y aplicaciones, el cual atiende y responde las peticiones del navegador, proporcionando los recursos solicitados mediante el uso del protocolo de comunicación HTTP y HTTPS.

#### **2.2.2.9. Servidor de acceso remoto (RAS)**

Son servidores que combinan software y hardware, los cuales controlan los canales de comunicación de una red para que las peticiones se conecten con la red desde una posición remota, para lo cual hace los procedimientos necesarios como reconocimiento, autenticación de usuarios, etc. para registrar a un usuario en la red.

#### **2.2.2.10. Servidor FTP**

Son servidores que utilizan protocolos FTP (Protocolo de Traslferencia de Archivos) para que el cliente transfiera archivos desde y hacia el servidor, FTP no lleva ningún tipo de encriptación, lo cual permite tener la máxima velocidad de transferencia de archivos.

#### **2.2.2.11. Servidor de Base de Datos**

Son servidores que proveen servicios de una base de datos a los clientes (computadoras, programas, servidores, etc.), para lo cual el servidor permite el acceso simultáneo de muchos clientes, y al mismo tiempo garantiza la seguridad e integridad de los datos.

#### **2.2.2.12. Servidor de seguridad**

Es un sistema diseñado para restringir el acceso no autorizado a una red privado, actuando como límite de protección entre una red local y el Internet. Se puede implementar servidores de seguridad en hardware, software o en ambos los cuales son utilizados de forma frecuente para que los usuarios de Internet no autorizados tengan acceso a redes privadas conectadas a Internet.

#### **2.2.2.13. Servidores Dedicados**

Son servidores los cuales se reservan para satisfacer determinadas necesidades de la red, en estos solo se ejecuta un programa en particular, por ejemplo servidores de impresión, correo, imágenes, etc.

#### **2.2.2.14. Servidores no dedicados**

Son servidores que ejecutan varias aplicaciones, por lo que son capaces de realizar múltiples tareas, reduciendo su velocidad de respuesta. [17]

### **2.2.3. Metodologías Web**

Para establecer un proceso de diseño adecuado para una aplicación web, es necesario la elección y seguimiento de una metodología acorde a las necesidades del servidor y el cliente específicos.

Para ello se investigó e identificó como las principales metodologías para el desarrollo Web a las siguientes:

- WebML
- UWE
- WSDM
- OOHMD
- SCRUM



El objetivo común a todas ellas es que una aplicación Web debe desarrollarse a partir de una descripción en forma de un Esquema Conceptual que finalmente se transforma en software, mediante un conjunto de correspondencias entre las condiciones establecidas en forma de concepto y los componentes de la programación.

### 2.2.3.1. Lenguaje de Modelado Web (WebML)

Es una notación que describe de manera conceptual el diseño de sitios Web. WebML realiza una estructura de la navegación y presentación al utilizar diferentes herramientas gráficas para elaborar un diseño adecuado que brinde las especificaciones y procesos necesarios.

Su ejecución se realiza en 4 fases establecidas como modelos y corresponden a:

- **Modelo de Datos:** a través de la ayuda de herramientas CASE (Computer Aided Software Engineering) o conocidas como herramientas para desarrollo de software asistido por computadora, se realiza el modelado de una estructura estática del sistema, definiendo contenedores de datos y las relaciones que existen entre ellas, haciendo uso de diagramas de Entidad Relación o Diagramas de clases.
- **Modelo de Hipertexto:** corresponde a la elaboración de diferentes hipertextos (herramientas de software para compartir información) que representan vistas del sitio web desarrollado. Define dos modelos: el modelo de composición para establecer la estructura conceptual del sistema y el modelo de navegación, que maneja la forma en que se puede navegar a través de las vistas diseñadas.
- **Modelo de Presentación:** establece la apariencia visual que tendrán las vistas que forman parte del sitio web.
- **Modelo de Personalización:** define la forma en que el sistema se adapta a los roles de usuario [18].

Diseño de aplicaciones web basadas en arquitecturas orientadas a servicios (AOS), utilizando WebML

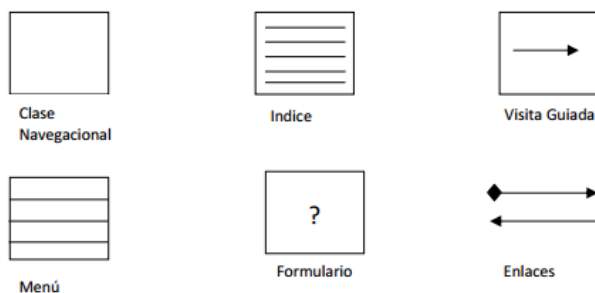
### 2.2.3.2. Ingeniería Web Basada en UML (UWE)

Es una metodología de desarrollo adaptado a aplicaciones Web basado en lenguaje de modelado de sistemas de software UML (Unified Modeling Language), por ser el más difundido en el mundo. Además de la notación UML, utilizan el proceso unificado de desarrollo de software (Rational Unified Process o RUP) para aplicaciones de contenido interactivo. La estrategia de diseño UWE se basa en la construcción de los modelos conceptual y de procesos durante una fase conocida como análisis.

UWE utiliza clases específicas de procesos como un modelo separado, que brinda una interfaz al modelo de navegación.

Su proceso de diseño se describe a continuación:

- Análisis de requisitos: El análisis de requisitos se realiza en directa relación con los casos de uso del sistema.
- Diseño conceptual: Se representa el problema con un diagrama de clases con notación UML como la que se muestra en la Figura 15. Los casos establecidos en el análisis de requisitos son la base para elaborar tarjetas Clase-Responsabilidad-Colaborador (CRC), identificar verbos y sustantivos u otras técnicas que permiten determinar las clases, métodos y atributos.
- Diseño navegacional: se divide en dos etapas que son la definición del espacio de navegación y el diseño de las estructuras de navegación.
- Diseño de la presentación: El modelo de presentación en UWE está relacionado con los elementos de las interfaces definidas en HTML. Estos elementos también están definidos como estereotipos de UML. Los elementos del modelo de presentación son: anclas, entradas de texto, imágenes, audio y botones. Cada clase del modelo navegacional tiene asignada una clase del modelo de presentación. [19]



**Figura 15. Notación UWE**

**Fuente: [19]**

### 2.2.3.3. Método de diseño para Sitios Web (WSDM)

Es un Método de Diseño para Sitios Web que prioriza al usuario y define los objetos de información de acuerdo a un análisis de requisitos provenientes de la aplicación final. Es así que se define una aplicación Web tomando en cuenta los grupos de usuarios pertenecientes al sistema.

Se distinguen cuatro fases para el desarrollo del método:

- **Modelo de usuario:** se encarga de identificar los posibles perfiles de usuario necesarios para la aplicación requerida, tomando en cuenta la funcionalidad que se desea brindar.
- **Diseño conceptual:** se lleva a cabo el desarrollo del modelado conceptual, esto consiste en el diseño de objetos y la navegación a la vez.
- **Diseño de la implementación:** Se realiza el desarrollo del plan para la elaboración del sitio web, modelando la interfaz de cada usuario.
- **Implementación:** Se refiere a la realización de un plan para la publicación de la página web.

WSDM contiene tres tipos de componentes de navegación, cada uno con tres capas: contexto, la navegación y capas de información. El contexto es la capa superior de la navegación y a su vez la de información es la capa inferior. La capa de navegación conecta la capa de contexto y la capa de información [20].

### 2.2.3.4. Método de Diseño Hipermedia Orientado a Objetos (OOHDM)

OOHDM se caracteriza por tener un modelo orientado a objetos en el desarrollo de contenido interactivo para la WEB. En OOHDM se modela la navegación a través del diagrama de clases de navegación y del diagrama de contextos. El modelo OOHDM busca esquemas que permitan mapear las bases del diseño en ambientes de implementación. [19]

Las etapas de diseño son desarrolladas de acuerdo a prototipos con la principal idea de permitir una fácil interacción y corresponden a:

- Diseño Conceptual
- Diseño Navegacional
- Diseño de Interfaz Abstracta

➤ Implementación

#### **2.2.4. Aspectos de Diseño WEB**

El diseño orientado a la WEB es una herramienta que realiza la planificación, diseño e implementación de sitios y páginas web de manera organizada y enfocada al usuario. El desarrollo de las aplicaciones gira en torno a conceptos de navegabilidad, interactividad, usabilidad e información estructurada y complementariamente el uso de medios de audio, texto, imagen y video.

La unión de un buen diseño gráfico con una jerarquía bien elaborada de contenidos aumenta la eficiencia de la web como canal de comunicación e intercambio de datos, que brinda posibilidades como el contacto directo entre el productor y el consumidor de contenidos, característica destacable del medio Internet.

##### **2.2.4.1. Diseño Gráfico para web**

El diseño gráfico para web se ha convertido en un importante campo de interés, concentrando elementos visuales para pantalla de computador de forma organizada para transmitir información en base a una estructura jerárquica, valiéndose de los recursos propios del diseño gráfico.

Forma parte del diseño multimedia, se fundamenta en la aplicación de los principios o directrices básicas del diseño a un nuevo espacio, conocido como el ciberespacio que tiene características que lo hacen único, ya que reúne la posibilidad de la interactividad con la multimedia. [21]

##### **2.2.4.2. Diseño Web y Estándares**

Es necesario que los sitios desarrollados y sus contenidos cumplan con estándares que aseguren que la mayor parte de los usuarios pueden tener la capacidad de ingresar e interactuar con su información. Basados en esto se busca los siguientes objetivos:

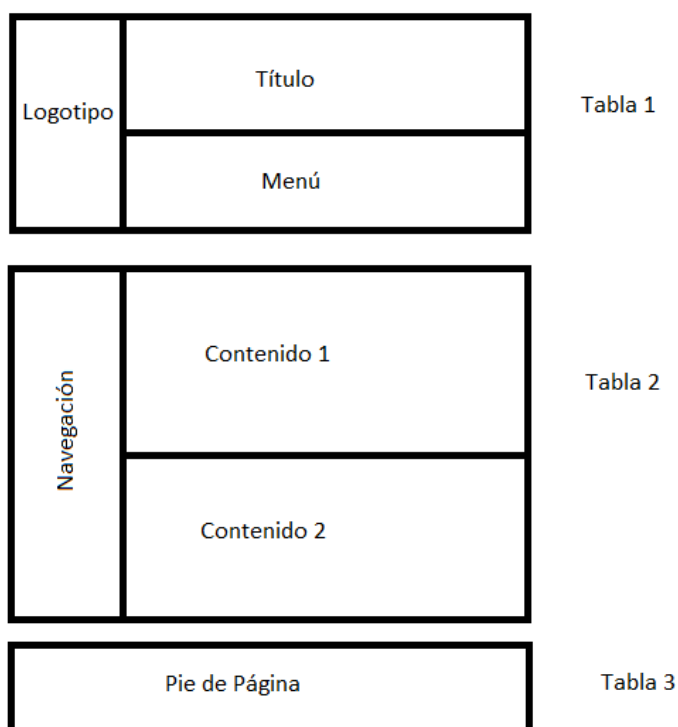
###### **2.2.4.2.1. Diseño para el Acceso Rápido**

Los tiempos de respuesta de los sitios en el Internet son tan importantes como la facilidad con la que el usuario puede acceder a los contenidos. El diseño para un acceso rápido considera los siguientes aspectos:

- Que las páginas se desplieguen rápidamente y sin dificultades técnicas en los computadores de los usuarios.
- Que las páginas puedan ser visualizadas por los usuarios de la misma manera en que sus autores las han construido.

De esta manera se definen cuatro áreas de recomendaciones que son:

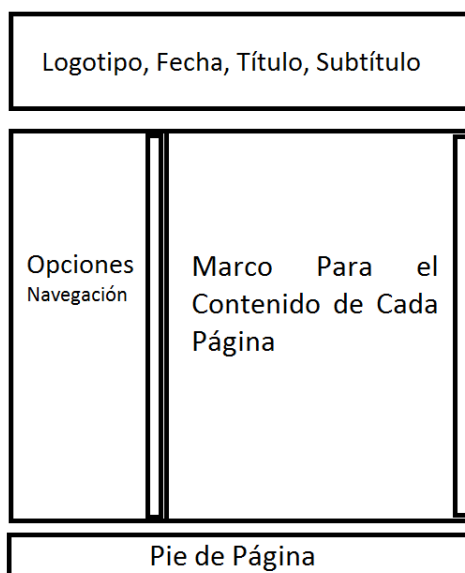
- **Peso de las Páginas Ligeras:** los sitios web deben tener un peso máximo permitido por página que no supere una cantidad razonable de kilobytes (kb) que impidan su visualización. Las normas internacionales al respecto indican que un usuario no esperará más de 5 segundos para que aparezca algo visible, 10 segundos para que aparezca algo legible y 30 segundos hasta hacer un clic hacia otra parte del sitio.
- **Diagramación de las Páginas:** es recomendable utilizar nuevas guías como las Hojas de Estilo en Cascada (CSS), además del desarrollo del contenido en tablas que definan el lugar que ocupa cada elemento dentro de la página. En la Figura 16 se puede ver un ejemplo de la distribución del sitio de acuerdo a una hoja de estilo con tres tipos de tablas.



**Figura 16. Distribución de Contenido en Tablas**

Fuente: [22]

- Uso de Marcos o Frames: esta herramienta consiste en diseñar un grupo de varios archivos para que se desplieguen de manera simultánea en diferentes páginas, permitiendo a los usuarios ver varios contenidos al mismo tiempo. En la Figura 17 se observa cómo se hace el despliegue de un framework de ejemplo:



**Figura 17. Ejemplo de un Frame para Páginas Web**

**Fuente:** [22]

- Uso de “meta tags” Adecuados: Son anotaciones escritas en lenguaje HTML ubicadas en la parte superior del código fuente de cada página, encargadas de la designación de los sistemas de indexación y búsqueda del contenido adecuado. Obedecen a un estándar definido por el World Wide Web Consortium (<http://www.w3c.org>) por lo que su uso está regulado y define información específica sobre la página como el título, autor, descripción, idioma, entre otros.

#### **2.2.4.2.2. Normas para Incorporar Elementos Gráficos y Multimedia**

En este aspecto es recomendable seguir las siguientes normas:

- Optimizar el peso de las imágenes o reducir el número de colores disponibles y la resolución (72 dpi es la norma).
- Elegir el formato adecuado (formato GIF, JPG, etc.).
- Utilizar un solo directorio para almacenar las imágenes.

- Ofrecer plugins: cuando se utilizan archivos multimedia que requieren el uso de plugins.
- Indicar el peso de los archivos cuando se ofrecen elementos gráficos o audiovisuales.

#### **2.2.4.2.3. Interoperabilidad**

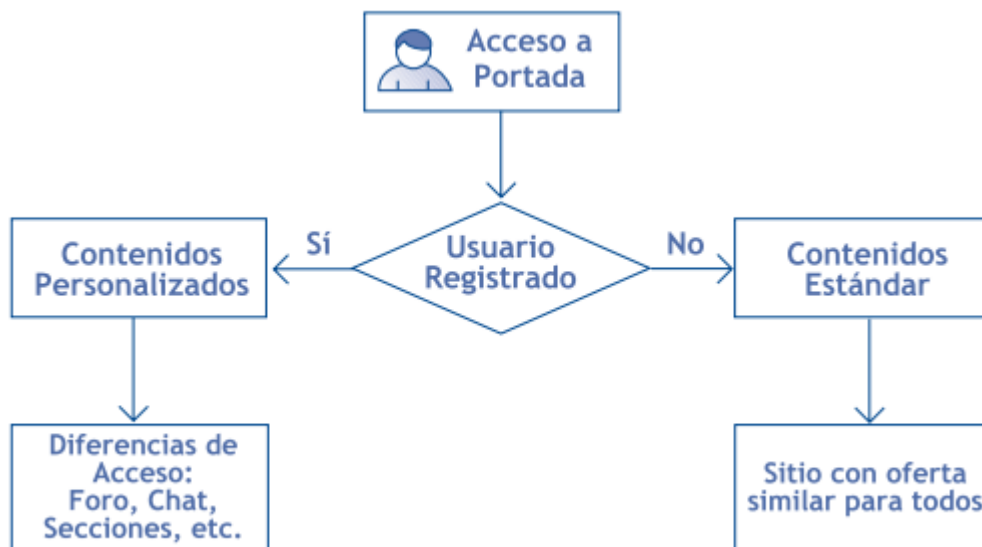
El sitio web debe ser accesible desde diferentes sistemas operativos sin mayor complicación e independiente de las características que posee cada usuario en su dispositivo. Por ello se recomienda:

- Utilizar código HTML estándar
- Realizar pruebas de funcionamiento en los principales navegadores como Google Chrome, Mozilla, Opera y Safari.
- Asegurarse de que el sitio puede ser visualizado aun cuando no se cumplen ciertas condiciones mínimas, como con versiones antiguas de un programa visualizador.

#### **2.2.4.2.4. Desarrollo de Diagramas de Interacción**

Con el fin de planificar y elaborar una adecuada experiencia del usuario, es recomendable la aplicación de diagramas de interacción, mediante los cuales se representan gráficamente las posibilidades de navegación y acceso a los datos que tiene un usuario dentro del Sitio Web.

Como se puede apreciar en el ejemplo de la Figura 18, se define un esquema con las opciones que puede tomar un usuario que accede al sitio WEB y la forma en que el sistema responderá sus solicitudes en base a una navegación predefinida.



**Figura 18. Diagrama de interacción para el usuario**

Fuente: [22]

Este diagrama permite definir concretamente las pantallas a desarrollar y los elementos que debe contener para satisfacer las necesidades del respectivo usuario.

#### 2.2.4.2.5. Pruebas de Sistemas e Interfaces

Cuando se han generado las interfaces de un Sitio Web y antes de hacer la puesta en marcha del mismo, es necesario realizar pruebas que permita asegurarse que los usuarios van a comprender la información, los contenidos y funcionalidades que se están ofreciendo. Las pruebas de usabilidad tienen como fin revisar una serie de factores para establecer si cumplen con las necesidades de los usuarios del sitio

Con esta información, es posible rehacer o corregir partes del sitio web para facilitar la siguiente etapa de trabajo. [22]

Las pruebas de usabilidad son efectuadas con usuarios y tienen el objetivo de determinar si la organización de los contenidos y las funcionalidades que se ofrecen desde el Sitio Web son entendidas. [22]

Las pruebas tradicionales son:

- Prueba Inicial: para ver cómo funciona la organización de contenidos y elementos iniciales de diseño (botones, interfaces).



- Prueba de Boceto Web: para ver si se entiende la navegación, si se pueden cumplir tareas y si el usuario entiende todos los elementos que se le ofrecen.

### **2.2.5. Frameworks**

En general Framework corresponde a una estructura de software formada por un conjunto de patrones y criterios estandarizados; estos poseen la característica de ser configurables con el fin de solucionar problemas comunes de manera más sencilla y eficaz durante el desarrollo de una aplicación.

El objetivo de los frameworks es brindar una base común que le permita al programador acceder a la opción de reutilizar un conjunto del código en distintas partes del proyecto, además de incentivar el uso de buenas prácticas para la elaboración de aplicaciones.

#### **2.2.5.1. Tipos de frameworks**

Existen diferentes formas en las cuales clasificar a los Frameworks, por ejemplo se puede mencionar que de acuerdo a su aplicación final se clasifican en:

- Orientados a la interfaz del usuario (frontend)
- Orientados a la parte lógica y el control de eventos (backend)
- También se los puede organizar de acuerdo al alcance que permiten al usuario, por ello se destacan los siguientes:
  - Verticales: permiten realizar una tarea. Suelen ser muy completos por lo que sobrepasan muchas veces el ámbito del proyecto.
  - Horizontales: permiten realizar una aplicación completa. Requieren que el desarrollador se adapte al modelo de trabajo del Framework.

#### **2.2.5.2. Características**

**Las características más comunes de los frameworks se resumen en la**

**Tabla 1 Características de los Frameworks**

Abstracción de direcciones del sitio y sesiones.	No es necesario manipular directamente las direcciones de las páginas desarrolladas ni las sesiones, el framework ya se encarga de hacerlo.
Acceso a datos	Incluyen las herramientas e interfaces necesarias para integrarse con herramientas de acceso a datos, en BBDD, XML, etc.
Controladores	La mayoría de frameworks implementa una serie de controladores para gestionar eventos, como una introducción de datos mediante un formulario o el acceso a una página. Estos controladores suelen ser fácilmente adaptables a las necesidades de un proyecto concreto.
Autenticación y control de acceso	Incluyen mecanismos para la identificación de usuarios mediante login y password y permiten restringir el acceso a determinadas páginas a determinados usuarios.
Separación entre diseño y contenido.	Definen conjuntos de modelos separados, cada uno de los cuales contiene una parte de la aplicación para una mejor comprensión de la estructura del programa.

Fuente: [23]

### 2.2.6. Sistemas de Gestión de Contenidos (CMS)

Son programas que permiten crear y administrar frameworks para páginas Web. Los CMS consisten en una interfaz que controla de una a varias bases de datos donde se tiene la información del sitio; permitiendo manejar de forma independiente el contenido y el diseño del sitio.

Una herramienta CMS generalmente estará compuesta por una interfaz basada en formularios, a los que habitualmente se accede con el navegador, los cuales se pueden dar de alta de manera fácil a los contenidos. Esos contenidos luego aparecerán en la página en los lugares donde se ha indicado al darlos de alta. Por lo tanto, un CMS estará compuesto de dos partes:

- Back: Es la parte donde los administradores publican las informaciones
- Front: Es la parte donde los visitantes visualizan las aplicaciones

#### 2.2.6.1. Capas de un CMS

Un CMS está compuesto por tres capas, las cuales son:

- **Base de Datos:** Es en donde se tendrá guardado todo el contenido que se ha escrito en la web, así como también de los parámetros de configuración, categorías, organización, usuarios y contraseñas; entre los sistemas más utilizados se tiene a MySQL o Postgre.
- **Programación:** Se encuentra almacenada en el fichero de la Web, los cuales se ejecutan cuando los usuarios solicitan información por medio del navegador. El lenguaje de programación más común es el PHP.
- **Diseño:** Es el cual define el diseño de la web, en la cual se insertara el contenido que la programación se encarga de extraer de la base de datos. El lenguaje de programación es el HTML y CSS (complementado en ocasiones con javascript y AJAX), generalmente los CMS tienen un diseño básico establecido, los cuales pueden ser plantillas gratuitas o de pago. [24]

#### **2.2.6.2. Gestión de Usuarios de un CMS**

De acuerdo a la plataforma que se escoja trabajar se podrán escoger diferentes niveles de acceso para los usuarios; los cuales pueden ser desde administrador hasta el usuario que visualiza la página. Dependiendo de la aplicación podrá haber varios permisos intermedios que permitan la edición del contenido, la supervisión y reedición del contenido de otros usuarios.

El CMS permite controlar y manejar cada paso de la publicación de contenidos, entre los pasos se tiene la publicación de documentos en uno o más sitios Web. Un ejemplo de estos sistemas es un Blog donde un usuario publica mediante formularios el contenido deseado, pudiendo editarlo en cualquier momento mediante el uso de formularios.

#### **2.2.6.3. Tipos de Gestores de Contenidos:**

Los Gestores de contenidos se pueden clasificar de acuerdo a dos diferentes criterios como se detalla a continuación [25]:

##### **2.2.6.3.1. Por sus Características**

- Según el lenguaje de programación empleado como: Active Server Pages, Java, PHP, ASP.NET, Ruby On Rails, Python

- Según la licencia: Código abierto o Software propietario

#### **2.2.6.3.2. Por su Uso y Funcionalidad**

- Blogs; pensados para páginas personales.
- Foros; pensados para compartir opiniones.
- Wikis; pensados para el desarrollo colaborativo.
- Enseñanza; plataforma para contenidos de enseñanza on-line.
- Comercio electrónico; plataforma de gestión de usuarios, catálogo, compras y pagos.
- Publicaciones digitales.
- Difusión de contenido multimedia.
- Propósito general.

#### **2.2.7. Bases de Datos**

Un sistema gestor de bases de datos consiste en una colección de datos interrelacionados y un conjunto de programas para acceder a dichos datos. La colección de datos, normalmente denominada base de datos, contiene información relevante.

El objetivo principal del sistema gestor de bases de datos es proporcionar una forma de almacenar y recuperar la información de manera práctica y eficiente para reducir la carga computacional. [26]

##### **2.2.7.1. Modelos de datos**

Corresponden a un conjunto de conceptos que son la base para el diseño de una aplicación a través de la descripción de los datos, las relaciones y las demás propiedades estáticas, dinámicas y de integridad que rigen la estructura de una base de datos.

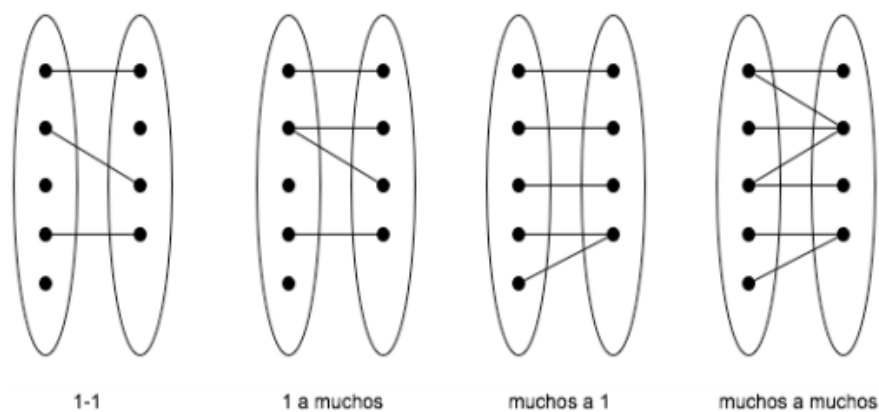
Se clasifican en tres grupos diferentes: modelos lógicos basados en objetos, modelos lógicos basados en registros y modelos físicos

##### **2.2.7.1.1. Modelo entidad relación**

Consiste en una abstracción del mundo real conformado por una lista de objetos principales llamados “entidades”, y las relaciones entre ellas. La entidad se puede calificar como cualquier objeto distinguible de otro como percepción de la realidad.

Su descripción dentro de una base de datos se compone de un conjunto de atributos. Comúnmente existe un atributo extra que identifica específicamente a cada elemento creado, esto considerando que el resto de atributos podrían ser iguales o similares entre distintos elementos.

Las relaciones son el vínculo que existe entre dos o más entidades y se definen por la cardinalidad correspondiente, esta determina si una entidad se relaciona con una o con varias de acuerdo al conjunto de relaciones que posee, tal como se ejemplifica en la Figura 19.



**Figura 19. Cardinalidad de las Relaciones**

**Fuente: [26]**

### **2.2.7.1.2. Modelo Relacional**

El modelo relacional utiliza un grupo de tablas que contienen datos y que mantienen relaciones entre ellas. Las tablas están conformadas por varias columnas que poseen un nombre único cada una [26].

Utiliza registros con formato único para cada tabla que conforma la base de datos, cada tabla contiene los atributos de sus registros.

### **2.2.7.1.3. Modelo Orientado a Objetos**

Este modelo se comprende como una ramificación del modelo entidad relación ya que hace referencia a la abstracción de objetos reales e introduce complementariamente conceptos de funciones para los atributos y encapsulamiento.

### **2.2.7.2. Lenguaje de Base de datos**

Constituye una herramienta que permite estructurar la base de datos mediante un lenguaje para definir datos y adicionalmente permitir la transaccionalidad a través de consultas y modificaciones con un lenguaje de manipulación de datos. El lenguaje más común para estas tareas es SQL, presente en la mayor parte de aplicaciones.

- Lenguaje para definir datos: definen el esquema de la base de datos al brindar los lineamientos para el almacenaje y acceso de los datos.
- Lenguaje para manipular datos: se encarga de ejecutar sobre los datos acciones de extracción, introducción, modificación y eliminación de información.

### **2.2.7.3. Estructura de un sistema de bases de datos**

La estructura general de una base de datos puede dividirse en grandes módulos de almacenamiento, donde para casos de extensas cantidades de información se requieren discos de archivo gestionados por una memoria principal. Es por ello que una adecuada programación de los métodos de consulta tiene como consecuencia minimizar los tiempos que tardan las transacciones desde el lugar de almacenamiento hacia la vista del usuario. Dentro de este concepto se puede indicar la necesidad de contar con funcionalidades como:

- Administración de almacenaje

- Manejo de transacciones
- Manejo de seguridad para el acceso
- Manejo de archivos
- Procesador de consultas

#### 2.2.7.4. Arquitectura de aplicaciones

Generalmente el sistema que administra la aplicación que es presentada al usuario no se encuentra en la misma capa que las bases de datos, sino que se conectan a través de un conjunto de bloques intermedios formando una red.

Es así que se puede definir un lado para el cliente que ejecuta las funciones de la aplicación y el lado de la base de datos donde se realizan las consultas de información para una estructura de dos niveles. Si en lugar de ejecutar directamente la aplicación, el lado del cliente hace una llamada a un servidor de aplicaciones que gestiona las funciones y es quien se comunica con los datos, se habla de un sistema de 3 niveles. Este último es adecuado para aplicaciones extensas y de gran manejo de información, pues reducen la carga en el lado del cliente [26].

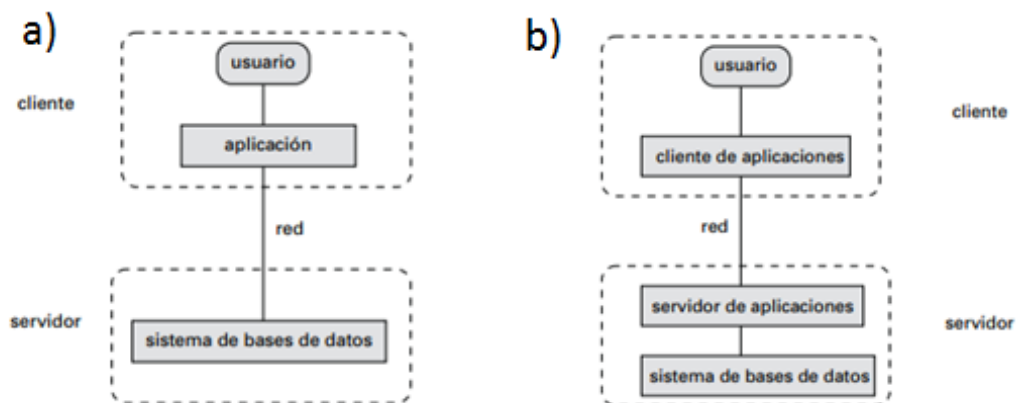


Figura 20. a) Estructura de 2 niveles b) Estructura de 3 niveles

Fuente: [26]

#### 2.2.7.5. Software para programación de bases de datos

##### 2.2.7.5.1. MySQL

Es un sistema de gestión de bases de datos relacional. MySQL es un software de código abierto, licenciado bajo la GPL.

El lenguaje de programación que utiliza es el “Structured Query Language” (SQL) que fue desarrollado por IBM en 1981 y desde entonces es utilizado de forma generalizada en las bases de datos relacionales [27].

#### **Características principales:**

- Su objetivo es la velocidad y robustez.
- Es compatible con muchos tipos de datos en sus columnas.
- Portabilidad entre sistemas ya que funciona en distintas plataformas y sistemas operativos.
- La base de datos contiene Un archivo de estructura, uno de datos y uno de índice que soportan hasta 32 índices por tabla.
- Posee la propiedad de multihilos para trabajar en sistemas multiproceso.
- Seguridad en los datos.
- El servidor soporta mensajes de error en distintas lenguas.

#### **2.2.7.5.2. PostgreSQL**

“PostgreSQL es un sistema de gestión de bases de datos objeto-relacional, distribuido bajo licencia BSD y con su código fuente disponible libremente. Es el sistema de gestión de bases de datos de código abierto más potente del mercado y en sus últimas versiones no tiene nada que envidiarle a otras bases de datos comerciales.” [28]

Hace uso del modelo cliente/servidor y al igual que MySQL tiene la característica de multihilos. Separando el funcionamiento de cada proceso.

#### **Características Principales:**

- Es una base de datos 100% ACID
- Copias de seguridad en caliente
- Unicode
- Compatibilidad con caracteres internacionales
- Multi-Version Concurrency Control (MVCC)
- Seguridad mediante encriptación de acceso
- Licencia BSD
- Multiplataforma para correr en diferentes sistemas operativos



## **2.3. Telemedicina**

La Telemedicina se define como la distribución de los servicios de salud a distancia, en donde se usa diferentes tecnologías de comunicaciones para proporcionar asistencia médica, independientemente de la distancia que separa a los que ofrecen el servicio. La información gestionada en la telemedicina está relacionada con el diagnóstico, tratamiento y prevención de enfermedades.

### **2.3.1. Normas para Telemedicina**

A continuación se citan los estándares de las condiciones tecnológicas mínimas para la prestación de servicios de salud por Telemedicina [29]

#### **2.3.1.1. Recurso Humano**

##### **Estándar**

Se deberá contar con Recurso Humano idóneo para prestar servicios de Telemedicina.

##### **Criterios:**

- El Recurso Humano deberá estar acreditado para ofrecer sus servicios según la reglamentación vigente para cada profesión u oficio.
- La institución deberá certificar que cuenta con personal capacitado para manejar la tecnología utilizada en los procedimientos de Telemedicina.

#### **2.3.1.2. Captura de la Información**

##### **Estándar**

El mecanismo de captura debe garantizar información equivalente a la original, de manera que su calidad sea reproducida de manera confiable en condiciones comparables a la modalidad en atención convencional.

##### **Criterios:**

- La información capturada debe tener todos los identificadores mínimos, al igual que la información médica mínima requerida para establecer un diagnóstico adecuado.
- La institución debe definir guías de manejo, protocolos de diagnóstico y manuales de procedimientos para la captura de información.

- Los parámetros de digitalización y compresión seleccionadas en los equipos para la captura deben posibilitar el diagnóstico. Deben utilizarse los valores mínimos recomendados.
- El personal de captura debe acreditar una capacitación mínima apropiada en el proceso que utilice, así como un conocimiento del funcionamiento de los equipos.
- La institución debe seguir un plan de mantenimiento y calibración de los equipos que garantice la calidad de la información capturada, el seguimiento de protocolos y continuidad del servicio.
- Cualquier periférico de captura que tenga contacto con el paciente debe cumplir con los requisitos mínimos que garanticen la integridad física de este último.
- Se deberá recurrir en los casos que lo requieran, al uso de dispositivos periféricos similares a los que se dispondrían en una consulta convencional, que puedan ser de ayuda diagnóstica para cada especialidad de acuerdo a la normatividad vigente.

### **2.3.1.3. Almacenamiento**

#### **Estándar**

El método de almacenamiento debe garantizar accesibilidad, privacidad, integridad y replicabilidad de la información. El tiempo de almacenamiento de todos los documentos así como su conservación deben estar acorde a la reglamentación legal vigente.

#### **Criterios:**

- La información que se capture debe ser almacenada de tal manera, que permita el acceso a ella, por parte del equipo tratante, garantizando la privacidad e inalterabilidad de los registros originales.
- La institución debe definir guías o manuales de procedimientos para el almacenamiento de la información.
- Debe mantenerse un registro idéntico de la información en el lugar de captura y en el de remisión para garantizar la similitud de los datos.

- Las políticas de conservación de la información, el medio y la forma de almacenamiento, deben garantizar el adecuado almacenamiento de datos y la posibilidad de reproducibilidad en el tiempo.
- El uso de compresión, debe garantizar que la información recuperada corresponda al dato, imagen o señal original.
- La institución deberá tener un plan de contingencia en caso de pérdida de datos, habilitado para su uso en caso de fallas del sistema activo.
- Todos los eventos y transacciones en desarrollo de la actividad en telemedicina deberán ser registrados y almacenados.
- Los procesos realizados por medio de la telemedicina deben quedar registrados y ser parte integral de la historia clínica, rigiéndose a la reglamentación vigente para ella.

#### **2.3.1.4. Transferencia**

##### **Estándar**

Utilizar los canales de comunicaciones que técnicamente puedan asegurar una transmisión de datos con calidad.

##### **Criterios:**

- Dimensionar adecuadamente la tecnología de comunicación de acuerdo a la oferta local disponible, a los recursos, y los requerimientos propios del servicio solicitado. La oferta se seleccionará teniendo en cuenta entre criterios como disponibilidad, calidad, seguridad y costos.
- La institución debe definir las guías o manuales de procedimientos para la transferencia de la información.
- Se podrá transferir la información en tiempo real o de almacenamiento-envío. De cualquier forma la institución debe protocolizar los casos que requieren el uso de uno o de otro

#### **2.3.1.5. Despliegue**

##### **Estándar**

Los sistemas de despliegue, reproducción y consulta de la información recibida deben proveer igual condición de interpretación de la información original y verificar la concordancia de la información diagnóstica con la identidad del paciente

**Criterios:**

- La institución debe definir las guías o manuales de procedimientos para el despliegue de la información.
- Se debe contar con procesos de calibración y mantenimiento de los dispositivos de despliegue que garanticen la calidad de la información desplegada.
- La institución debe acreditar personal capacitado en el manejo de los dispositivos
- La información desplegada debe contener los identificadores mínimos que la individualice y diferencie de otros casos.

**2.3.1.6. Confidencialidad, Seguridad, Autenticación**

**Estándar**

Garantizar la confidencialidad, privacidad, integridad, consistencia y longevidad de la información

**Criterios**

- Se debe disponer de mecanismos que permitan garantizar la confidencialidad de la información, independientemente del medio de almacenamiento y de transferencia utilizado. La institución deberá encriptar la información y crear mecanismos de acceso a la misma de acuerdo a políticas institucionales.
- La institución debe definir las guías o manuales de procedimientos que garanticen la confidencialidad, privacidad y seguridad de la información.
- Para garantizar la integridad de la información se deberá utilizar mecanismos de firma digital.
- En el caso de empleo de sistemas de información compartidos o de acceso remoto se deberá mantener un sistema de seguridad y control de acceso a la aplicación según tipo de usuario.

**2.3.1.7. Tecnologías por tipos de aplicación**

Se presentan las distintas maneras de implementar las aplicaciones de telemedicina mediante las tecnologías disponibles, se tiene la Tabla 2 la cual describe la aplicación de diferentes equipos en el área de la telemedicina

**Tabla 2 Equipos por aplicaciones de Telemedicina**

Aplicaciones/ Equipos	Video- conferenc ia	Periféricos de Laboratorio	EEG/ECGED Signos Vitales	Teléfono RTCP o Móvil	Internet
Evaluación Inicial del estado de urgencia y trasferencia (triage)	X	X	X	X	
Tratamiento médico y postquirúrgico	X	X	X	X	X
Consulta primaria a pacientes remotos	X			X	X
Consulta de rutina o de segunda opinión	X	X		X	X
Trasmisión de Imágenes diagnosticas					
Control de diagnósticos ampliados	X			X	
Manejo de Enfermedades crónicas	X	X	X	X	X
Transferencia de Datos médicos		X	X		
Salud pública, medicina preventiva y educación al paciente	X			X	X
Educación y actualización de profesionales de la salud	X				X

Fuente: [29]

### 2.3.1.8. Sistemas automatizados de Información

## **Estándar**

Se podrán usar sistemas automatizados de información que permita una adecuada gestión de los servicios de telemedicina.

### **Funcionalidades**

- Administrar los usuarios de la red de telemedicina: Configuración de usuarios, grupos y roles; Configurar la disponibilidad (horarios de atención) de los profesionales especialistas;
- Administrar parámetros de configuración de la red: Almacenar códigos usados por el sistema;
- Gestionar casos médicos remitidos: Gestionar el almacenamiento de toda la información relacionada con la creación, consulta y modificación de casos médicos.
- Gestionar la transmisión (envío / recepción) de casos médicos;
- Regular y facilitar la generación de respuestas a casos médicos remitidos;
- Gestionar reportes estadísticos: Generar reportes estadísticos locales; Consultar reportes estadísticos consolidados en la estación servidor;
- Gestionar el almacenamiento físico de toda la información del sistema;
- Proveer mecanismos de seguridad de la información;
- Gestionar sesiones interactivas entre múltiples usuarios;
- Ofrecer un servicio de mensajería a los miembros de la red;
- Control de Tiempos de Respuesta;
- Informes de Facturación: Entidades Remitentes, Pacientes, Especialistas;
- Generación de Indicadores de Gestión: Demanda, Oferta, Calidad;
- Permitir la importación y exportación de información a sistemas externos.

### **2.3.2. Estándar HL7**

El HL7 (Health Level Seven) es un estándar que actúa a nivel de la capa de aplicación en el modelo de comunicaciones OSI. El HL7 es un estándar ISO el cual tiene soporte en diferentes países. [30]

#### **2.3.2.1. Versiones del HL7:**

E tienen tres principales Versiones del HL7 son:

### **Versión 2.X**

Fue creado para integrar un cierto número de aplicaciones dentro de un solo centro ya sea un hospital o una organización, el cual emplea el intercambio de mensajes en formato de un archivo plano. En esta versión se define la estructura del mensaje. Es utilizado para la elaboración de Ordenes Clínicas y Resultados [31]

### **Entorno de comunicaciones**

Los requisitos que debe cumplir en el entorno de comunicaciones son:

- **Transmisión sin errores:** En las aplicaciones creadas se puede asumir que se ha recibido correctamente toda la cadena de datos transmitida, esto implica que se debe realizar un chequeo de errores en el nivel inferior
- **Conversión de caracteres:** En el caso de utilización de distintas representaciones de caracteres, se deberá convertir la información al lenguaje de interpretación usada en el dispositivo a visualizar.
- **Tamaño del mensaje:** En HL7 no se tiene restricción en el tamaño del mensaje transmitido.

### **Versión 3:**

Tiene la misma aplicabilidad que el estándar 2.X, con la diferencia que se utiliza paginas XML para la publicación de la información. [30]

### **Versión HL7 V3 CDA**

Es una especiación orientada al intercambio de documentos utilizando XML (Intercambio de información a través de la Web), en la cual se especifica la semántica y estructura del documento. Entre los documentos clínicos se puede tener:

- Resúmenes de diagnósticos
- Formatos de Notificación
- Registros de Evoluciones
- Registros clínicos

- Los documentos clínicos son unidades independientes de su forma de almacenamiento o medio de transmisión, los cuales deben cumplir con las siguientes características:
- **Persistencia:** El documento clínico debe prevalecer en un estado inalterable por un periodo de tiempo definido por organismos locales.
- **Administración:** El documento Clínico debe ser guardado por una organización que esté involucrado en su custodia, lo más común son centros médicos.
- **Autenticación:** La información debe ser autentica legalmente.
- **Legibilidad humana:** Debe ser legible por cualquier humano, es decir no debe tener alguna codificación en su visualización.
- **Simplicidad:** Debe ser simple, sin poseer muchos campos que sean obligatorios.

El alcance del CDA es la estandarización de los documentos clínicos para su intercambio, sin embargo no especifica la creación o gestión de documentos, únicamente especifica el marcado para su intercambio. [32]

### **Estructura del CDA**

Un CDA está compuesto por una cabecera y un cuerpo.

- **Cabecera:** Es una estructura común, la cual proporciona información de contexto del documento y lo identifica como un objeto único, provee información acerca de la autenticación, el encuentro, paciente, autor y actores involucrados.
- **Cuerpo:** El aquel que contiene el reporte clínico, y esta conceptualmente dividido en secciones anidadas, el cuerpo puede contener tres niveles de implementación , los niveles son los siguientes:
  - Nivel 1: El cuerpo del mensaje es un bloque de datos sin ninguna estructura definida, puede ser texto, una imagen, un archivo PDF, etc.
  - Nivel 2: Se sigue una estructura XML bien definida con secciones de información identificadas, sin embargo el contenido es texto libre.



- Nivel 3 En este nivel se estructura el cuerpo en secciones como se puede apreciar en la Figura 21, las cuales se basan en un modelo común de la RIM y una codificación de vocabulario estricta, con el fin de ser procesable computacionalmente. Este nivel trae muchas ventajas, la verdadera interoperabilidad semántica que permite que los documentos sean altamente procesables, interoperables y sin ambigüedades.

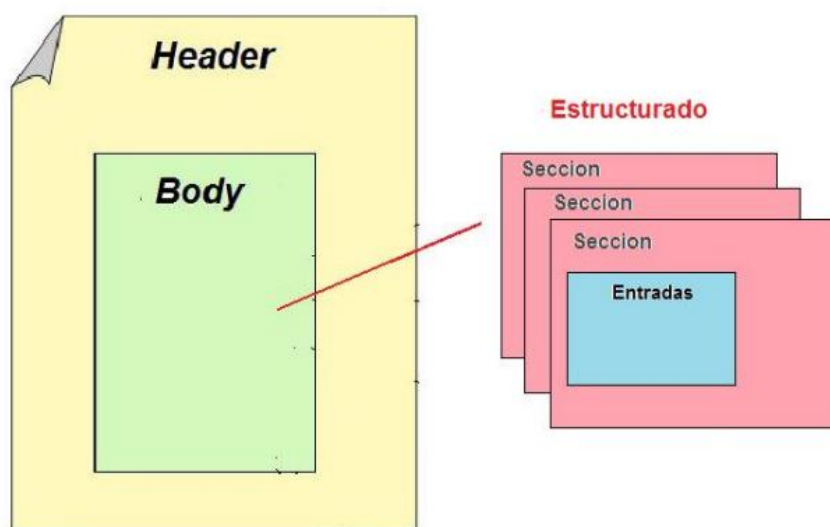


Figura 21 HL7 V3 CDA en el nivel tres de implementación

Fuente: [33]

## 2.4. Revisión del Estado del Arte

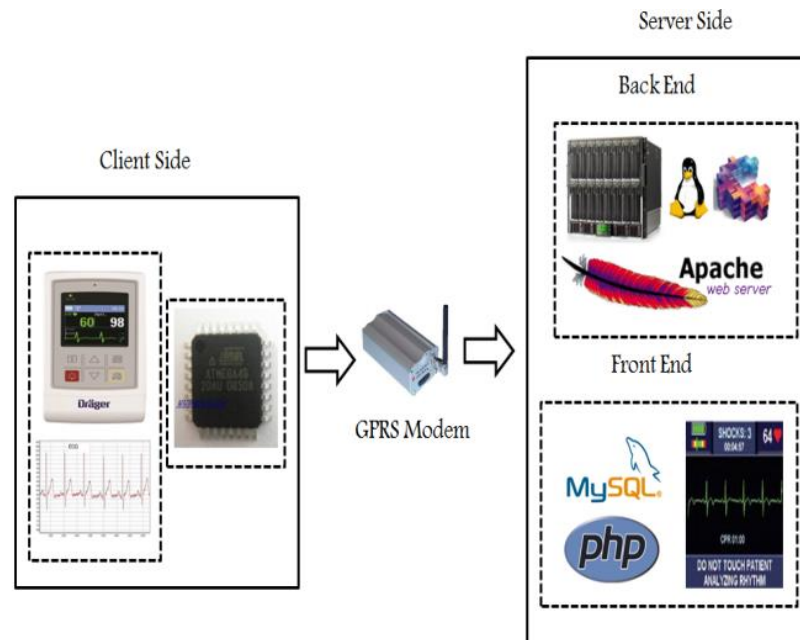
La revisión del estado del arte permite conocer las características de trabajos realizados hasta la fecha sobre el mismo tema del presente proyecto para aprovechar las ideas implementadas previamente. Posteriormente esta información ayudará a desarrollar de mejor manera cada etapa del monitoreo de señales cardíacas en línea.

A continuación se hace un repaso a los trabajos llevados a cabo en los últimos tres años y publicados dentro del banco de artículos científicos de la IEEE.

### 2.4.1. Artículos Científicos del 2012

**2.4.1.1. Diseño e Implementación de un Sistema Integrado para la transmisión de ECG Humano y un Servidor Web para Servicios de Emergencia y Monitoreo de Salud Remoto**

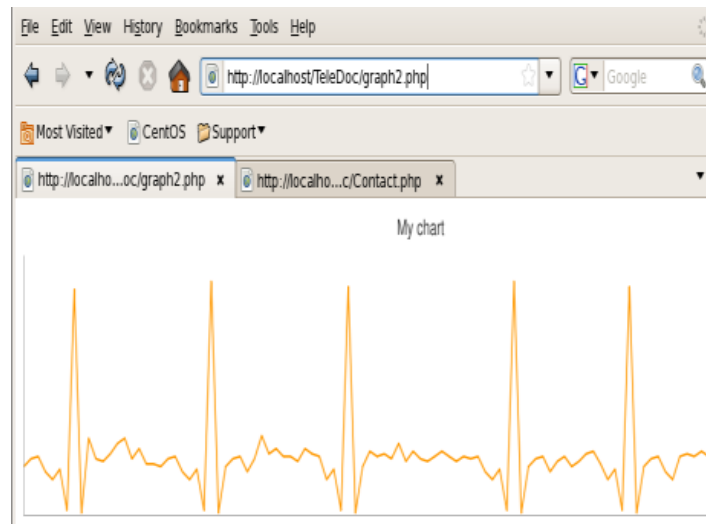
En el año 2012 investigadores paquistaníes [34] propusieron un sistema de telemedicina como el que se muestra el diagrama de la Figura 22, que simula la señal ECG mediante el software Labview y una DAQ (dispositivo para adquisición de datos), después envía la señal hacia un microprocesador que realiza la conversión análogo a digital, luego se comunica con un modem GPRS y transmite la información a un servidor remoto que contiene la aplicación web sobre una plataforma Linux.



**Figura 22. Diagrama de funcionamiento del sistema Paquistaní**

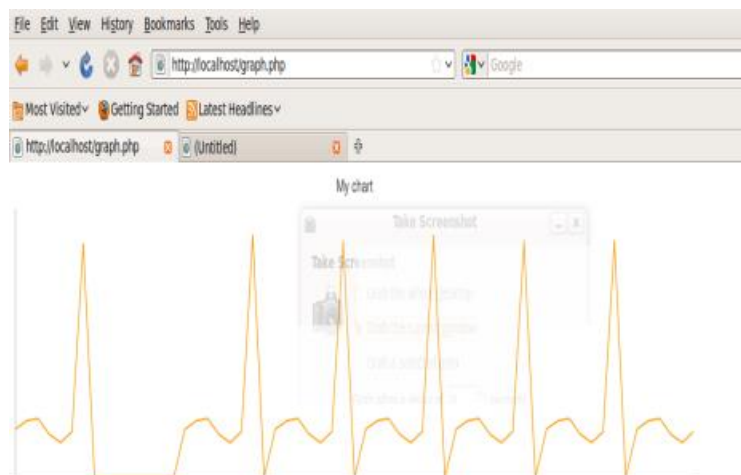
**Fuente: [34]**

Se probó el prototipo trabajando con señales generadas desde Labview y se concluyó que al aumentar la tasa de muestreo en el microcontrolador, también aumenta el número de muestras utilizadas para reconstruir el ECG, mejorando la eficiencia del sistema como se indica al comparar la Figura 23 con la Figura 24.



**Figura 23. Reconstrucción Inicial de la Señal ECG en el Servidor**

**Fuente: [34]**



**Figura 24. Señal ECG Reconstruida al aumentar el Muestreo**

**Fuente: [34]**

#### **2.4.1.2. Grabador de ECG portátil**

En el año 2012 investigadores de la universidad I-Shou de Taiwan [35] propusieron un proyecto que como se muestra en la Figura 25, utiliza un teléfono inteligente Android y un dispositivo con Bluetooth para adquirir la señal ECG. El usuario puede hacer la grabación del ECG en cualquier momento a través del dispositivo que utiliza una cinta conductora para medir la señal ECG. La señal medida se envía al teléfono inteligente a través de Bluetooth y la forma de onda del ECG se muestra en la pantalla del teléfono inteligente para controlar la afección cardíaca. El

usuario puede almacenar la forma de onda en la tarjeta SD del teléfono inteligente para el almacenamiento a corto plazo, o tiene la opción de enviar a la nube de internet para almacenar a largo plazo. Este sistema puede ayudar al médico a decidir la eficacia de la medicina tan pronto como sea posible, y evitar el desperdicio de recursos médicos.

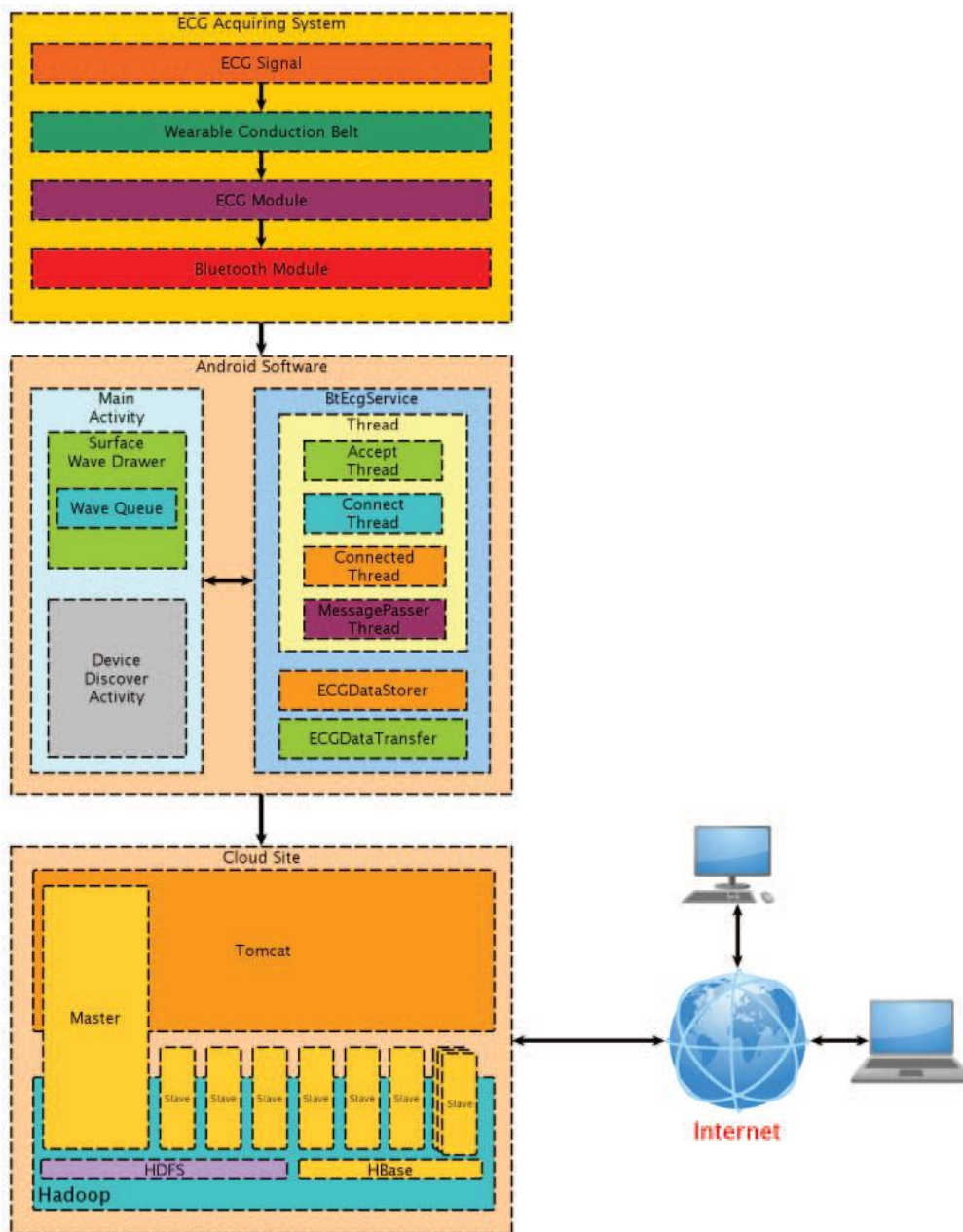


Figura 25. Esquema de funcionamiento del sistema Taiwanés

Fuente: [35]

El sistema fue probado utilizando un simulador ECG en tiempo real capaz de generar 32 formas de onda diferentes, teniendo éxito al desplegar todas las formas de

onda del simulador. Posteriormente fue probado con pacientes reales mostrando un buen desempeño.

## 2.4.2. Artículos Científicos del 2013

### 2.4.2.1. Sistema de Monitoreo Remoto de ECG y de señales de temperatura del cuerpo humano.

En Febrero del 2013 ingenieros de la Universidad del Norte en Colombia [36] propusieron un sistema basado en la adquisición, acondicionamiento y transmisión de dos señales biomédicas: ECG y temperatura del cuerpo humano. Para la obtención de las señales ECG se utilizó un amplificador de instrumentación INA 128P y un filtrado de frecuencia de 0.5 Hz a 150Hz. Mientras la toma de las señales de temperatura se utilizó un sensor LM35. Las dos señales biomédicas son tomadas y procesadas en la tarjeta Arduino para su conversión análoga a digital y posterior transmisión haciendo uso de la tecnología Bluetooth hacia la PC. Finalmente la información llega a un servidor que permite la comunicación con la aplicación web. En la Figura 26 se muestra la integración de los componentes del Hardware con el Software Utilizados.

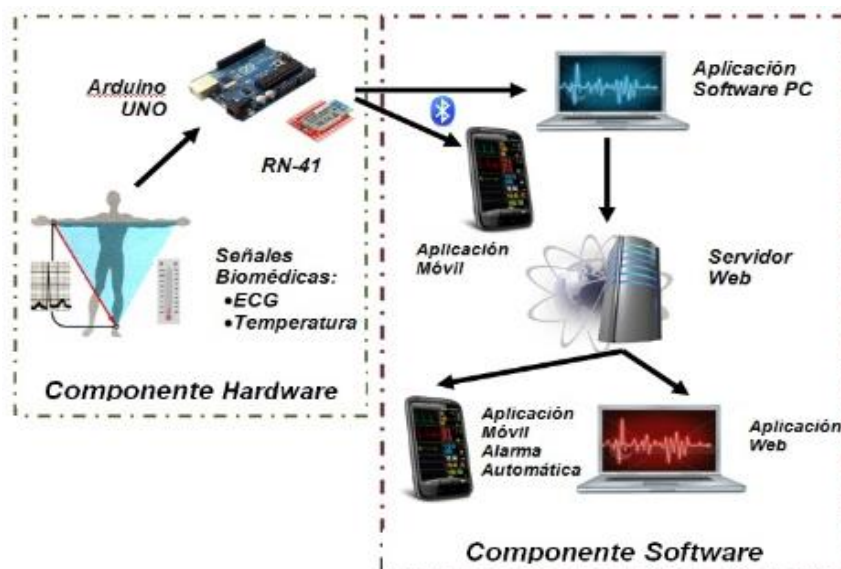


Figura 26 Esquema del Sistema de Monitoreo Remoto ECG De Colombia

Fuente: [36]

En la Figura 27 se muestra el resultado de las señales biológicas en el celular, correspondiendo la imagen de la izquierda a la señal cardiaca y la imagen de la derecha a la temperatura corporal.



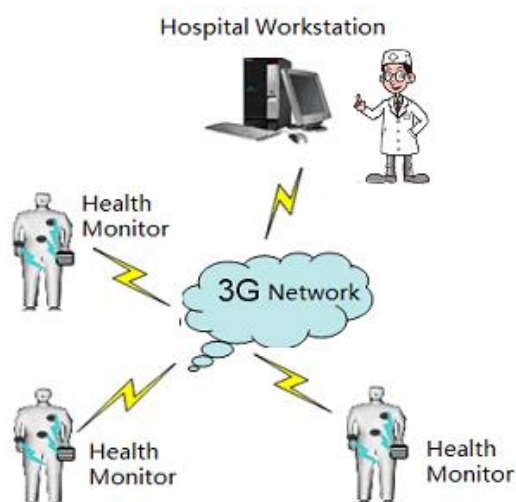
**Figura 27 Pruebas del prototipo Colombiano**

**Fuente: [36]**

Los resultados obtenidos al utilizar la Tarjeta Arduino para la adquisición de las señales Bioeléctricas fueron favorable. Se realizó pruebas validadas por personal médico a 13 pacientes voluntarios (5 mujeres y 8 hombres). El personal médico confirmó la efectividad del sistema y alentó a continuar el desarrollo del proyecto.

#### **2.4.2.2. Sistema de Telemedicina para la Información y Monitoreo portátil basado en Redes de Internet Móvil**

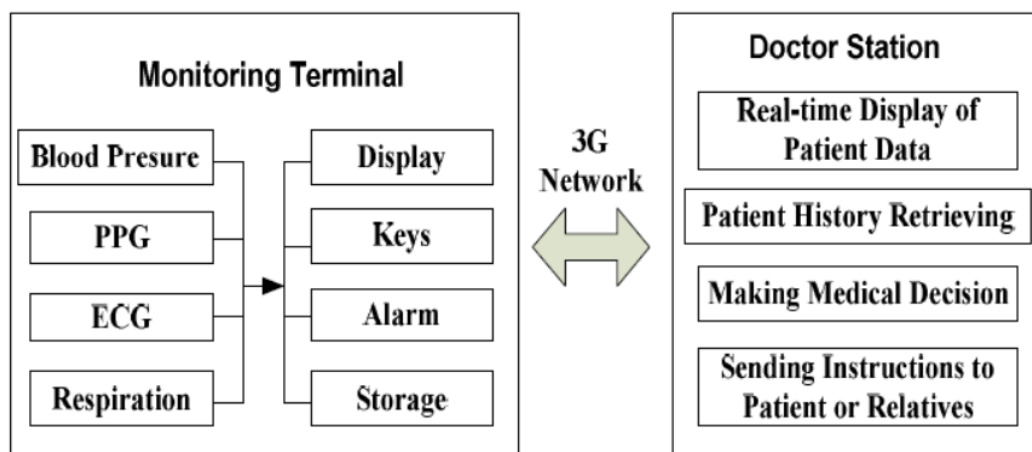
En el año 2013 investigadores de la universidad Ningbo en China [37], propusieron un sistema de telemedicina para monitoreo portátil como el que se indica en la Figura 28, que puede ser utilizado para dar seguimiento a las condiciones médicas del paciente en cualquier lugar donde exista una red de Internet móvil.



**Figura 28. Sistema de Telemedicina Chino con una red 3G**

**Fuente: [37]**

El sistema incluye dos partes principales: los terminales de control y la estación de trabajo del médico en un hospital remoto, cuyas funciones se muestra en la Figura 29. Los terminales de monitoreo utilizan un transmisor inalámbrico y un microprocesador ARM9 como su controlador principal para adquirir señales fisiológicas importantes como la presión sanguínea, 7 derivaciones (Examen cardíaco), el PPG de oxígeno de la sangre y la frecuencia respiratoria, que son trasladadas a la estación de trabajo del médico a través de la red 3G. La estación de trabajo del médico realiza el monitoreo en tiempo real de las terminales remotas, para posteriormente almacenar sus datos y recuperar los registros del paciente. Sobre la base de este sistema, los médicos pueden adoptar medidas médicas de forma temprana.



**Figura 29. Funciones del sistema de Telemedicina Chino**

**Fuente: [37]**

Durante las pruebas se realizó el muestreo de la señal ECG y RESP con el sistema ARM a una frecuencia de 200Hz y 20 Hz. Se comprobó, como se muestra en la Figura 30, que el paciente puede monitorearse por sí mismo utilizando la pantalla LCD de la terminal de monitoreo para observar en tiempo real su presión arterial, ECG, SO<sub>2</sub> y RESP.



**Figura 30. Terminal de Monitoreo**

**Fuente: [37]**

La estación de trabajo del médico se implementó con Visual C # para recibir datos desde múltiples terminales, y se determinó que el número de conexiones está limitado por el ancho de banda de la red y la capacidad de cálculo de la CPU. Todos los datos recibidos se guardan en el disco en tiempo real, pero se muestran solamente 8 canales con la forma de onda en la pantalla de supervisión de forma simultánea.

Se comprobó la capacidad para el manejo de datos emulando un terminal en una red intranet; el número de terminal es de 320 con velocidad de datos real. La Figura 31 y Figura 32 muestran la prueba experimental del sistema y la interfaz de monitorización de 8 canales en la estación de trabajo. Se observa que diferentes formas de onda y parámetros pueden ser intercambiados para desplegarse con diferentes configuraciones del terminal.



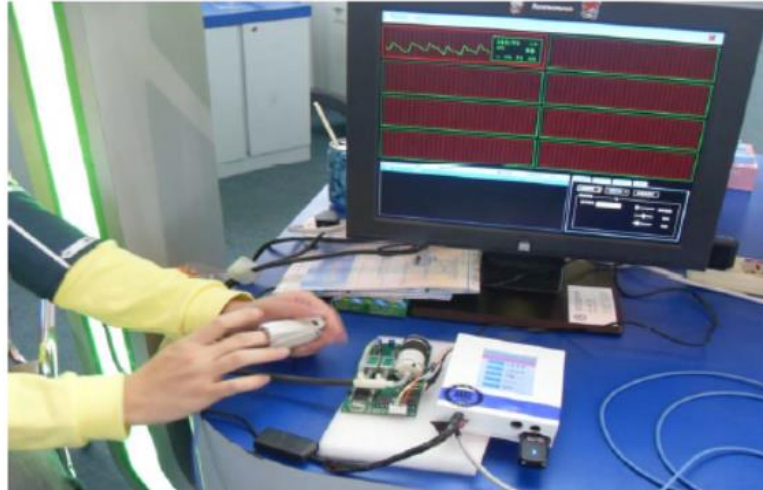


Figura 31. Prueba Experimental Real

Fuente: [37]

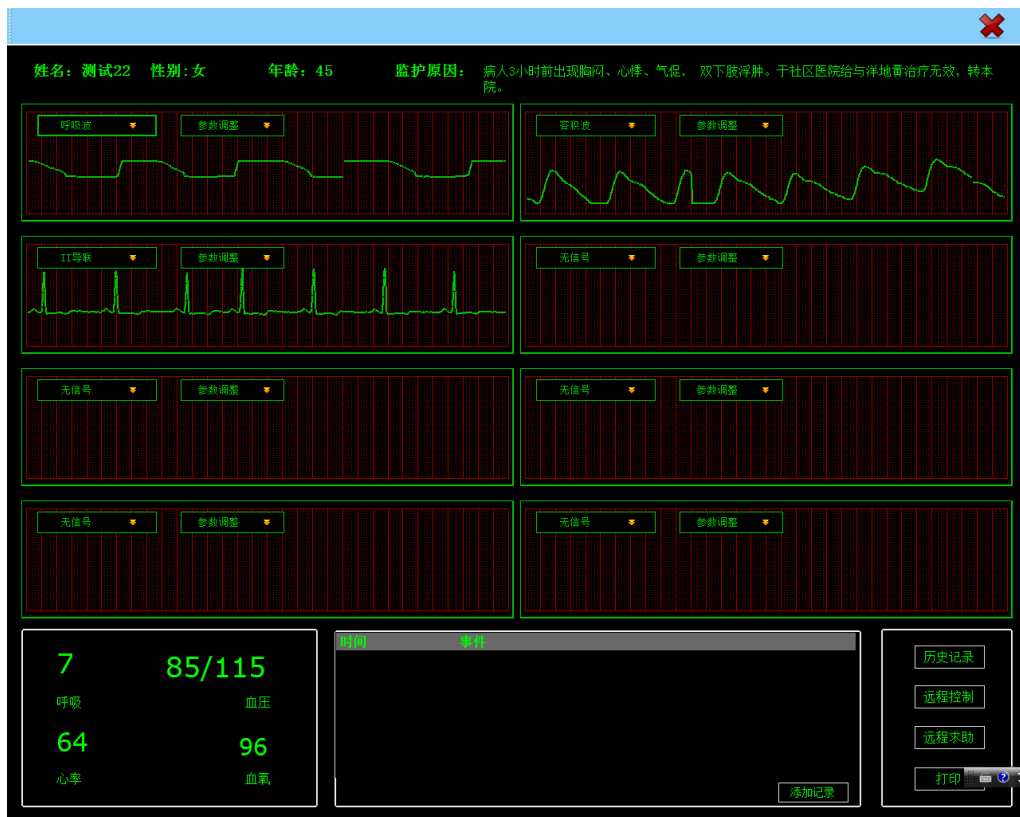


Figura 32. Monitoreo Multicanal en la Estación de Trabajo

Fuente: [37]

### 2.4.3. Artículos Científicos del 2014

#### 2.4.3.1. Diseño de un sistema de monitoreo de signos vitales basados en Wireless y tecnología de telemedicina

En marzo del 2014, ingenieros de la Universidad Anna en India [38] propusieron un sistema de monitoreo de señales vitales llamado “Vital Sign Monitor”. El dispositivo mide tres parámetros vitales que son: el ECG, el ritmo cardiaco y la frecuencia respiratoria

En la Figura 33 se muestra el diagrama de bloques del sistema donde se indica que el sistema adquiere la información de las señales vitales mediante circuitos integrados especializados como el ADS1292R, INA 101, microcontrolador MSP430 y UAF42. La información es transmitida a un dispositivo con plataforma Android a través de Bluetooth, donde mediante un protocolo IEEE 802.11b y la red 3G se envían los datos hacia la red interna de un hospital y posteriormente hacia un servidor remoto, donde un especialista puede ingresar a los datos por medio de una aplicación Android y la red del hospital.

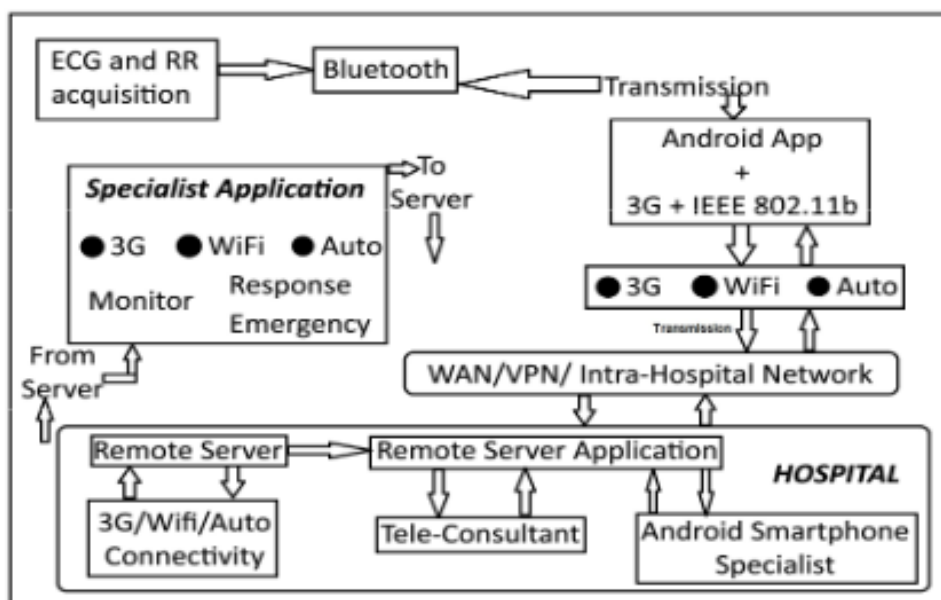


Figura 33 Diagrama de Bloques del Sistema “Vital Sign Monitor”

Fuente: [38]

En la Figura 34 se muestra el resultado de la señal adquirida luego de ser comprimida usando un filtro Wavelet DB-2. El programa para realizar la compresión fue desarrollado en la interfaz de Labview.



Figura 34 Compresión de la señal ECG en el servidor

Fuente: [38]

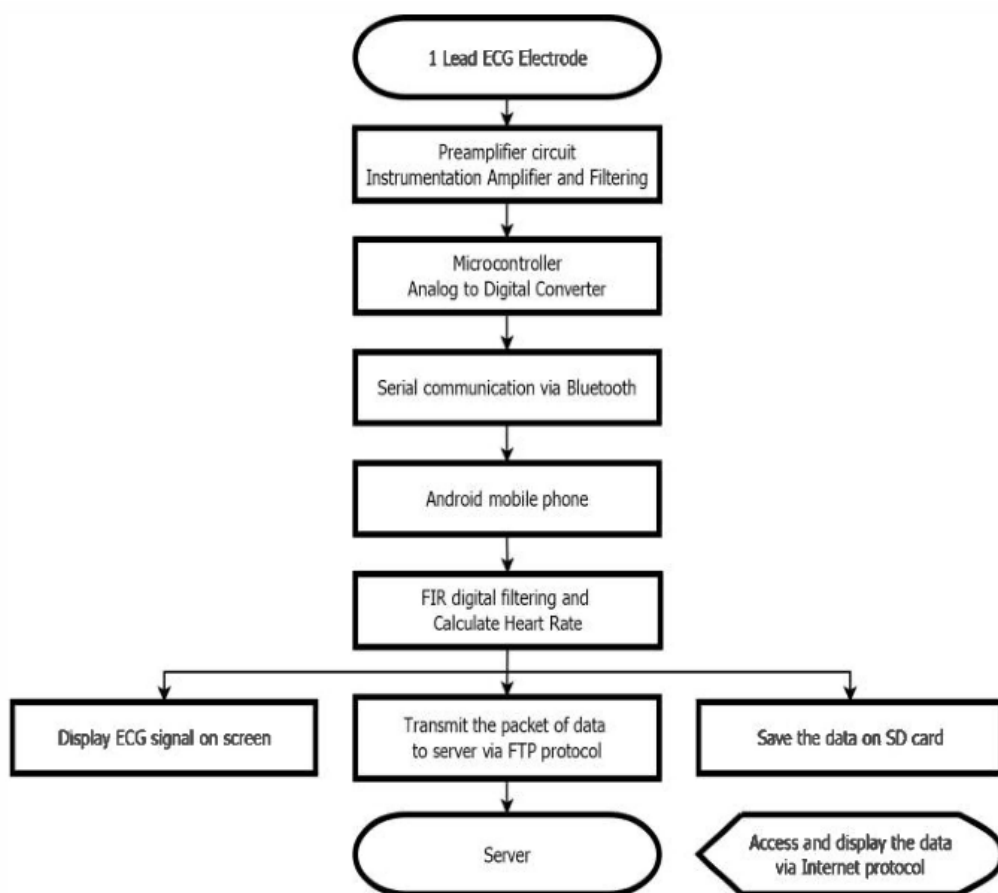
El sistema propuesto aplica la norma IEEE 1073 para la comunicación de dispositivos médicos, proporcionando seguridad y fiabilidad en la información clínica. El monitor de signos vitales tiene un enfoque hacia la computación verde que ayuda a preservar el medio ambiente y a abaratar el costo del dispositivo.

#### 2.4.3.2. Monitoreo de un electrocardiograma Wireless mediante el uso de una red móvil.

En Noviembre del 2014, ingenieros de la Universidad Mahidol en Tailandia [39] propusieron un sistema de monitoreo ECG inalámbrico que transmite la información médica al servidor de una base de datos a través de la red móvil.

En la Figura 35 se muestra el diagrama de flujo que utiliza el sistema. Como primer punto los electrodos conectados al cuerpo humano son conectados a un amplificador de instrumentación INA118 para la toma de las señales cardiacas. Se añadió un circuito flotante en la pierna derecha para reducir el ruido generado por el cuerpo del paciente. Las señales cardiacas son tomadas y procesadas por un microcontrolador

ATmega328P, para luego ser transmitidas por un módulo Bluetooth hacia un dispositivo móvil que contenga la plataforma Android. Posteriormente la señal es filtrada en el celular mediante filtros digitales antes de ser presentada en la pantalla del teléfono móvil y transmitida mediante el protocolo FTP a un servidor remoto. La información médica puede ser almacenada en una tarjeta de memoria SD y visualizada vía Internet.



**Figura 35 Diagrama de Flujo del Electrocardiograma Wireless**

**Fuente: [39]**

En la Figura 36 se puede observar la señal ECG presentada dentro del dispositivo móvil en tiempo real. La señal se grafica sobre papel milimetrado para ayudar al médico en la lectura del examen.



**Figura 36 Señal ECG en el celular en tiempo real del prototipo Tailandés**

**Fuente: [39]**

En la Figura 37 se muestra la interfaz de usuario del servidor Web, donde la señal ECG filtrada se visualiza desde el archivo que se guarda en la base de datos del servidor.



**Figura 37 Señal ECG en el servidor Web del prototipo Tailandés**

**Fuente: [39]**

La precisión de la frecuencia cardíaca fue probada por un simulador de ECG en diferentes latidos por minuto, dando un error máximo de 0,83% al tener 60 bpm (latidos por minuto) y una desviación estándar máxima de 2.35 al tener 180 bpm.

## CAPÍTULO III

### DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE DE SIMULACIÓN

#### 3.1. Descripción del Software de Simulación

El software de simulación utilizado en el presente proyecto se desarrolló para realizar la validación de la aplicación web durante la etapa de pruebas y resultados del presente proyecto.

El software de simulación está constituido por una interfaz de validación de usuario para el ingreso al sistema y una interfaz para la simulación del envío de señales cardíacas. La interfaz donde se realiza la simulación permite al usuario escoger el paciente al que pertenecerá el examen y adicionalmente el tipo señal que se va a enviar entre 15 opciones diferentes que son: 5 señales de pacientes sanos, 5 señales de pacientes con infarto de miocardio y 5 señales con arritmia cardíaca. Las señales cardíacas fueron obtenidas desde la base de datos Physiobank en la página web de Physionet y corresponden a las 12 derivaciones de un paciente tomadas a una frecuencia de 320 muestras por segundo. El tiempo de envío de la señal se puede visualizar en un indicador numérico y se controla a través de dos botones “INICIO” y “DETENER” para el comienzo y detención de la simulación respectivamente.

#### 3.2. Requerimientos del Software de Simulación

El software desarrollado para la simulación debe permitir el continuo envío de diferentes tipos de señales cardíacas para comprobar el correcto funcionamiento de la aplicación de Telemedicina ante diferentes escenarios de prueba. Adicionalmente hay que tomar en cuenta que la simulación se debe realizar desde un servidor remoto a través de Internet. Los siguientes requerimientos se consideran necesarios:

- Capacidad de envío sin interrupciones de señales cardíacas.
- Carga de archivos con las señales cardíacas de 12 derivaciones ECG.
- Capacidad de escoger el paciente y el tipo de registro a ser enviado
- Tener un dominio en Internet.
- Servidor Web GlassFish con soporte para JSF.
- Entorno de Desarrollo Integrado para programación JAVA (Netbeans).

### 3.3. Diagrama del Software de Simulación

El objetivo del software de simulación es emular el envío realizado por el prototipo descrito en el diagrama de bloques de la Figura 38, donde se observan los módulos que han sido desarrollados dentro del proyecto “Design and Optimization of an ECG / Holter Hybrid System for Mobile Systems Based on DSPic”.



Figura 38. Diagrama de Bloques de la Aplicación

El diagrama de la Figura 39, muestra el proceso de envío de las señales cardíacas correspondientes a un paciente desde el software de simulación hacia la aplicación de telemedicina a través de internet.

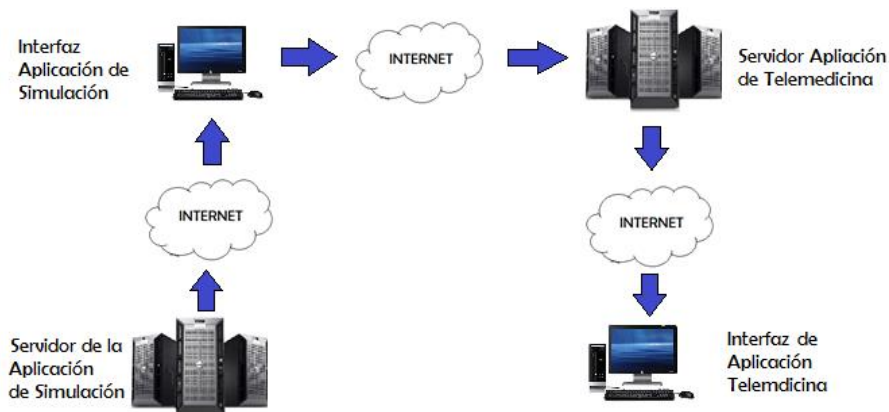


Figura 39. Diagrama de Simulación de Envío

### 3.4. Software de Simulación

La aplicación de simulación fue desarrollada en lenguaje java con el IDE Netbeans. El simulador realiza el proceso de transmisión de la señal ECG al servidor de la aplicación Web. Se realiza la transmisión de 12 derivaciones de manera simultánea a una velocidad de 320 datos por segundo, lo que brinda una velocidad de transmisión total de 3840 datos por segundo.

En la Figura 40 se puede observar la interfaz del programa de simulación, donde cada uno de los botones y componentes de la aplicación están descritas en la Tabla 3

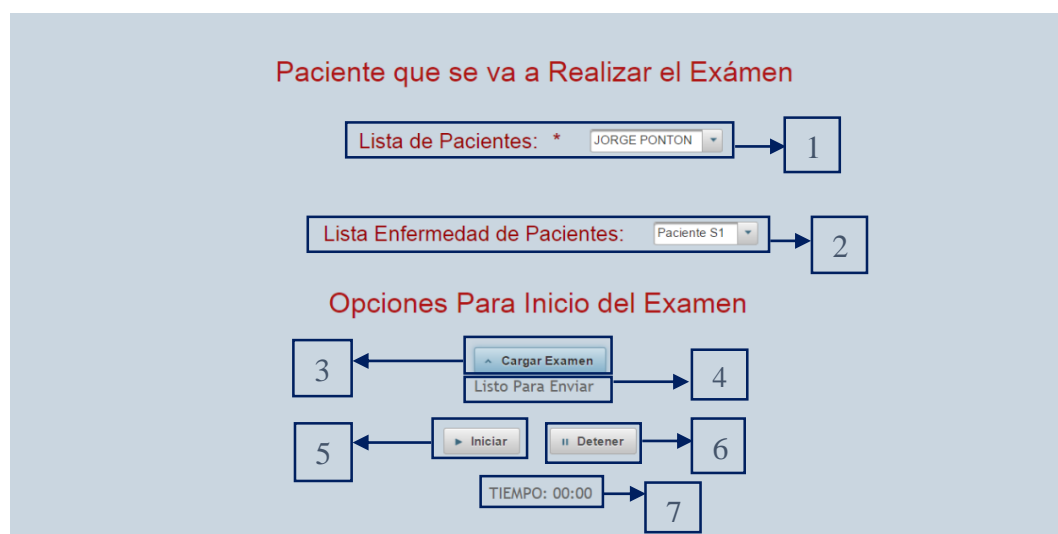


Figura 40 Interfaz del Simulador de Registros ECG

Tabla 3 Descripción de los componentes de la aplicación de Simulación

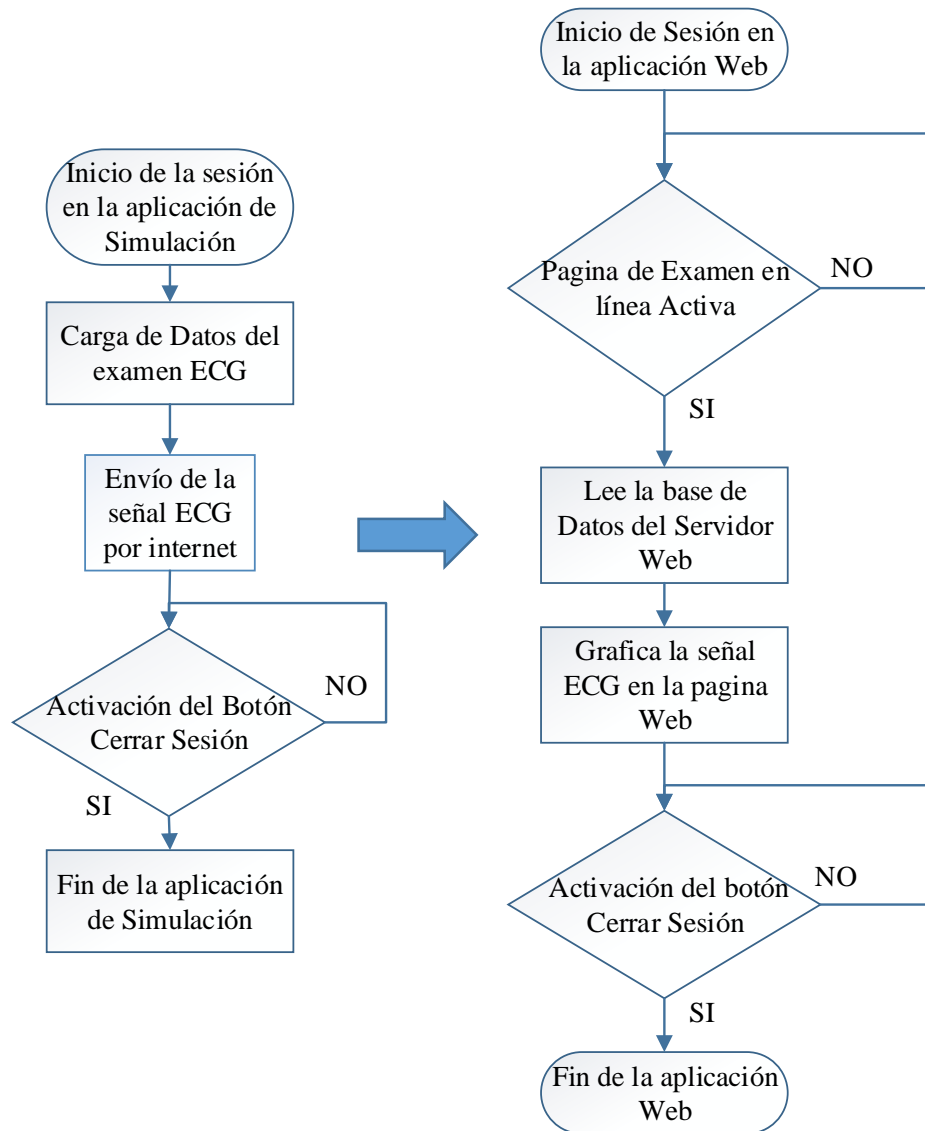
No.	Nombre	Descripción
1	Lista de Pacientes	Presenta la lista de los pacientes registrados en el sistema.
2	Lista de Exámenes	Presenta la lista con los exámenes realizados a diferentes pacientes.
3	Botón Cargar Examen	Botón que permite leer los datos del examen ECG para su posterior envío.
4	Mensaje de Confirmación	Mensaje que aparece con la palabra “Listo Para Enviar” cuando los datos están listos para enviarse.
5	Botón Iniciar	Botón que inicia el proceso de envío de datos al servidor y la cuenta del cronómetro.
6	Botón Detener	Botón que termina el proceso de envío de datos al servidor y la cuenta del cronómetro.
7	Tiempo de Envío	Campo que indica el tiempo en segundos que se ha enviado datos.

### 3.4.1. Diagramas de Flujo de la aplicación de simulación

La aplicación de simulación presenta la pantalla de inicio de sesión para validar al usuario que utiliza el sistema, una vez que ingresamos a la interfaz de simulación, se ejecuta el proceso de carga de Datos del examen ECG y el proceso de envío de la señal ECG por internet, tales procesos serán descritos posteriormente. Al acceder a la aplicación de telemedicina mediante el inicio de sesión se escoge la opción que realiza



la navegación hacia la Página de Examen en Línea, en ella se podrá visualizar cada una de las señales ECG (12 derivaciones) recibidas, así como el paciente al que corresponden y la fecha en que se realizó el examen. Para salir de la Aplicación de Telemedicina, se debe dar clic en el Botón de Cerrar Sesión ubicado en la parte superior. En la Figura 41 se muestra el diagrama de flujo que representa la interacción entre las dos aplicaciones.



**Figura 41 Diagrama de Flujo de la Interacción de la Aplicación de Simulación con el Sistema de Telemedicina**

### 3.4.1.1. Proceso de carga de Datos del Examen ECG

La carga de datos del Examen ECG se muestra en el diagrama de flujo de la Figura 42, en donde se selecciona el paciente y el tipo de señal ECG a transmitir, al presionar el botón de cargar examen, se cargara la información previamente seleccionada, este proceso tarda alrededor de 30 segundos, dependiendo de la calidad de internet. Al finalizar la carga de los datos se desplegara un mensaje indicando el fin de la carga del examen a enviar.

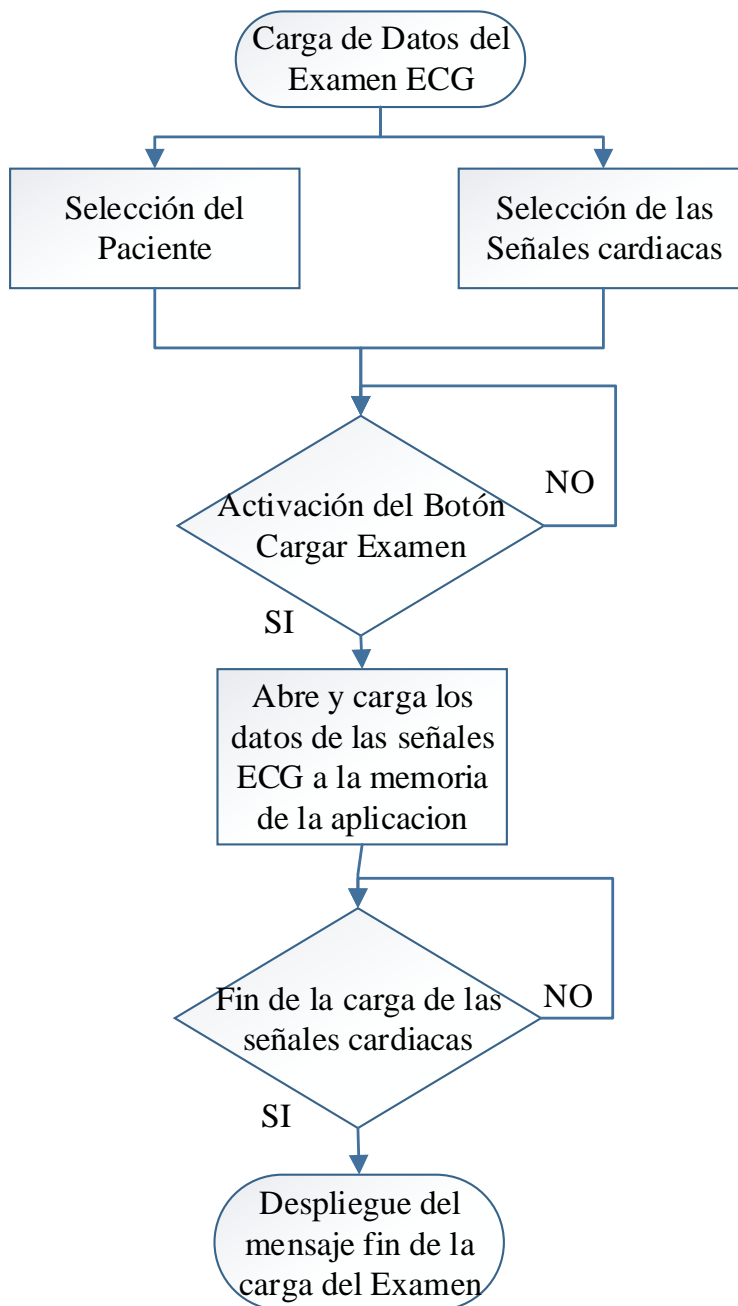
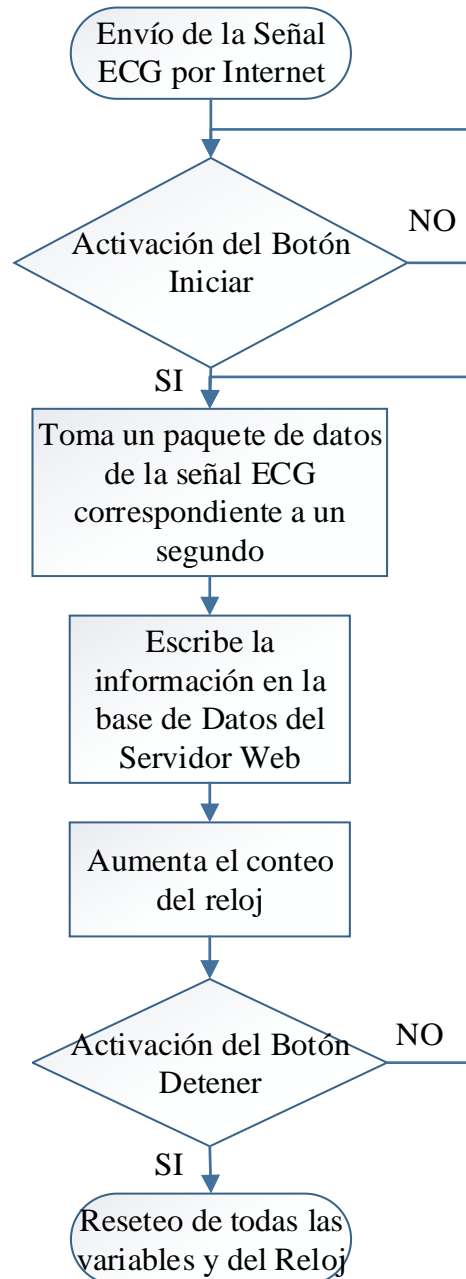


Figura 42 Diagrama de Flujo de la carga de Datos del examen ECG

### 3.4.1.2. Proceso del envío de la señal ECG por Internet

El envío de las señales por internet se muestra en el diagrama de flujo de la Figura 43, en donde al presionar el botón Iniciar se toma un paquete de 320 datos de cada derivación correspondientes a un segundo, tales datos son escritos cada segundo en la base de datos del servidor en línea, al finalizar de escribir en la base de datos se aumenta el conteo del reloj de la simulación. Si se presiona el botón de Detener se resetearan todas las variables, se parara el envío de los datos y se resetea el reloj.

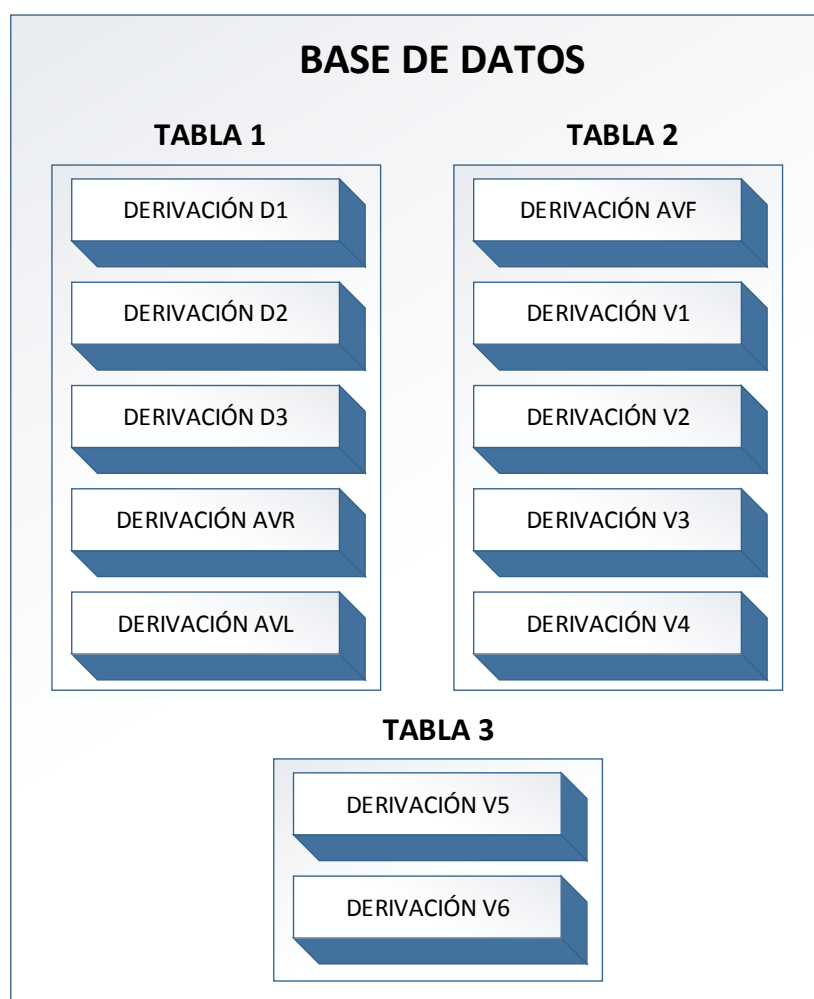


**Figura 43 Diagrama de Flujo de la carga de Datos del examen ECG**

### 3.4.2. Formato de Datos enviado desde el simulador

En la Figura 44 se puede observar cómo se almacenará la información de las 12 señales cardiacas en la Base de Datos. Para el almacenamiento de las señales se crearon 3 tablas que cuentan con la siguiente distribución:

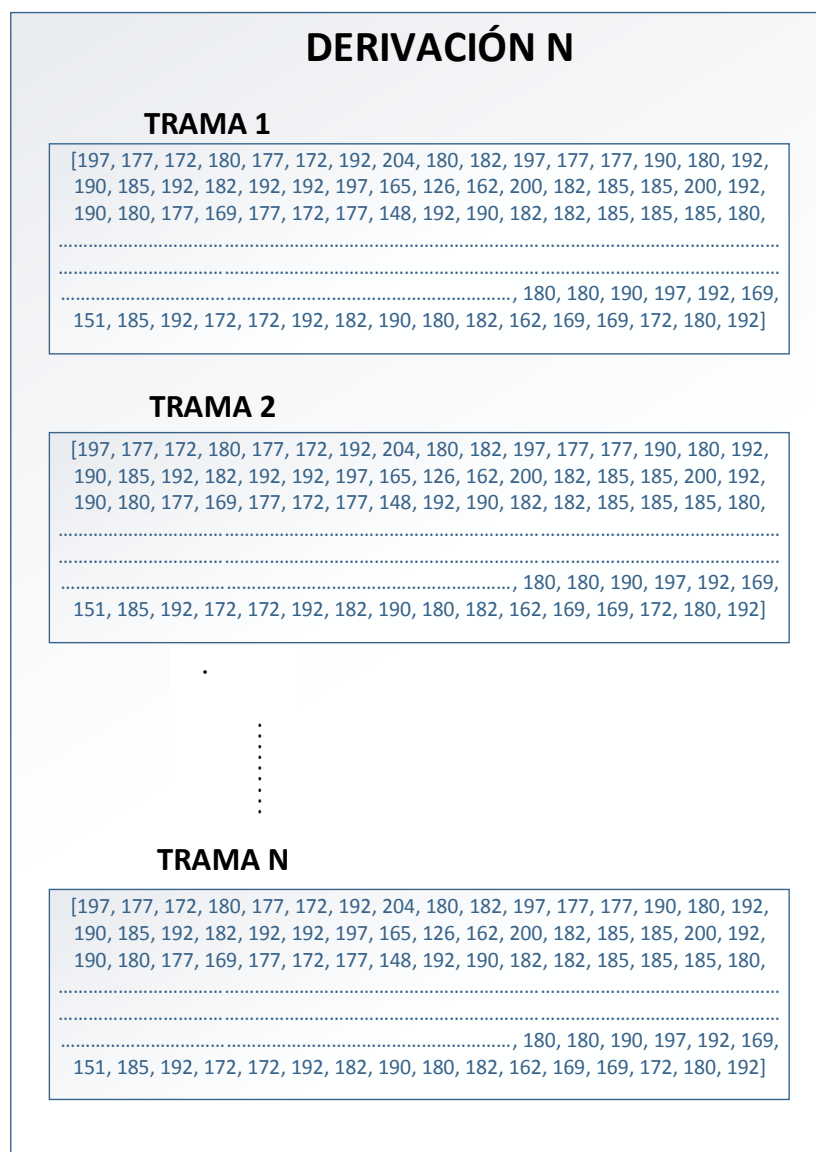
- En la primer tabla se guardaran las señales correspondientes a las derivaciones: D1, D2, D3, AVR y AVL
- En la segunda tabla se guardan las derivaciones: AVF, V1, V2, V3, V4
- La tercer tabla guardan las derivaciones: V5 y V6



**Figura 44 Distribución de las Señales cardiacas en las tres tablas de la Base de Datos**

Cada derivación guardada en cualquiera de las tres tablas, tendrá el mismo formato de almacenamiento como se puede observar en la Figura 45. Contando con las siguientes características:

- Se tendrán N tramas de Datos, de acuerdo al tiempo de trasmisión del Hardware
- Cada trama de datos es escrita como un arreglo de 320 números enteros
- Se tiene una coma para separar cada dato del arreglo.
- Se delimita cada trama de datos mediante corchetes.
- La trama de 320 Datos representa a 1 segundo de la señal cardiaca tomada desde el Software de Simulación.
- Se creara automáticamente N tramas, de acuerdo al tiempo de trasmisión del Software de Simulación.



**Figura 45 Formato de la Información de una Derivación N**

## CAPÍTULO IV

### DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE

#### 4.1. Descripción General del Software

El software de la aplicación para Telemedicina se encarga de brindar a los usuarios una interfaz amigable para la realización de un electrocardiograma cuyos datos estarán disponibles en línea para una revisión médica. El software del presente proyecto se desarrolló para brindar soporte conjuntamente a tres tipos de usuario disponibles que son: administrador, médico y paciente, de forma que la información entre usuarios se encuentre relacionada de manera adecuada y disponible cuando se la requiera. Todos los tipos de usuario tienen acceso a características comunes como son: el acceso a información de ayuda para manejar el sistema y el control de acceso para ofrecer niveles de seguridad adecuados para el tratamiento de los datos que se ingresan. Adicionalmente la aplicación presenta opciones particulares necesarias para que cada usuario pueda realizar su trabajo individual como son: el ingreso de formularios (administrador), la revisión en línea de hojas clínicas y exámenes ecg pertenecientes a los pacientes (médico) y el ingreso de datos personales (paciente). De acuerdo a todas las opciones descritas, se presentan a continuación las tareas que necesariamente debe realizar el sistema:

- Registro de datos personales del usuario.
- Clasificación de los tipos de usuario.
- Registro de datos clínicos de pacientes.
- Autenticación de usuarios.
- Gestión de información de acuerdo a permisos de usuario.
- Visualización de exámenes realizados.
- Acceso a información de ayuda.
- Navegación entre páginas web.
- Manejo de Sesiones.
- Interfaz permanentemente disponible en internet.

La ejecución de cada tarea permite que el sistema esté disponible para el acceso en línea por parte de los usuarios, y trabaja en conjunto con los bloques de adquisición y tratamiento de datos, que son realizados por la etapa de hardware, para presentar

información con la calidad suficiente como para realizar un seguimiento y diagnóstico preventivo de manera remota.

#### 4.2. Requerimientos del Software

El software desarrollado para la aplicación necesita ser eficiente en relación a una clara y completa transmisión de los datos provenientes de la etapa de Simulación del Envío de Señales cardiacas, así como es indispensable una capacidad de almacenamiento suficiente y una clara representación gráfica de los exámenes. Los siguientes requerimientos se consideran necesarios:

- Capacidad de recepción y almacenamiento del total de datos enviados.
- Programación de Bases de Datos en lenguaje SQL.
- Manejo de Páginas Web con HTML5 y Primefaces.
- Encriptación de información clínica.
- Servidor Web con soporte para JSF.
- Entorno de Desarrollo Integrado para programación JAVA (Netbeans).
- 

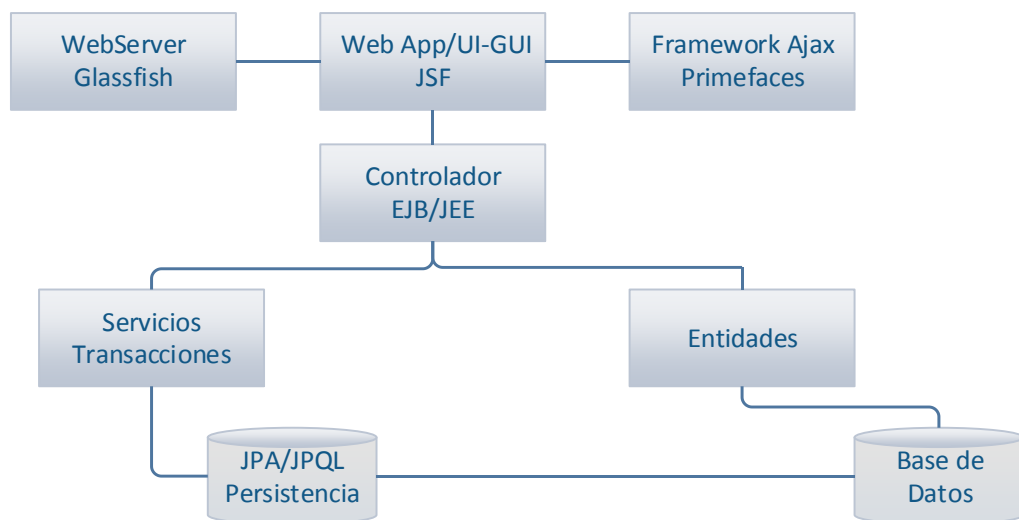
#### 4.3. Arquitectura de la Aplicación

La distribución jerárquica de los componentes de la aplicación de telemedicina se describe en la Figura 46, teniendo los siguientes componentes:

- **Base de Datos:** Interactúa directamente con las clases de entidades y de Servicios. Tales clases utilizan la tecnología JPA de persistencia para acceder a ella. La base de datos fue creada en el programa de MySQL
- **JPA/JQL Persistencia:** Son drivers de java que permiten gestionar directamente cualquier base de datos mediante anotaciones, sin la necesidad de utilizar directamente código SQL.
- **Servicios:** Son las clases creadas con la tecnología JPA. Los servicios contienen métodos implementados que gestionan directamente la base de Datos.
- **Entidades:** Son las clases de java las cuales representan un modelo conceptual de las tablas y relaciones existentes en la base de datos. Cada una

de las clases de entidades tiene una correspondencia directa con cada tabla de la base de datos.

- **Controlador EJB/JEE:** Son las clases implementadas con tecnología JEE, las cuales toman las entidades. El controlador mediante los servicios gestiona cada una de los atributos de las tablas de la base de datos y permite la interacción entre el lenguaje de programación Java y el XHTML.
- **Web App:** Es la capa de presentación que permitirá la visualización de la aplicación mediante páginas WEB. Las páginas están creadas con la herramienta de JSF, permitiendo una directa gestión de cada componente (métodos y atributos) de los controladores.
- **Framework Ajax Primefaces:** Provee de herramientas extras al lenguaje XHTML. Los Ajax ayudan a mejorar la interfaz gráfica, así como facilita la distribución de los diferentes componentes en la página.
- **WebServer:** Permite el acceso por parte de los clientes a la aplicación en una red; además de tener la configuración necesaria que permite la comunicación con la base de datos. El servidor utilizado en la aplicación de telemedicina es el GlassFish 4.1.



**Figura 46 Arquitectura de la Aplicación**

La arquitectura tiene como Base principal las Entidades, las cuales están relacionadas directamente a la Base de Datos, contenedora de toda la información de la aplicación. Para poder acceder a la información de la base de datos, se lo hace



mediante los Servicios los cuales proveen funciones específicas de JPA y persistencia para una gestión más sencilla de los datos.

El controlador, es el que está en la etapa intermedia, conteniendo a los Servicios y a las entidades y permitiendo la presentación de la información en la Web mediante JSF y Primefaces. Finalmente se tiene al Servidor Web (GlassFish), el cual permite el acceso a la aplicación mediante la gestión de los clientes.

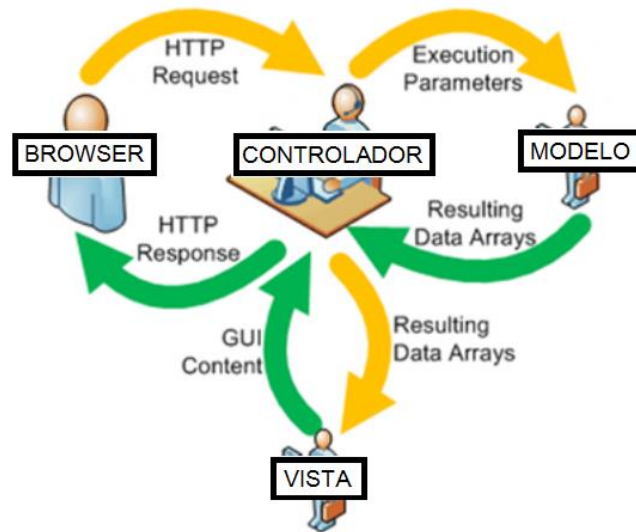
Una vez descrita la arquitectura utilizada en el desarrollo de la aplicación, se procede a la explicación del Modelo Vista controlador, en el cual se basó la aplicación de telemedicina.

#### **4.3.1. Modelo Vista Controlador**

El Modelo Vista Controlador (MVC) es un tipo de arquitectura de software que es muy utilizada en la programación debido a su gran solides (Si falla un componente de la aplicación, tal falla no hará que toda la aplicación colapse y se cierre) y flexibilidad (Su distribución modular, permite implementar nuevas funciones o modificar fácilmente la aplicación, si así se lo requiere) a adaptación a diferentes lenguajes y plataformas de desarrollo. El MVC separa los datos de una aplicación, la interfaz de usuario, y la lógica de control en tres componentes distintos.

- El **Modelo** contiene una representación de los datos que se maneja en la aplicación y los mecanismos de persistencia.
- La **Vista**, o interfaz de usuario, es la información que se envía al cliente y los mecanismos que interactúan con este.
- El **Controlador**, es el intermediario entre el Modelo y la Vista, el cual gestiona el flujo de información entre ellos para adaptar los datos a las necesidades de cada uno.

En Figura 47 se muestra el esquema típico de una aplicación Web, en la que mediante el Browser de cualquier navegador se ingresa como cliente para realizar las peticiones. El controlador gestiona la información y los datos entre el modelo y la vista, devolviendo al cliente la información requerida. [40]



**Figura 47 Esquema Modelo Vista Controlador en una aplicación WEB**

Es así que para el diseño de la aplicación WEB, se optó por dividir la aplicación en paquetes, los cuales tienen una analogía directa con la arquitectura de Modelo Vista Controlador

- **Modelo:** Los paquetes correspondientes a este componente son: entidades y servicios. Las entidades son modelos que representan a cada una de las tablas de la base de datos y sus respectivas relaciones, mientras que los servicios son aquellos que contienen la persistencia y los métodos que permitirán acceder a la información de la base de datos.
- **Controlador:** Se creó un paquete de controlar, el cual contiene todas las clases de java Bean, las cuales permiten la interacción entre los servicios y las entidades con cada una de las páginas WEB, los controladores contiene todos los métodos que se ejecutaran al realizar una acción como presionar un botón o escribir un texto en la página WEB.
- **Vista:** Los paquetes que se crearon para este componente son los de las Páginas WEB, y los templates referentes a ellos; estos elementos se encargan de gestionar todas las peticiones que realiza el cliente, y permite visualizar la información requerida. Para esto se ha utilizado una tecnología JSF que permite combinar el lenguaje XHTML con el lenguaje java.

### **4.3.2. Arquitectura Web**

La arquitectura WEB utilizada es la UWE, con la que se realizó la construcción conceptual de los modelos de cada una de las tablas de las base de datos. Mediante anotaciones se accedió directamente a cada uno de los métodos para gestionar la base datos y mostrarlas en la interfaz WEB. Se siguieron los siguientes pasos:

- Los requisitos necesarios para la aplicación fue la construcción conceptual de las tablas, con sus atributos y las relaciones existentes entre cada uno de ellas.
- El diseño utilizado se basó en la arquitectura Modelo Vista Controlador, en donde se tiene una colaboración directa entre el paquete de servicios y el paquete de controlador, los que permiten insertar, actualizar, eliminar y buscar datos específicos en la base de datos; además de la gestión del acceso de acuerdo a los diferentes Usuarios.
- La navegación entre las páginas WEB se estableció mediante filtros establecidos para los diferentes usuarios del sistema, es así que se tiene los dos diferentes esquemas de navegación de acuerdo al tipo de usuario.

## **4.4. Diseño y programación de las Etapas del Software**

El software de la aplicación se diseñó y programó en tres etapas de manera individual. Las tres etapas de software corresponden a la base de datos, el servidor web y el sistema de monitoreo en línea. Una vez finalizadas, las etapas de software interactuaran como un bloque único para almacenar y gestionar los datos clínicos provenientes de la etapa de hardware.

### **4.4.1. Diseño de la Base de Datos**

El diagrama de datos que se utilizará en el proyecto corresponde a un modelo básico que contiene las entidades necesarias para la transacción de la información, describiendo las características y las relaciones que existen entre cada una de ellas.

#### **4.4.1.1. Requerimientos**

Los requerimientos que debe cumplir la base de datos están enfocados en su capacidad de almacenamiento, accesibilidad y el tipo de datos que contiene. Es así que se definen los siguientes:

- Capacidad de almacenamiento suficiente para todos los datos del paciente.
- Fácil y rápido acceso a datos clínicos.
- Niveles de seguridad para acceso a datos clínicos.
- Estructura de relaciones adecuada.
- Cardinalidad para el establecimiento de relaciones.
- Claves de acceso a datos.
- Correcta definición de tipos y longitud de los datos.

#### 4.4.1.2. Diagrama de la Base de Datos

El diagrama de la base de datos de la Figura 48 corresponde a la estructura que establece la forma en que se van a agrupar los datos y las relaciones que existen entre ellos. El diagrama se enfocó en las opciones y la información que deben tener disponibles los tres tipos de usuario que tendrán acceso al sistema y que fueron descritas en la sección 4.1 “Descripción General del Software”.

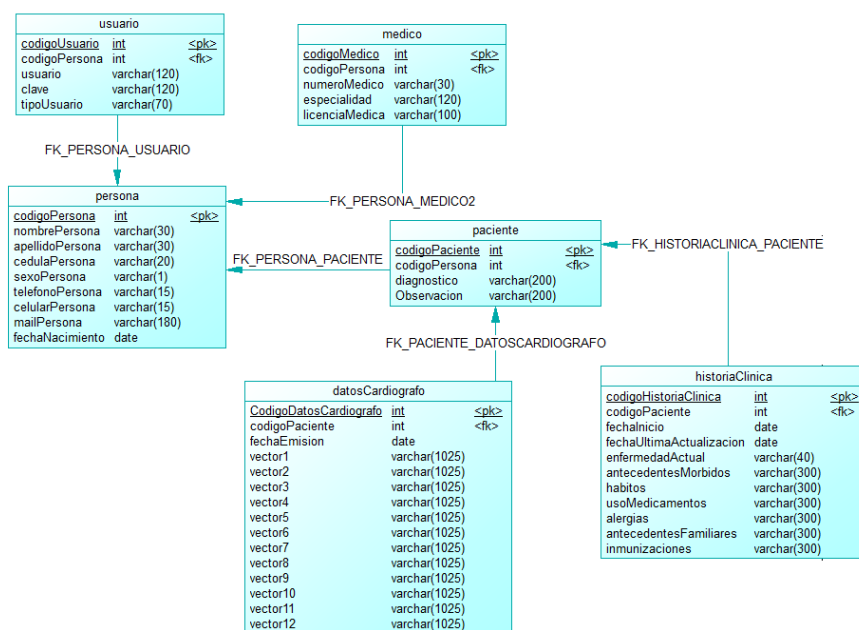


Figura 48. Diagrama de la Base de Datos

Los campos que contiene el diagrama la base de datos de la Figura 48 se conocerán en adelante como entidades, y se describen a continuación:

##### 4.4.1.2.1. Entidad Persona

Corresponde a una entidad que contendrá a todos los usuarios que formarán parte del sistema sin distinción. Su fin es identificar a cada persona de acuerdo a los siguientes atributos:

- Código Persona: atributo que identifica de manera única a la persona y funciona como vínculo con las demás entidades.
- Nombre Persona: atributo que permite el ingreso del nombre.
- Apellido Persona: atributo que permite el ingreso del apellido.
- Cédula Persona: atributo que permite el ingreso de la cédula.
- Sexo Persona: atributo que permite el ingreso del sexo.
- Teléfono Persona: atributo que permite el ingreso del teléfono.
- Celular Persona: atributo que permite el ingreso del celular.
- Mail Persona: atributo que permite el ingreso del mail.
- Fecha de Nacimiento: atributo que permite el ingreso de la fecha de nacimiento.

#### **4.4.1.2.2. Entidad Usuario**

Corresponde a la entidad que contendrá a los tipos de usuario existentes en el sistema y permite establecer las opciones de utilización para cada uno. Para ello contiene los siguientes atributos:

- Código usuario: atributo que identifica de manera única al usuario y funciona como vínculo con las demás entidades.
- Usuario: atributo que sirve para identificarse mediante un nombre para validar su acceso al sistema y navegar dentro del mismo.
- Clave: atributo que sirve para acceder al sistema y establecer seguridad sobre la sesión de cada usuario.
- Tipo Usuario: atributo que sirve para determinar las opciones hábiles de acuerdo al usuario que inició sesión en el sistema.
- Código Persona: atributo que permite vincular al usuario con su información correspondiente a la entidad persona.

#### **4.4.1.2.3. Entidad Paciente**

Corresponde a la entidad que contendrá la información específica de los pacientes. Para ello cuenta con los siguientes atributos:

- Código Paciente: atributo que identifica de manera única al paciente y funciona como vínculo con las demás entidades.
- Diagnóstico: atributo que permite ingresar información acerca de un posible diagnóstico.
- Observación: atributo que permite ingresar recomendaciones adicionales para el paciente.
- Código Persona: atributo que permite vincular al usuario con su información correspondiente a la entidad persona.
- 

#### **4.4.1.2.4. Entidad Médico**

Corresponde a la entidad que contendrá la información específica de los médicos que harán uso del sistema. Para ello cuenta con los siguientes atributos:

- Código Médico: atributo que identifica de manera única al paciente y funciona como vínculo con las demás entidades.
- Número Médico: atributo que permite ingresar la identificación del médico,
- Especialidad: atributo que contribuye con la especialidad del médico.
- Licencia Médica: atributo que permite conocer la licencia médica del especialista y por tanto asegurar su profesionalismo.
- Código Persona: atributo que permite vincular al médico con su información correspondiente a la entidad persona.

#### **4.4.1.2.5. Entidad Historia Clínica**

Corresponde a la entidad que contendrá la información previa que necesita el médico para poder hacer un diagnóstico adecuado de los respectivos pacientes. Para ello cuenta con los siguientes campos:

- Código Historia Clínica: atributo que identifica de manera única la historia clínica y funciona como vínculo con las demás entidades.
- Fecha Inicio: atributo que permite conocer desde cuando se lleva un registro.
- Fecha Última Actualización: atributo para conocer la última ocasión en que se realizó un registro.
- Enfermedad Actual: atributo con la información sobre posibles enfermedades del paciente.

- Antecedentes Mórbitos: atributo para conocer antecedentes adicionales del paciente.
- Hábitos: atributo que permite conocer hábitos que contribuyan en el diagnóstico.
- Uso de Medicamentos: atributo que permite conocer si el paciente consume algún medicamento adicional a los que puedan ser percibidos.
- Alergias: atributo esencial para evitar posibles problemas en el tratamiento.
- Antecedentes Familiares: atributo para conocer enfermedades que puedan desarrollarse por herencia genética.
- Inmunizaciones: atributo que permite conocer tratamientos previos hechos sobre los pacientes.
- Código Paciente: atributo que permite vincular la historia clínica con la información del paciente correspondiente.

#### **4.4.1.2.6. Entidad Datos Cardiógrafo**

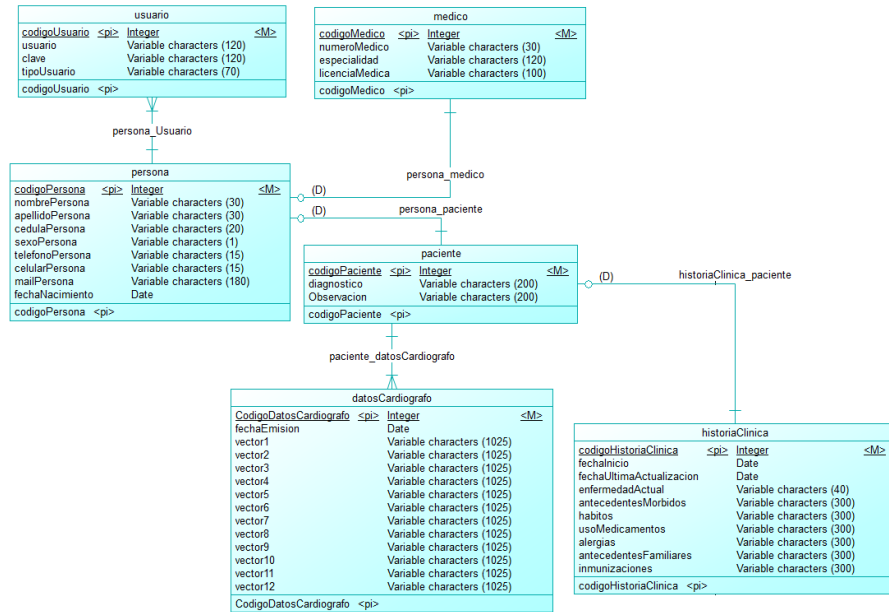
Corresponde a la entidad que contendrá los datos obtenidos por el sistema de adquisición de las señales cardiacas para su posterior presentación. Para ellos posee los siguientes atributos:

- Código Datos Cardiógrafo: atributo que identifica de manera única a los datos obtenidos por el sistema y funciona como vínculo con las demás entidades.
- Fecha Emisión: atributo que precisa la fecha en que se realizó cada toma de datos para el examen.
- Vector 1- vector 12: atributos que almacenan cada una de las 12 señales cardiacas que pueden ser presentadas para realizar un diagnóstico.
- Código Paciente: atributo que permite vincular los datos del electrocardiograma con la información del paciente correspondiente.

#### **4.4.1.3. Programación de la Base de Datos**

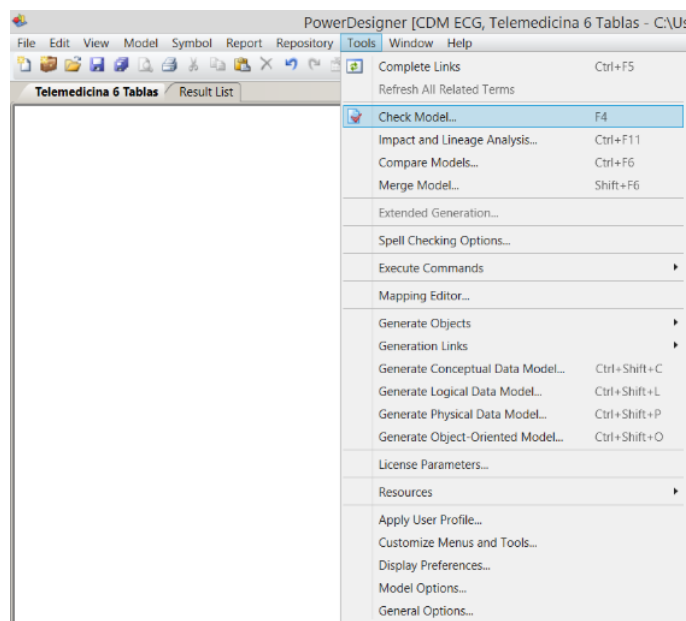
Para programar la base de datos se utilizó el software Power Designer, una herramienta sencilla que permite crear de manera dinámica una estructura básica conocida como Modelo Conceptual de Datos.

Posterior a elaborar todas las entidades, argumentos y las relaciones de dependencia de los datos, se construye un modelo físico de la base de datos como el de la Figura 49:



**Figura 49. Modelo Conceptual de la Base de Datos**

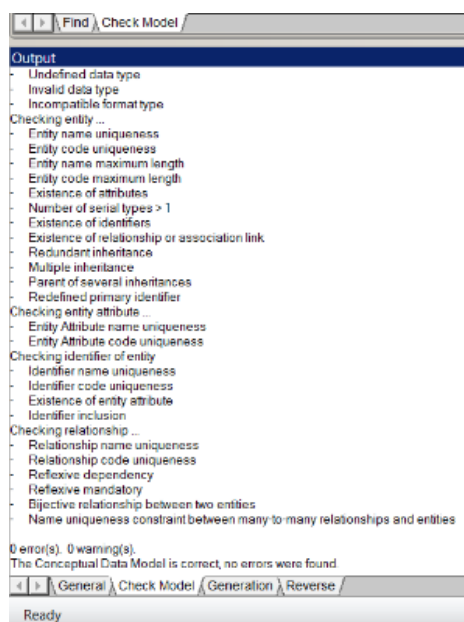
En el entorno de diseño de Power Designer, dentro de la barra de herramientas es necesario acceder a la opción “Tools” y dentro de ella a la opción “Check Model” para comprobar que el modelo de la base de datos no contiene errores como se muestra en Figura 50.



**Figura 50. Comprobar Errores de Diseño en Power Designer**

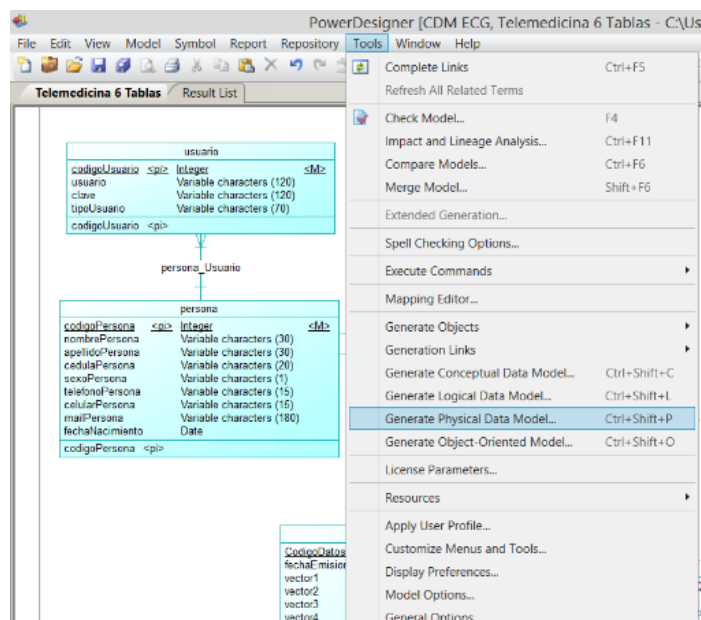


Una vez que se ha comprobado que no existen errores en la lista de resultados de la Figura 51, se puede avanzar al siguiente paso.



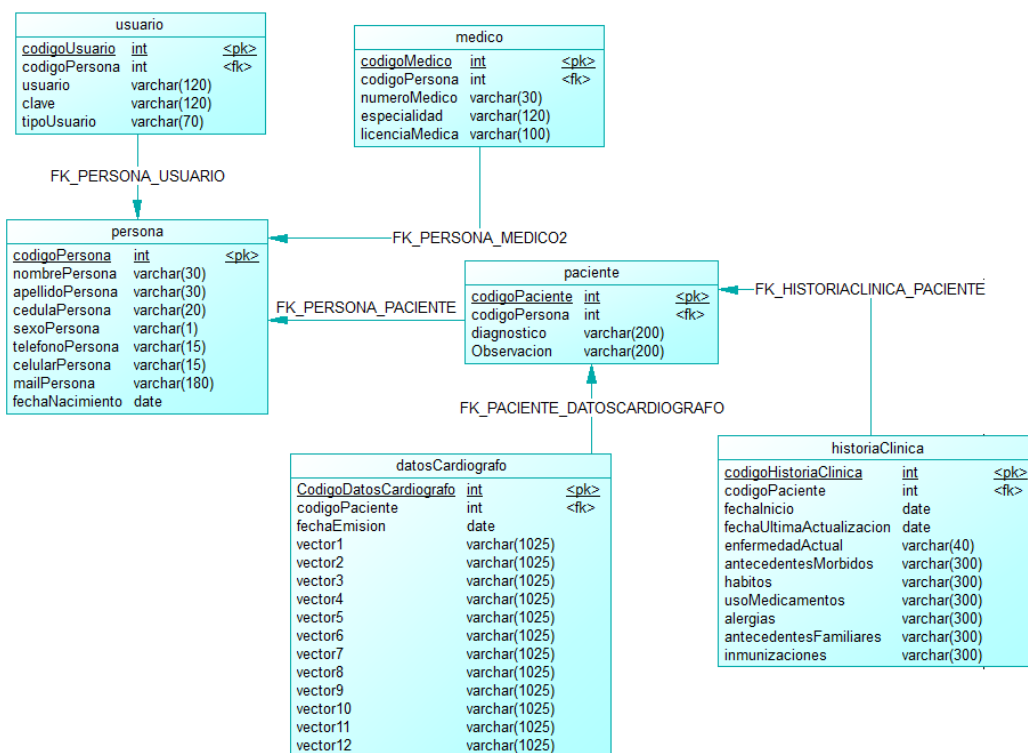
**Figura 51. Resultado de la comprobación de errores**

A continuación se muestra en la Figura 52 el acceso a la opción “Generate Physical Data Model” dentro de la opción “Tools” en la barra de herramientas y para realizar la construcción del modelo físico que conformará la estructura de la base de datos.



**Figura 52. Herramienta para Elaborar el Modelo Físico**

Finalmente se obtiene el modelo físico de la Figura 53, de acuerdo a lo diseñado en el modelo conceptual.



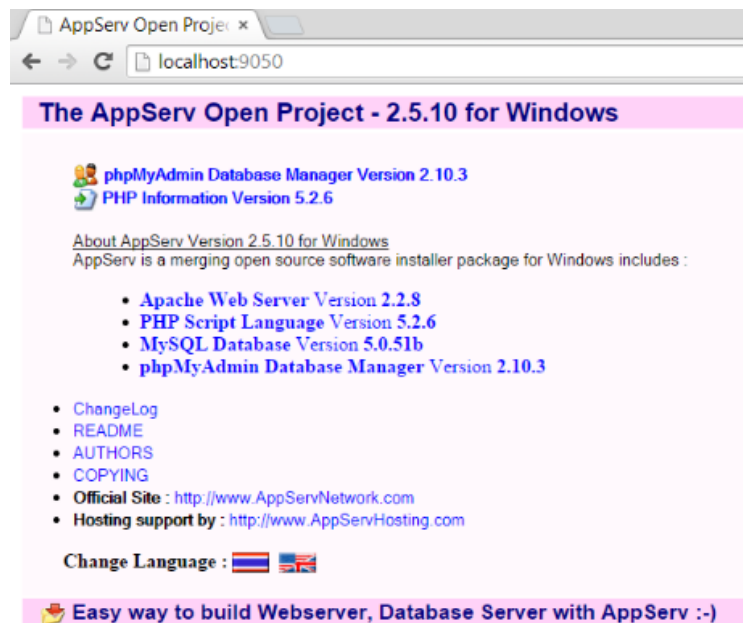
**Figura 53. Modelo Físico de la Base de Datos**

Una vez que el modelo físico se encuentra terminado, es necesario generar el código en lenguaje SQL que formará la base de datos con la que el sistema va a interconectarse para realizar su trabajo.

De acuerdo al entorno que se escoja, la programación se va a realizar en dos Software enfocados en la creación de bases de datos que se muestran a continuación:

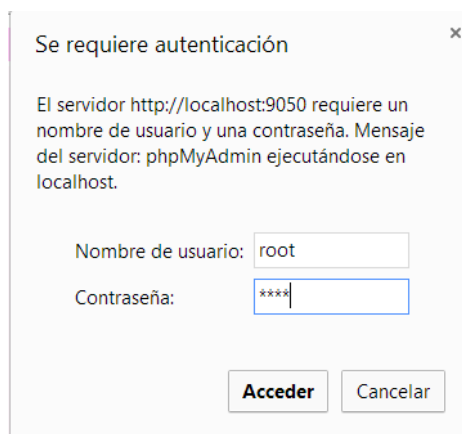
#### 4.4.1.3.1. Base de Datos en MySQL

Es necesario ingresar al administrador de la base de datos “phpMyAdmin” que utiliza el programa MySQL y se encuentra dentro del paquete “AppServ” previamente instalado. Se debe acceder al navegador web y escribir en la barra de direcciones lo siguiente: localhost:9050; esta dirección conduce al escritorio que se muestra en la Figura 54.



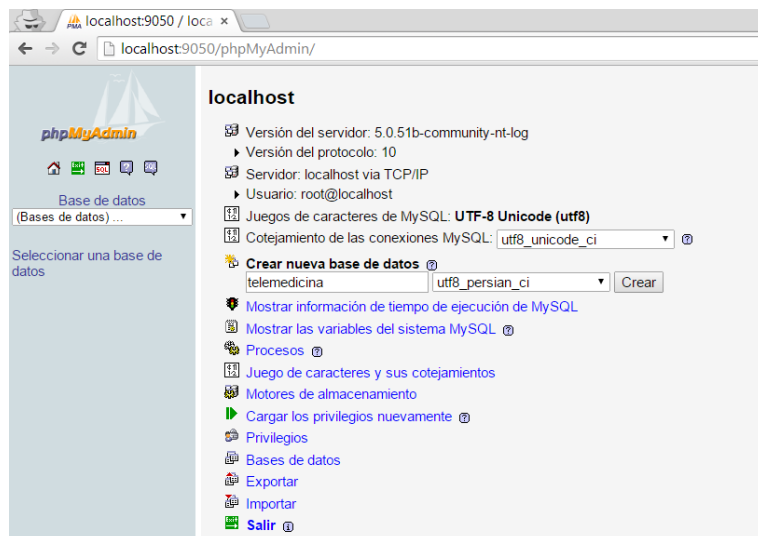
**Figura 54. Escritorio AppServ**

En el entorno de AppServ hay que acceder a la opción “phpMyAdmin Database Manager Version 2.10.3” y después escribir el usuario y contraseña requeridos en la ventana de la Figura 55, en ambos casos la palabra es “root”.



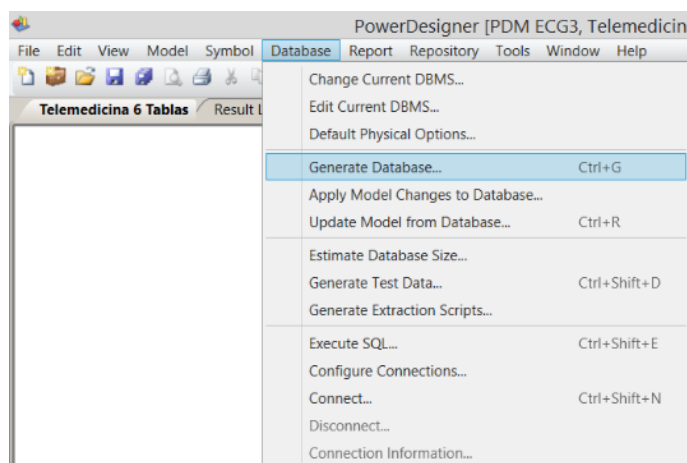
**Figura 55. Ventana de Autenticación phpMyAdmin**

En la ventana de la Figura 56 se ubica la opción “Crear nueva base de datos” y se introduce el nombre escogido. En el caso particular del proyecto desarrollado se escogió “Telemedicina”. Finalmente se presiona el botón “Crear”.



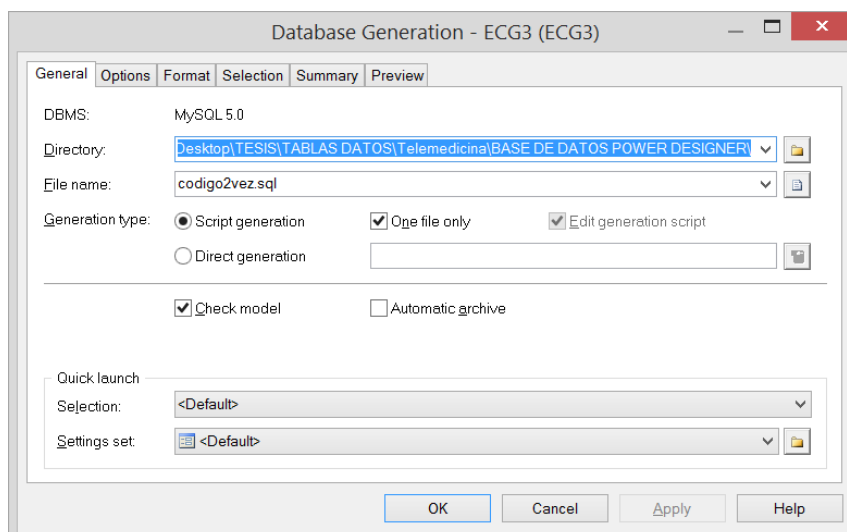
**Figura 56. Crear Base de datos phpMyAdmin**

Para insertar los comandos adecuados que permitan ingresar toda la información y la estructurada diseñada previamente, hay que regresar al entorno de Power Designer, donde se encuentra el modelo físico. En Power Designer se busca en la barra de herramientas la opción “Database” y en su interior el comando “Generate Database” como se muestra en la Figura 57.



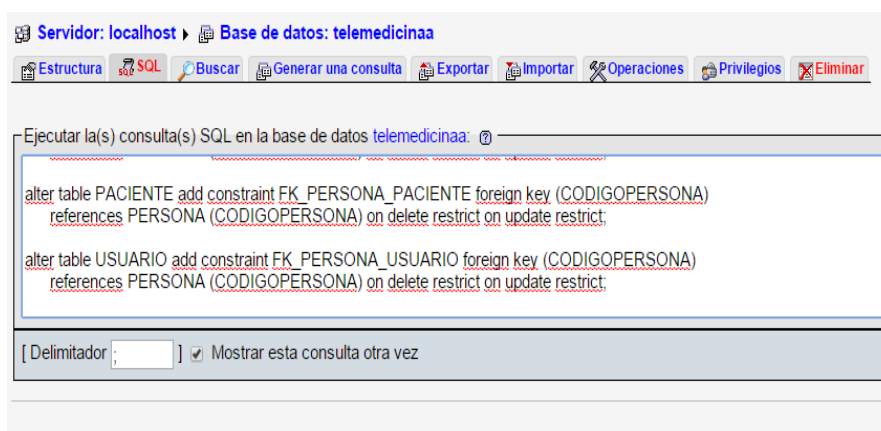
**Figura 57. Opción Generar Base de Datos**

Posteriormente se presenta una ventana como en la Figura 58 donde se procede a configurar el formato en que se entrega el código para la creación de la base de datos. Es necesario escoger el nombre del archivo que se va a generar, y en la opción “Generation type” elegir “Script Generation”.



**Figura 58. Opciones para creación de Base de datos**

Se crea un archivo de texto con el código SQL perteneciente a la base de datos, para el paso final es necesario copiar este código y luego volver al entorno de phpMyAdmin donde se busca dentro de las pestañas superiores la opción “SQL” y en su interior se pega el contenido del archivo txt, como se muestra en la Figura 59.



**Figura 59. Creación Base de Datos**

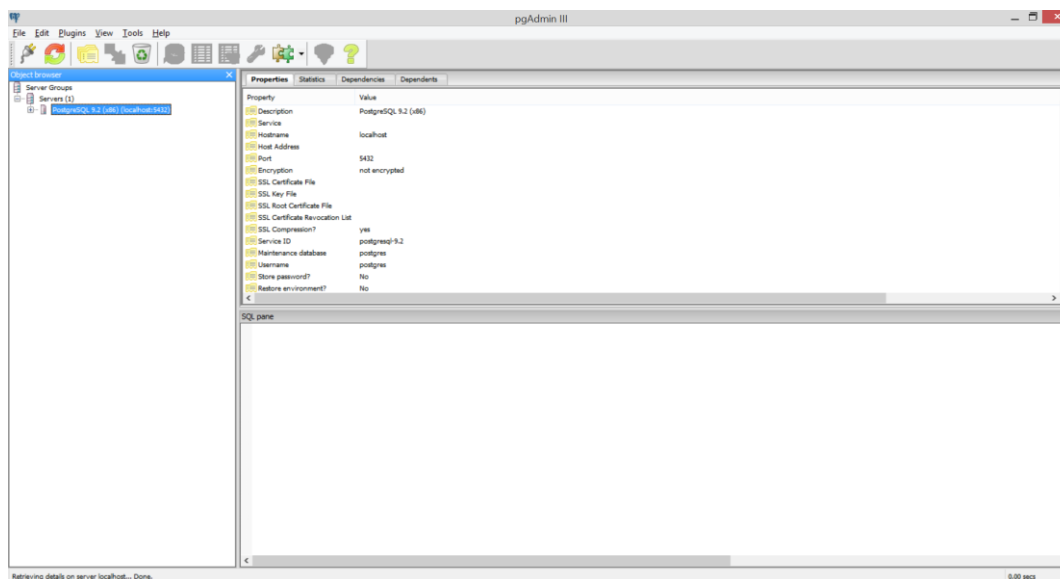
Finalmente se presiona el botón continuar y como se muestra en la Figura 60, se han creado todos los campos y relaciones previamente establecidas para la Base de Datos del sistema.

Tabla	Acción	Registros	Tipo	Cotejamiento	Tamaño	Residuo a depurar
<input type="checkbox"/> datoscardiografo		0	MyISAM	utf8_persian_ci	1.0 KB	-
<input type="checkbox"/> historiaclinica		0	MyISAM	utf8_persian_ci	1.0 KB	-
<input type="checkbox"/> medico		0	MyISAM	utf8_persian_ci	1.0 KB	-
<input type="checkbox"/> paciente		0	MyISAM	utf8_persian_ci	1.0 KB	-
<input type="checkbox"/> persona		0	MyISAM	utf8_persian_ci	1.0 KB	-
<input type="checkbox"/> usuario		0	MyISAM	utf8_persian_ci	1.0 KB	-
6 tabla(s)	Número de filas	0	MyISAM	utf8_persian_ci	6.0 KB	0 Bytes

**Figura 60. Base de Datos del Sistema ECG**

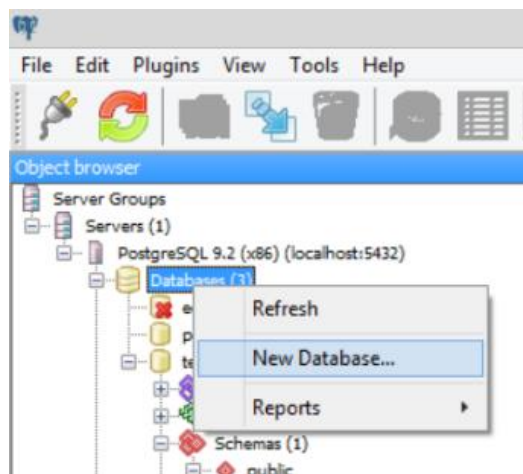
#### 4.4.1.3.2. Base de Datos en PostgreSQL

Como pre requisito para la programación en Postgres, es necesaria la instalación del programa PgAdmin 3 que posee un entorno de trabajo como el mostrado en la Figura 61.



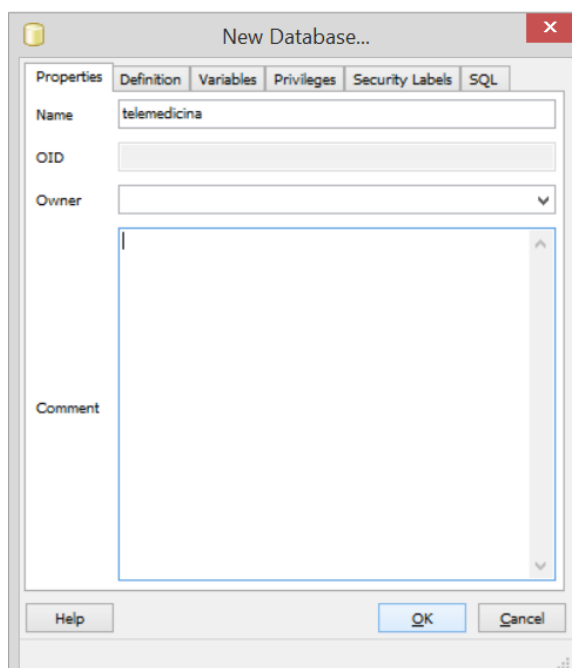
**Figura 61. Entorno de PgAdmin 3**

A continuación se despliega el ícono de PostgreSQL que permite acceder a la opción Databases, se hace clic sobre ella y se elige New Database como se muestra en la Figura 62.



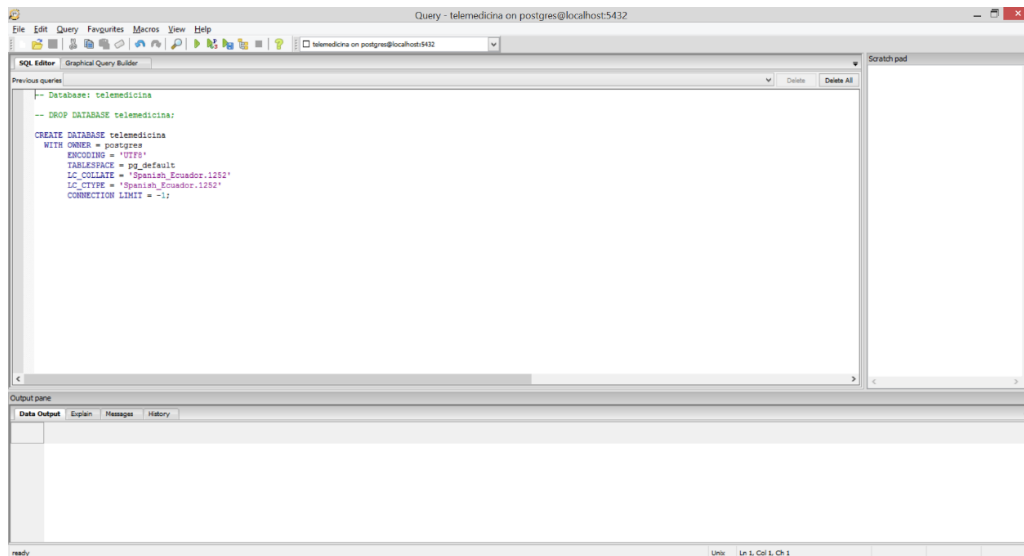
**Figura 62. Crear una nueva Base de Datos**

Dentro del cuadro de dialogo que aparece introducimos el nombre de la base de datos, en este caso particular será “telemedicina” y a continuación se pone “OK” como en la Figura 63.



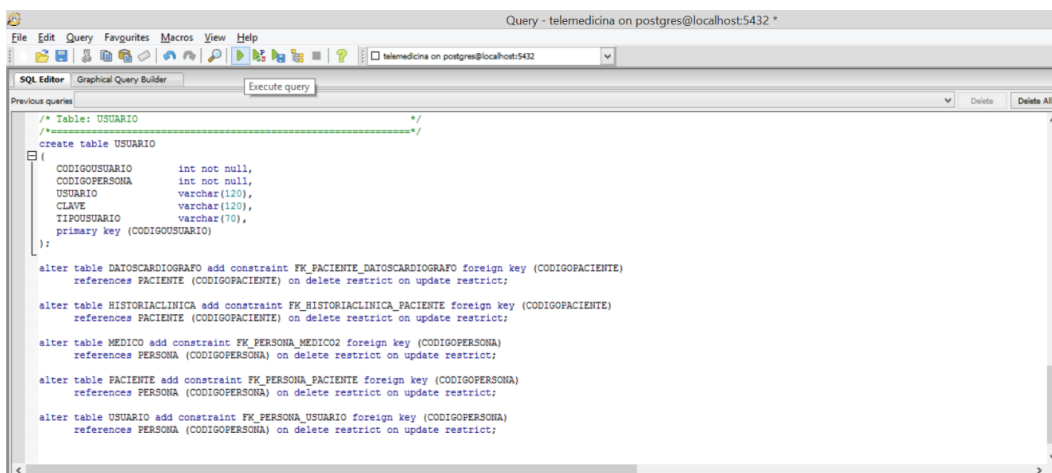
**Figura 63. Cuadro de creación de la Base de Datos**

A continuación se hace clic derecho sobre el nombre de la base de datos creada y se escoge la opción “Create Script” que conduce a una nueva ventana del programa como se muestra en la Figura 64.



**Figura 64. Ventana para creación de Scripts**

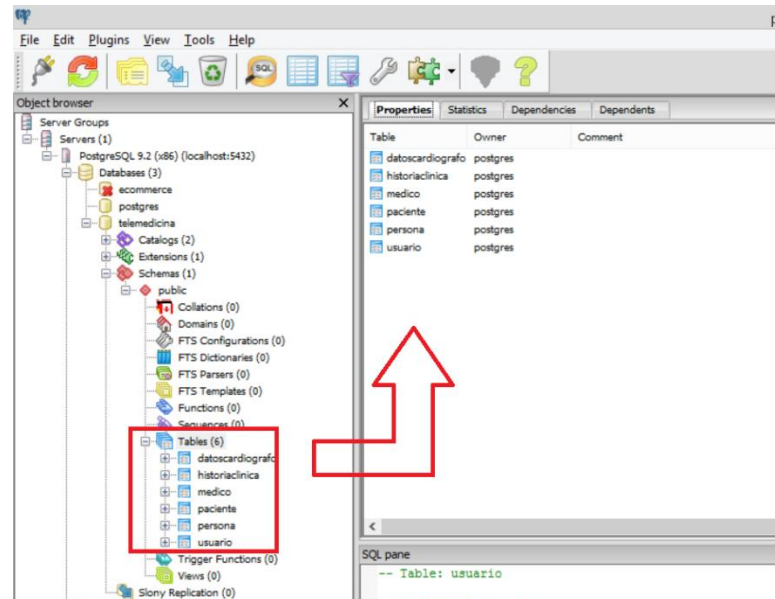
En la ventana para la creación de Scripts, dentro de la pestaña SQL Editor, se copia las líneas de código SQL creadas mediante el diseño en Power Designer y se presiona el botón “Execute Query” como se muestra en la Figura 65.



**Figura 65. Ejecución del código SQL**

Finalmente se cierra la ventana de creación de Scripts y se comprueba que se creó correctamente las tablas con sus respectivos campos que conforman la base de datos del sistema, como se muestra en la Figura 66.





**Figura 66. Tablas de la Base de Datos telemedicina**

#### **4.4.2. Configuración y levantamiento de los servidores**

Para el desarrollo de la aplicación de Telemedicina, se procedió a levantar los servidores, en donde se utilizó el programa AppServ 2.5.10 para el manejo de la Base de Datos de MySQL, y el Servidor GlassFish Server 4.1 para la administración de la aplicación WEB.

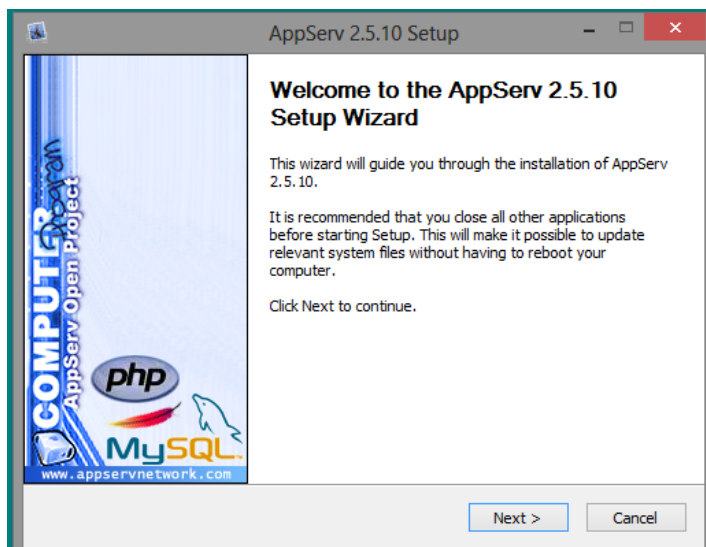
##### **4.4.2.1. Servidor para la Base de Datos**

Para el desarrollo de la aplicación de Telemedicina, se procedió a levantar los servidores, en donde se utilizó el programa AppServ 2.5.10 para el manejo de la Base de Datos de MySQL, y el Servidor GlassFish Server 4.1 para la administración de la aplicación WEB.

##### **4.4.2.2. Servidor para la Base de Datos**

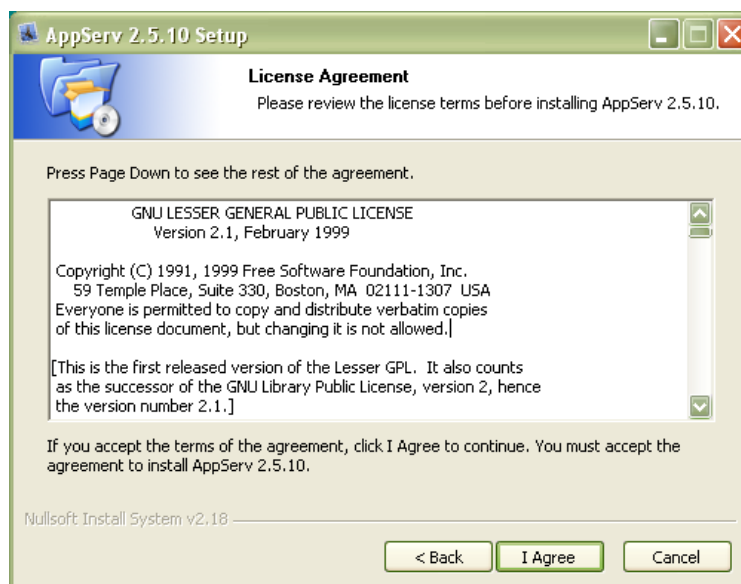
El AppServ es un software que incluye los programas Apache WEB server versión 2.2.8 para el levantamiento del servidor, PHP Script Language como lenguaje para programación Web (no se va a utilizar) y MySQL Database para la programación de la base de datos.

Para la Instalación del Software se procedió a seguir los siguientes pasos:



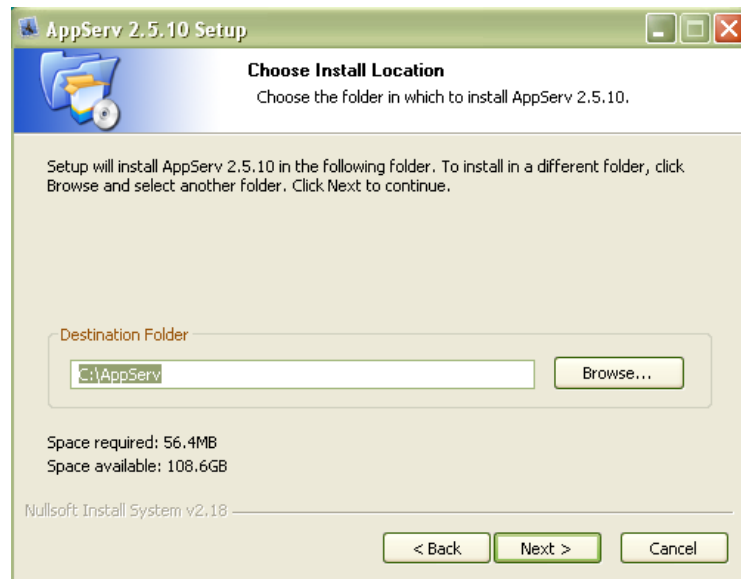
**Figura 67 Inicio para la Instalación del AppServ**

Al abrir el archivo de Instalación, se puede visualizar la versión del programa a instalar como se puede observar en la Figura 67, tras verificar que todas las aplicaciones del escritorio estén cerradas, se da clic en Next.



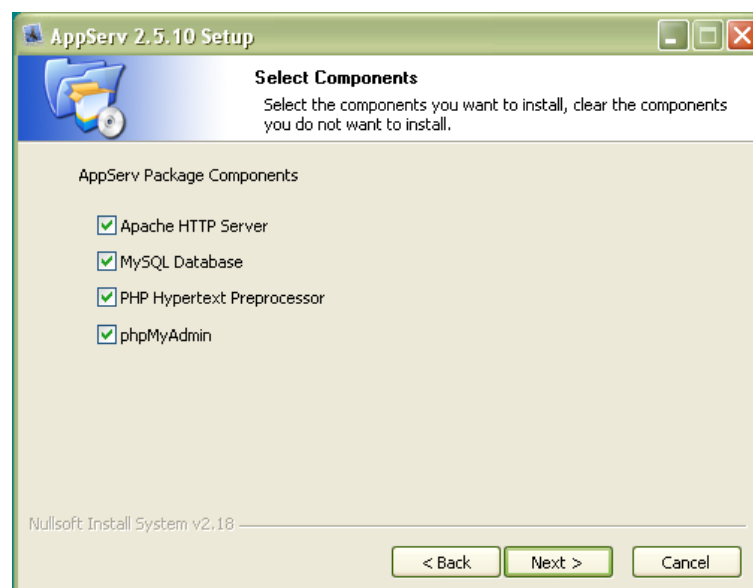
**Figura 68 Licencia del AppServ**

En la Figura 68 se muestra que el tipo de licencia de esta aplicación es de open Source, dar clic en I Agree, y se mostrara la pantalla de la Figura 69



**Figura 69 Ubicación de la Instalación del Programa AppServ**

La ruta de instalación se la puede cambiar, para el caso del servidor levantado se ha elegido el disco Local C, en el cual estará el Servidor de la base de Datos MySQL, posteriormente dar clic en Next.



**Figura 70 Programas a instalar del AppServ**

En la Figura 70 se muestra los programas a instalarse con el paquete de AppServ, los cuales se listan a continuación:

- **Apache HTTP Server:** Sera el servidor que contenga alojada la base de datos y todos los componentes del AppServ.

- **MySQL Database:** Es la base de Datos a utilizar para la elaboración de la aplicación de Telemedicina.
- **PHP Hypertext Preprocessor:** Es un lenguaje para programación Web, en la aplicación realizada se utilizó el lenguaje java y HTML5 (XHTML).
- **phpMyAdmin:** Es el programa que permitirá el acceso y gestión de los recursos del AppServ, en el caso particular de la aplicación de tememedica, permitirá la gestión directa de la base de Datos.

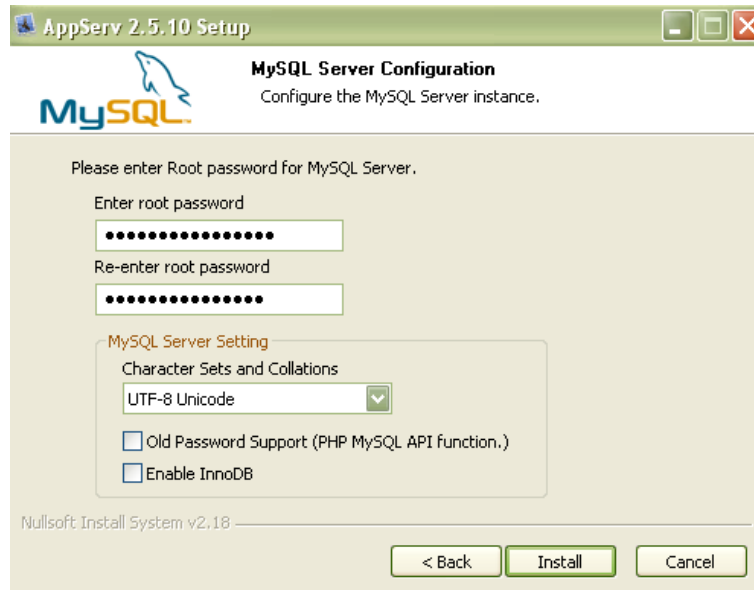
Seleccionar los cuatro programas para instalarlos, y dar clic en Next.

**Figura 71 Configuración del Apache HTTP Server**

En la Figura 71 se debe realizar la configuración del servidor, en donde se llenaran los siguientes campos:

- **Server Name:** Es el nombre que se utilizará para ingresar al servidor desde el browser del navegador, se seleccionó localhost
- **Administrator mail:** Es el lugar donde llegaran las notificaciones por parte del servidor, se colocó el mail del administrador de la aplicación.
- **Port:** El Puerto predeterminado para los servidores de Apache es el 80, por lo que se dejara el mismo.

Una vez llenados los campos dar clic en Next



**Figura 72 Configuración de la Base de Datos MySQL**

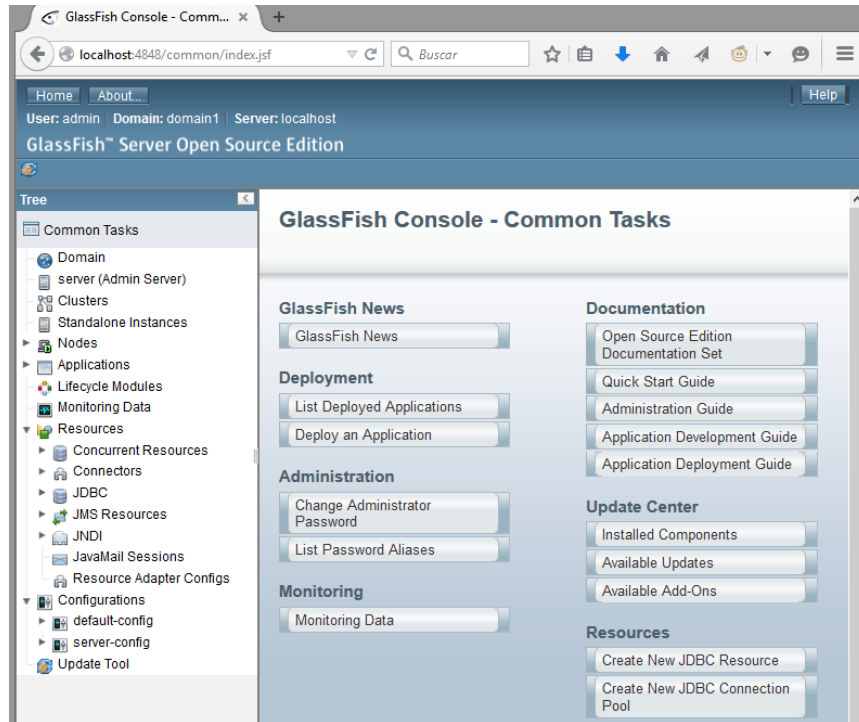
En la Figura 72 se procede a configurar la Base de Datos, asignando la contraseña al usuario. También se ha asignado el cotejamiento de UTF-8 Unicode debido a que es un estándar muy utilizado. El cotejamiento UTF-8 es capaz de reconocer cualquier carácter Unicode y usa simbologías de longitud variable.

Posteriormente se da clic en Instalar, y se instalará el programa de AppServer., con lo que se ha terminado el levantamiento del servidor para la Base de Batos.

#### **4.4.2.3. Servidor GlassFish para la aplicación**

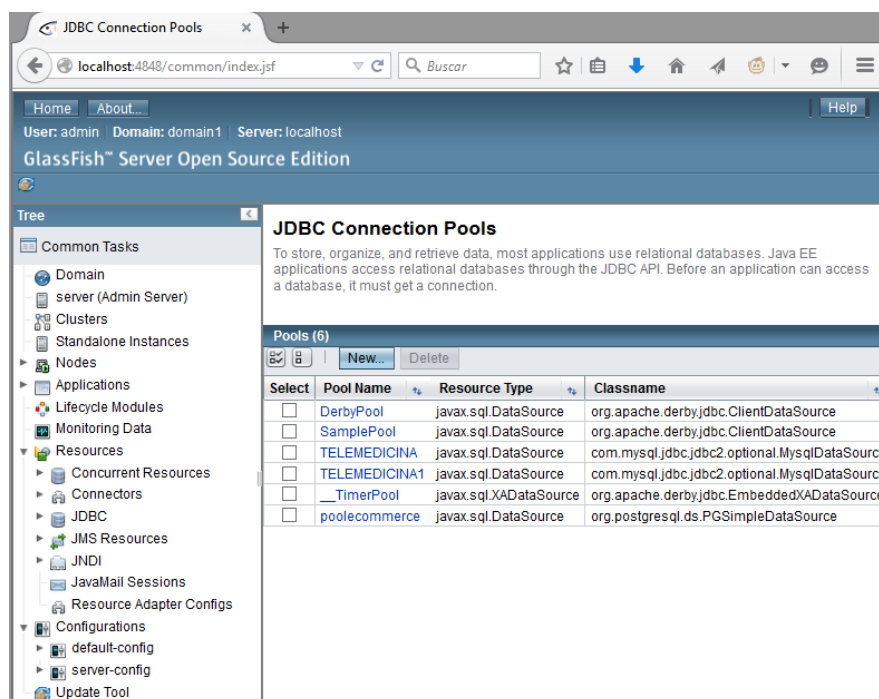
El servidor GlassFish es un servidor de aplicaciones de código abierto que viene integrado en el entorno del IDE de NetBeans 8.0. En la aplicación de telemedicina se lo utilizo para gestionar las páginas WEB con la Base de Datos. Al instalar el IDE de NetBeans, el servidor GlassFish fue instalado por default, por lo que la aplicación creada puede utilizarlo sin problemas, para su vinculación con la Base de Datos se realizó la configuración descrita a continuación.

Como primer paso se debe verificar que el servidor de GlassFish este en ejecución, por lo que es recomendable que el servicio se inicie automáticamente cuando se prende el ordenador, posteriormente se ingresara al servidor mediante el browser como se muestra en la Figura 73



**Figura 73** Página de configuración del Servidor GlassFish

GlassFish tiene como puerto predeterminado el 4848, posteriormente se debe de ingresar en la opción de JDBC, dar clic en JDBC Connection Pools, donde se mostraran las conexiones actuales que se tienen con el servidor como se muestra en la Figura 74



**Figura 74** Configuración de conexiones del GlassFish

Es necesario crear una nueva configuración, por lo que se hace clic en New, y se llenan los datos de la nueva conexión como se muestra en la Figura 75

- **Pool Name:** Este parámetro será el nombre que se le asigne a la conexión
- **Resource Type:** Será el driver que permitirá la conexión con la base de datos, el `javax.sql.DataSource` permite la conexión entre el servidor y las bases de datos escritas en lenguaje SQL.
- **Database Driver Vendor:** Se refiere en si al programa en el que fue creada la base de Datos, en el caso de esta aplicación de telemedicina es el MySQL.

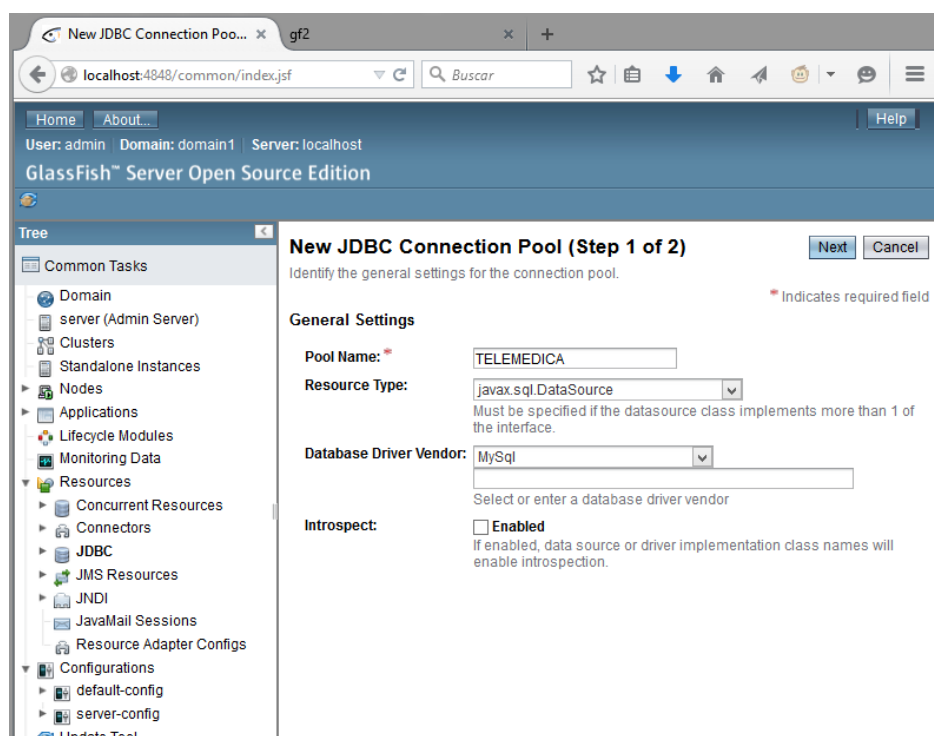
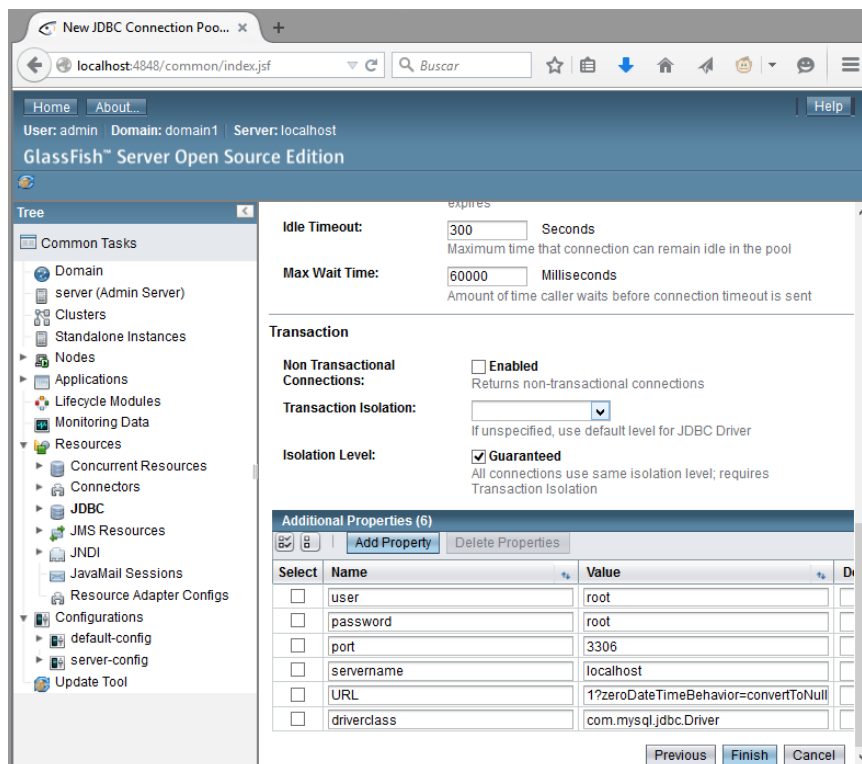


Figura 75 Configuración del Pool de conexiones

Al finalizar de llenar la información necesaria, se da clic en Next

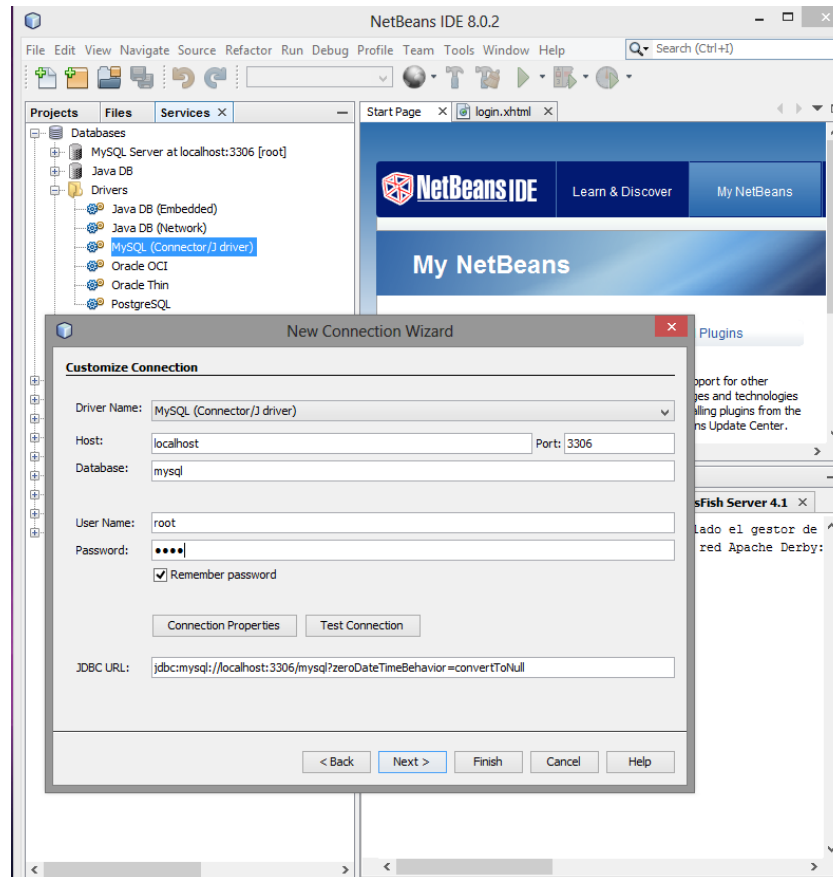


**Figura 76 Configuración del Pool de Conexiones parte 2**

- En la Figura 76 se muestra la configuración de las propiedades necesarias para conectarse con la base de datos, teniendo los siguientes valores:
- El valor del **user** es el Usuario que se predefinió cuando se creó la base de Datos
- El valor del **password** es la clave de acceso hacia la base de Datos.
- El valor del **port** es el puerto que utiliza el servidor GlassFish para la conexión con la base de Datos, el puerto por default de MySQL es el 3306.
- El valor del **servername** es la dirección donde se encuentra guardada la base de datos, para un servidor local se define como localhost, si se encontrara en otro dispositivo se pondrá la dirección IP, y si estuviera en el Internet se especificara la dirección Web donde se encuentre alojada la base de Datos.
- El valor del **driverclass** es de acuerdo al driver de java que se utilizara para la conexión con la base de datos. El valor depende de donde se creó la base de datos, para el caso de esta aplicación el Driver a utilizar será definido por el valor de com.mysql.jdbc.Driver
- El valor del **URL** se lo saca de la plataforma de NetBeans, para lo cual se debe realizar lo siguiente.



Dar clic en Servicios, se abrirá la pestaña de Databases, después abrir la carpeta de Drivers y dar doble clic en el driver de MySQL, en donde se desplegara la ventana de la Figura 77.



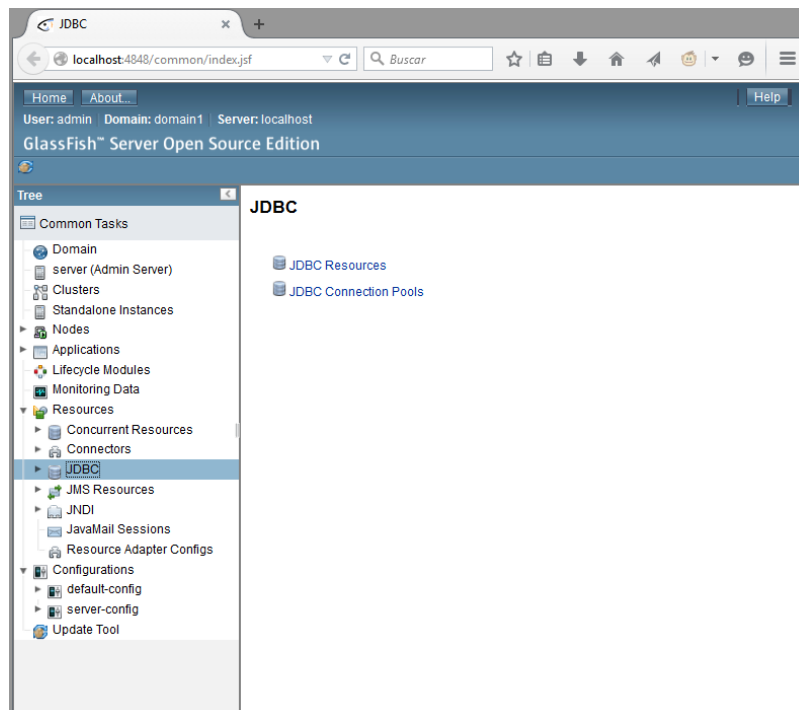
**Figura 77 Configuración del Driver de NetBeans para la conexión con la BDD**

Los valores de los campos de la Figura 77 se los debe llenar de la siguiente manera:

- **Host:** Es la dirección donde está alojada la base de datos
- **Port:** Es el puerto con el que se trabaja por default en MySQL.
- **User Name:** Es el nombre de usuario que se utilizada para ingresar a la base de datos
- **Password:** Es la contraseña que se definió para poder ingresar a la base de datos
- **JDBC URL:** Este campo se llenara automáticamente, al mismo tiempo que se llenen los demás campos.

Una vez llenos todos los campos se copia el valor del JDBC URL en la configuración de GlassFish en el valor del URL, finalmente se da clic en Finish.

Una vez llenado todos los parámetros de la Figura 76 se da clic en Finish y se procede a configurar el JDBC Resources. Para ingresar al JDBC Resources se accede a la página principal del servidor GlassFish como se muestra en la Figura 78

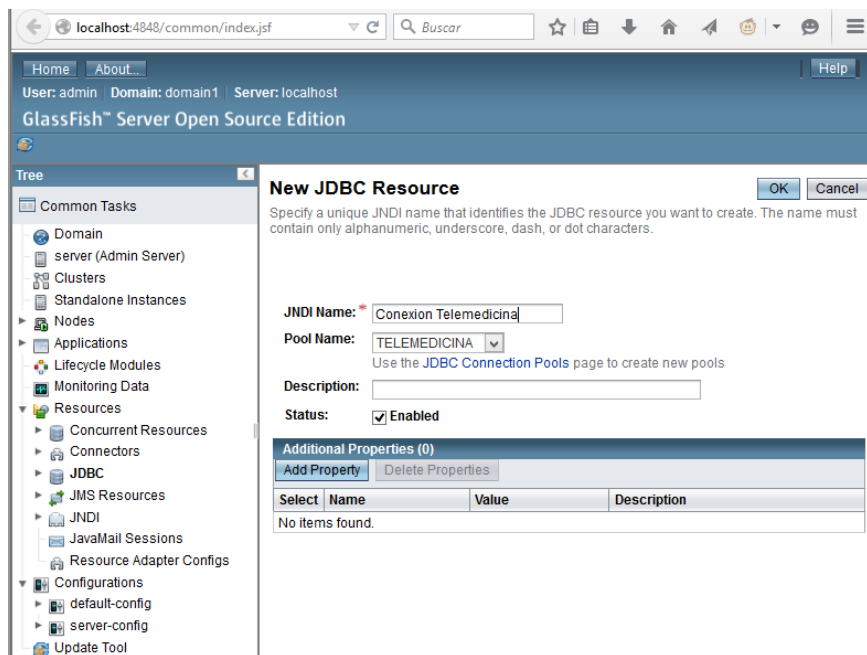


**Figura 78 Configuración del JDBC en GlassFish**

Se da clic en JDBC Resources, y posteriormente se da clic en New para poder crear un nuevo recurso de conexión desde el servidor con la base de datos, en la Figura 79 se procede a llenar los parámetros de configuración.

- **JNDI Name:** Será el nombre que se asigne a la conexión, este nombre será el que se observe al momento de la creación de la aplicación.
- **Pool Name:** Es la configuración del Pool que se realizó en los pasos anteriores, se pone el nombre de TELEMEDICINA.

Llenos los parámetros mencionados, se da clic en OK, y así se abra finalizado la configuración del servidor para la aplicación de Telemedicina.



**Figura 79 Configuración del JDBC Resources en GlassFish**

#### 4.4.3. Diseño del sistema de monitoreo en Línea

Durante el diseño del sistema se establecieron los lineamientos para la elaboración de código, estructuración del programa y esquema de la interfaz del usuario. Tomando en cuenta la finalidad de la aplicación y su desarrollo dentro de un entorno WEB se decidió atender a los siguientes tres aspectos para el desarrollo:

- Metodología para desarrollo WEB UWE: su amplia aplicación en sistemas Web por comunicarse con el lenguaje estándar HTML y su relación con un modelo que especifica clases y atributos, permite fácilmente fusionar sus conceptos con la creación de una base de datos para el manejo de información de usuarios y médicos, además de establecer herramientas como diagramas y una notación (UML) para cada etapa de la creación del sistema.
- Estándares de Diseño Web: considera normas y pruebas de funcionamiento para la creación de cualquier aplicación orientada a la Web, su fin es hacer que la interfaz para el usuario sea eficiente, sencilla de utilizar y compatible con los navegadores más usados.
- Estándares en Telemedicina: estas reglas se encuentran implícitas debido a la finalidad del sistema, puesto que la aplicación de monitoreo remoto para un ECG debe cumplir con reglas orientadas al manejo de datos clínicos. Es así que se toma en cuenta estándares para la seguridad, transacción y

presentación de la información de los pacientes. Dentro de este aspecto se destaca el uso de la norma HL7, reconocida internacionalmente y aplicada en varios países de Latinoamérica

Para iniciar el proceso de diseño del sistema, se escogió una metodología estándar para el desarrollo WEB conocido como UWE y que basa su teoría en UML, lo que nos va a permitir crear los modelos necesarios. El diseño consta de los siguientes pasos:

#### 4.4.3.1. Análisis de Requerimientos

La primera etapa del diseño corresponde a realizar un análisis de requisitos que comprende la elaboración de un diagrama donde se especifica los casos de uso del sistema a través de estereotipos presentes en UWE. Los casos de uso definen si los datos persistentes de la aplicación son modificados o no. Como se indica en la Figura 80 se crean 3 tipos de usuario para el sistema correspondientes al Médico, Paciente y Administrador.

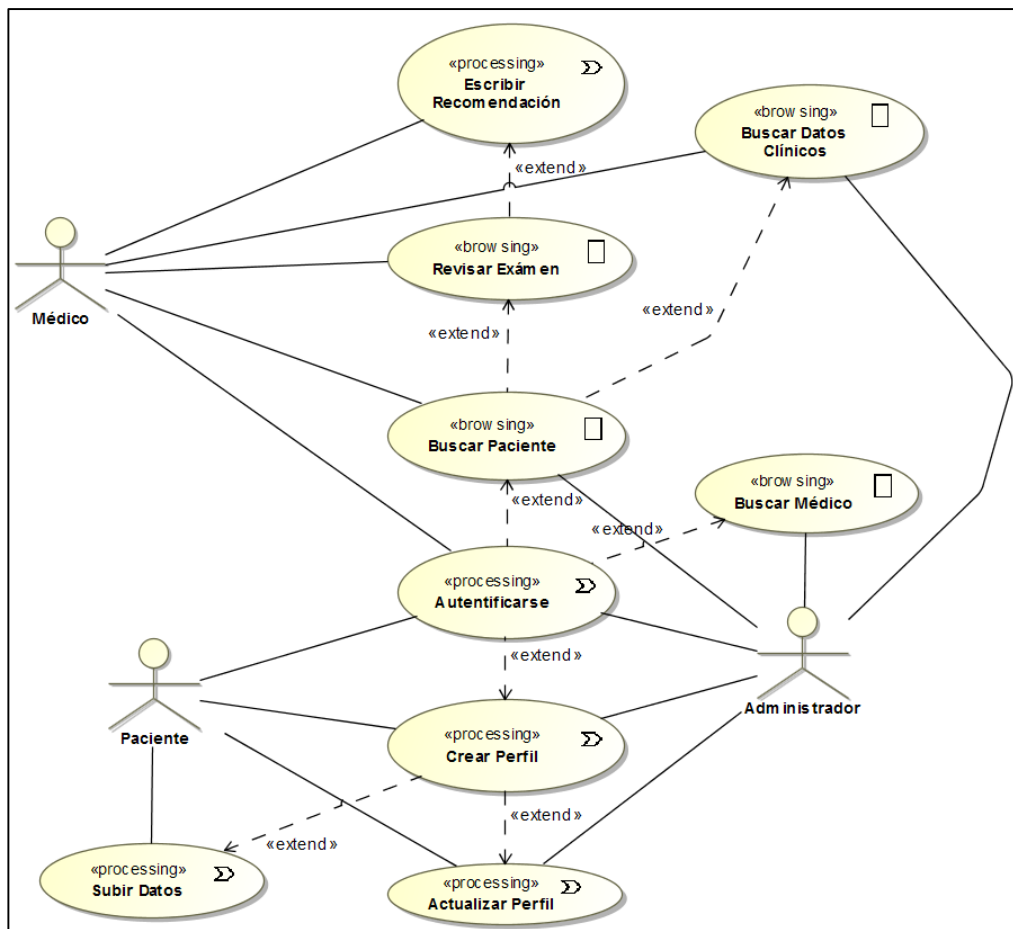


Figura 80. Diagrama de Casos de Uso

Los estereotipos utilizados son <<browsing>> para modelar opciones referentes a búsqueda como son: buscar paciente, buscar médico, revisar examen, buscar datos clínicos, y <<processing>> para modelar opciones que modifican los datos como son: subir datos, actualizar perfil, crear perfil, escribir recomendación, autenticarse.

### 4.4.3.2. Diagrama UML

El Diagrama UML es en donde se describe cada uno de los componentes y métodos de cada clase. Para la creación de los UML se basa en la usabilidad que tendrá el sistema (descrito en el análisis de requerimientos). Considerando la extensión y la estructura del programa, se separaron a los diagramas de acuerdo a tres paquetes que son: entidades, servicios y controladores.

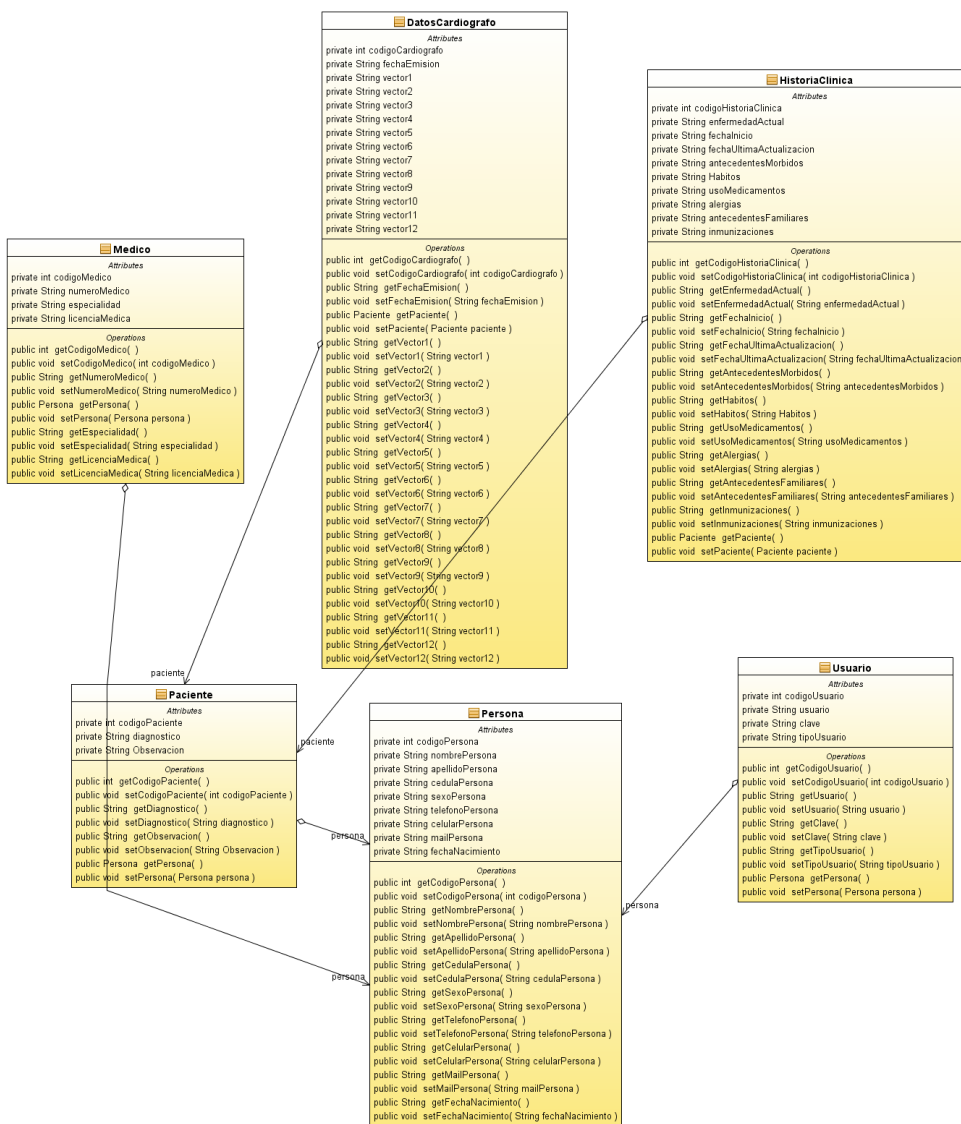
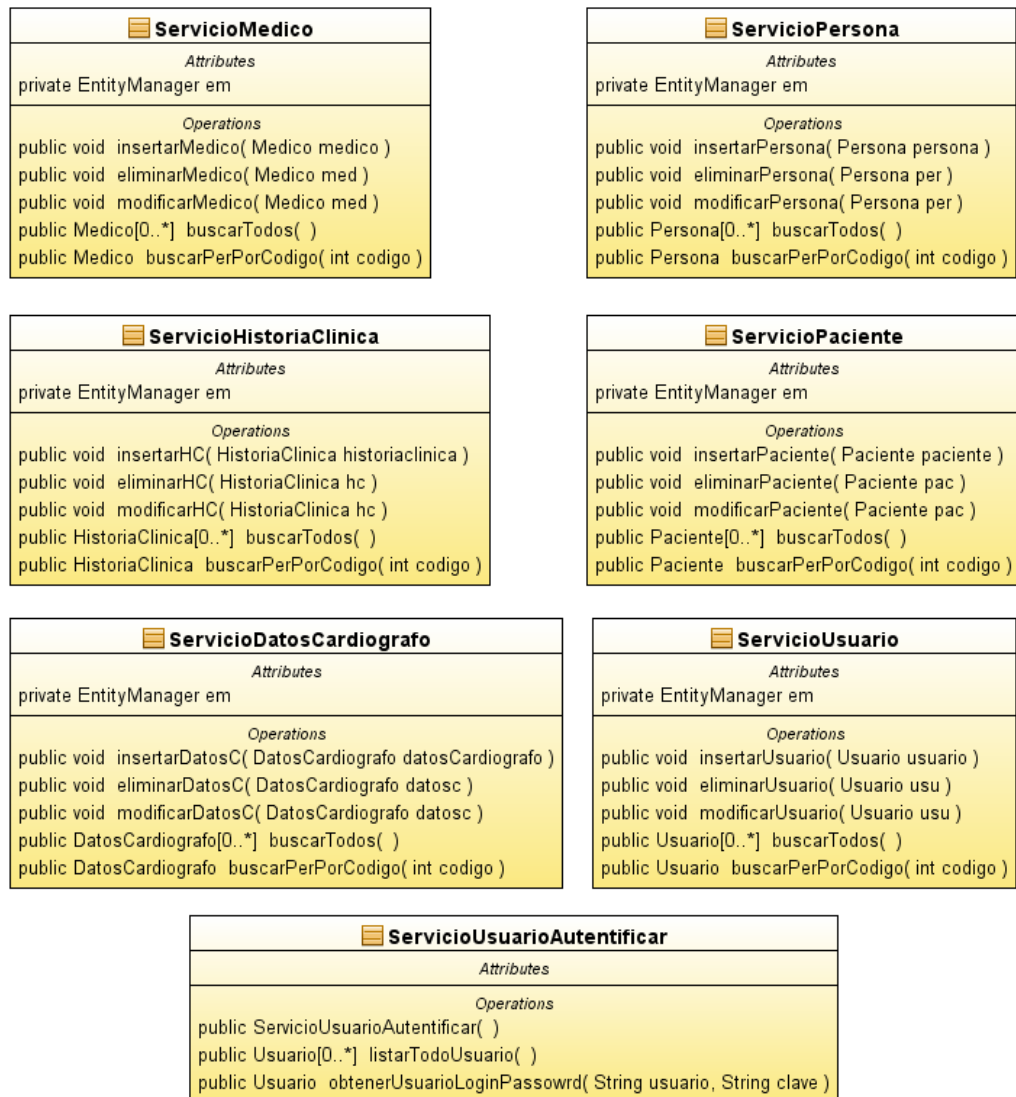


Figura 81 Diagrama UML de las Entidades

En la Figura 81 se puede apreciar el diagrama UML del paquete de entidades, donde se muestran las relaciones entre las clases que representan a las diferentes tablas de la base de datos y sus respectivos atributos.



**Figura 82 Diagrama UML de los Servicios**

En la Figura 82 se muestra la representación en diagrama UML del paquete de servicios. Las clases no muestran ninguna relación directa debido a que se relacionan con los paquetes de entidades y el de controlador.

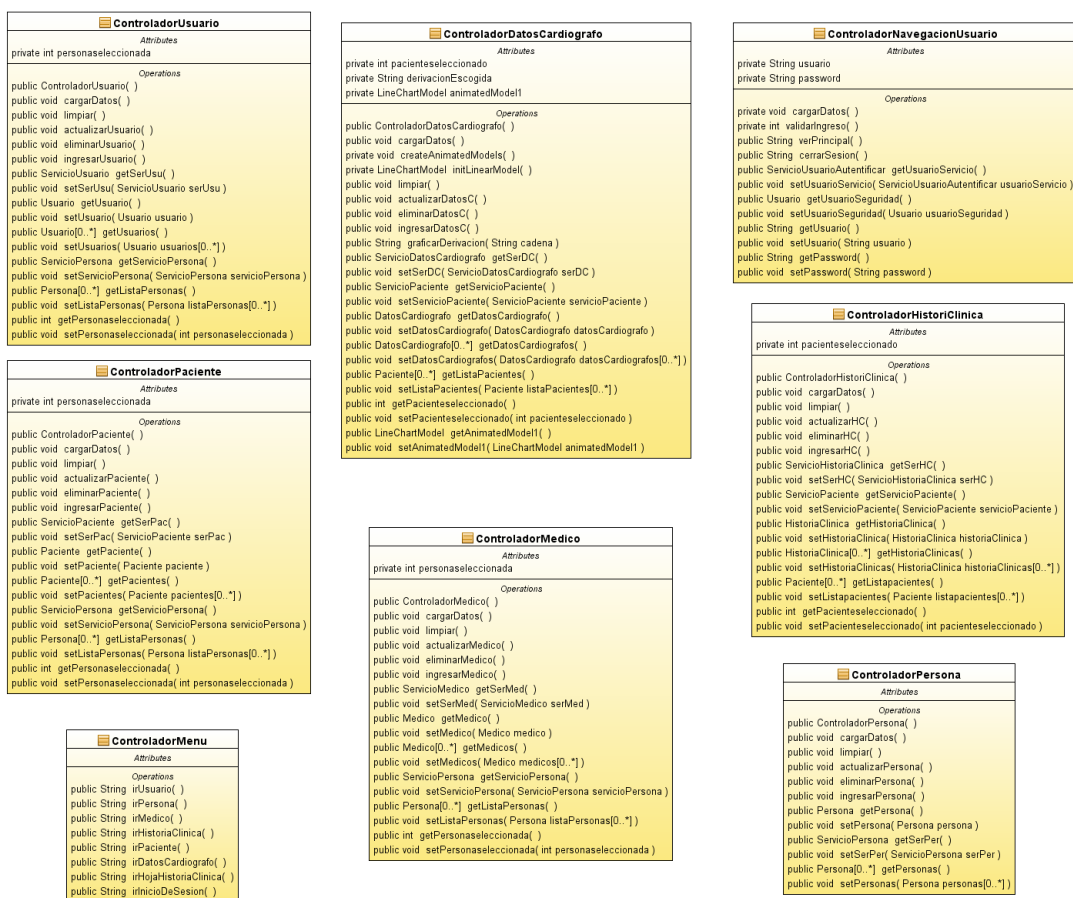


Figura 83 Diagrama UML de los Controladores

En la Figura 83 se muestra la representación en diagrama UML del paquete de controladores. Las clases no muestran ninguna relación directa debido a que se relacionan con los paquetes de entidades y el de servicios.

En la Figura 84 se visualiza el diagrama UML de la aplicación completa, donde se muestra la relación entre las diferentes clases de los paquetes de entidades, servicios y controladores. Se tienen clases que no tienen relación con otras (Clase FiltroSesionURL, Genérico y ControladorMenu), esto es debido a que se orientan a la navegación y acceso para las páginas Web.

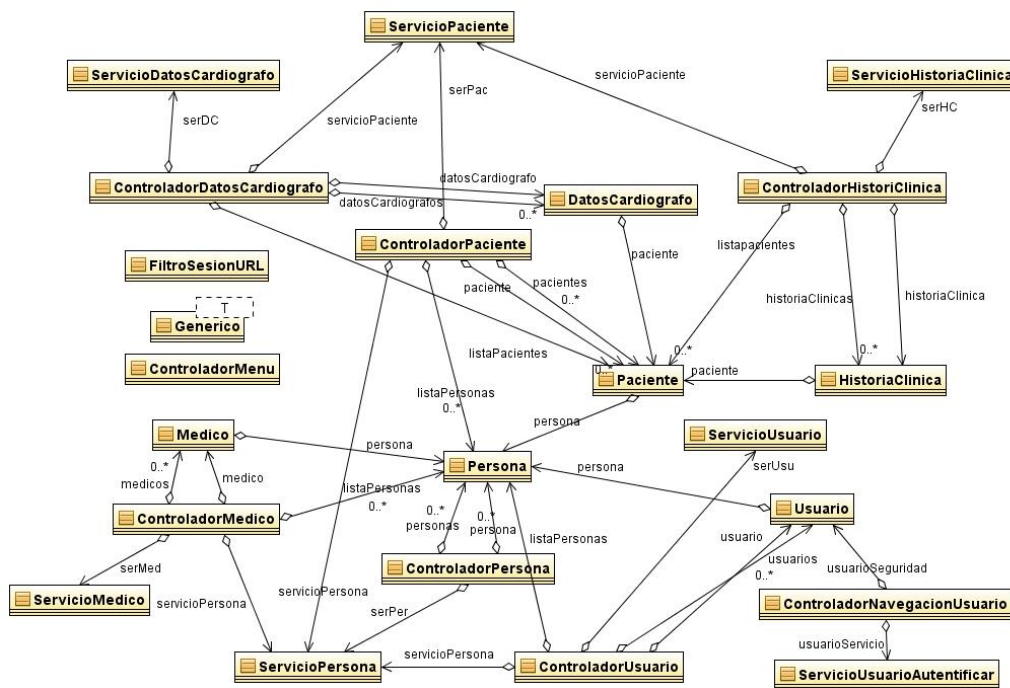


Figura 84 Diagrama UML de la aplicación en General

### 4.4.3.3. Navegación del Sistema Monitoreo en Línea

La elaboración del modelo de navegación brinda la información necesaria que describiría que páginas se enlazan con otras, así como se muestra el nivel de acceso para cada Usuario. El diagrama de la Figura 85 cuenta con nodos (unidades de navegación) y enlaces entre ellos (links). La navegación entre pantallas se realiza de acuerdo al tipo de usuario.

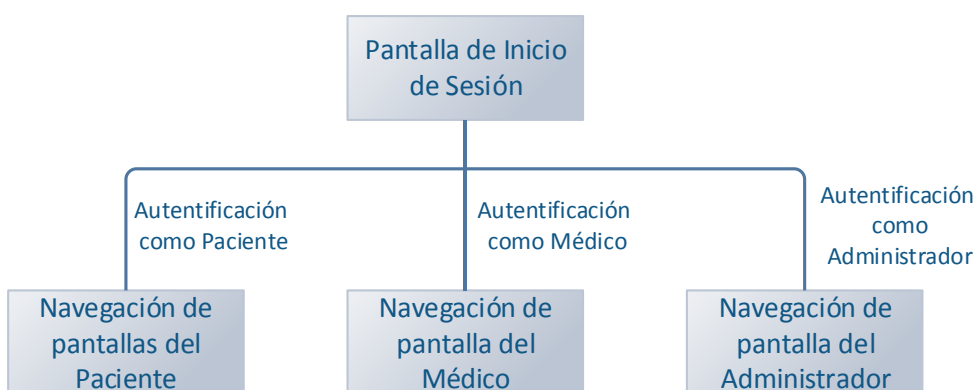


Figura 85 Navegación de pantallas general

Se tienen tres formas de navegación de acuerdo al tipo de usuario, si el usuario no posee una cuenta para ingresar al sistema debería contactar con el administrador para crear una nueva cuenta.



#### 4.4.3.3.1. Navegación para el Paciente

En la Figura 86 se muestra la navegación para el Usuario Paciente, en donde al autenticarse correctamente se pasara a la pantalla de Información; esta es una página de bienvenida para el paciente. Posteriormente se puede navegar a la pantalla de Inicio del Examen para realizar un examen ECG o a la pantalla ayuda para obtener información útil para la utilización del sistema.

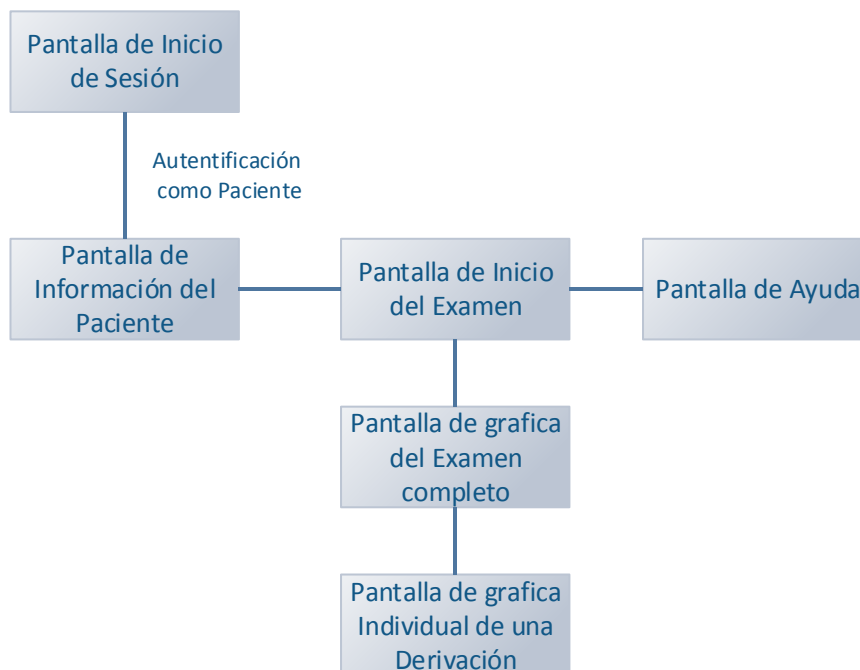


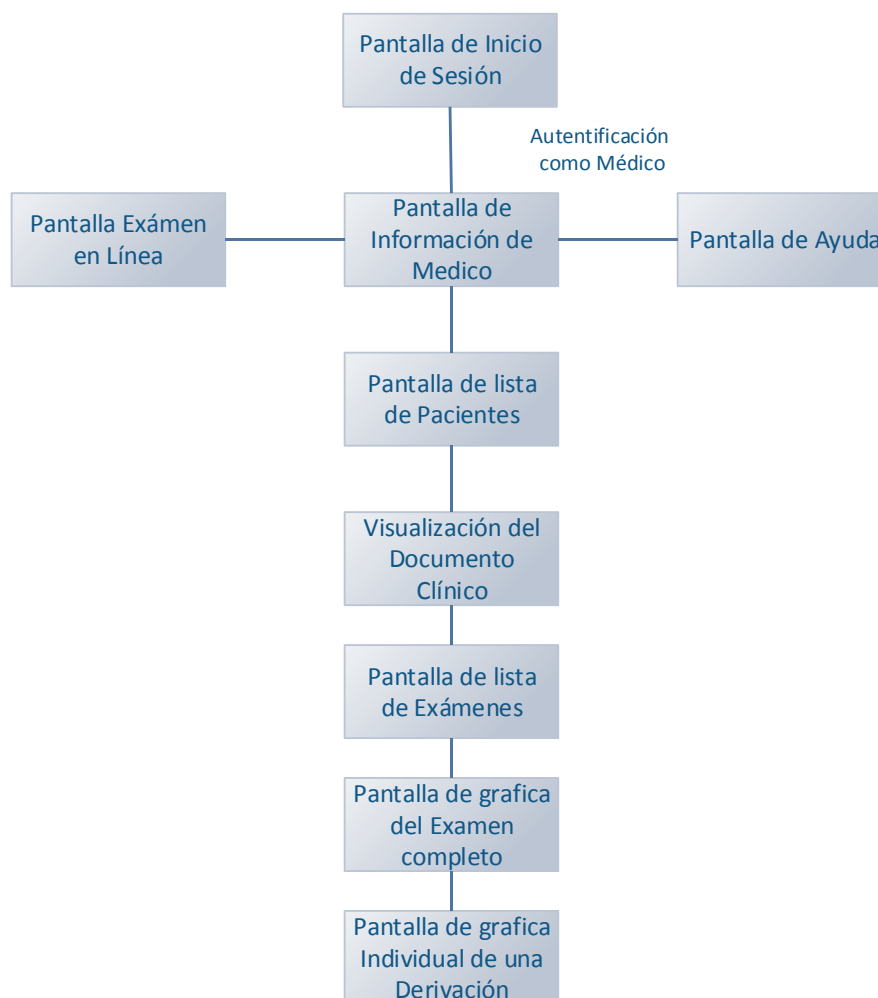
Figura 86 Navegación para el Usuario Paciente

#### 4.4.3.3.2. Navegación para el Medico

En la Figura 87 se muestra la navegación para el Usuario Médico, en donde al autenticarse correctamente se pasara a la pantalla de Información (página de bienvenida para el médico). Posteriormente el médico podrá ingresar a toda la lista de pacientes en donde escogerá un paciente determinado. Al tener un paciente seleccionado se podrá navegar a la pantalla de documento clínico que contiene toda la información del paciente y la lista de exámenes ECG guardados. El medico podrá acceder a cualquier examen y analizar los resultados obtenidos.

Así mismo en el menú de navegación, el medico podrá acceder a la página de Examen en línea, donde podrá verificar el último examen realizado por cualquier paciente, y guardarlo posteriormente. Si un paciente se encuentra realizándose el

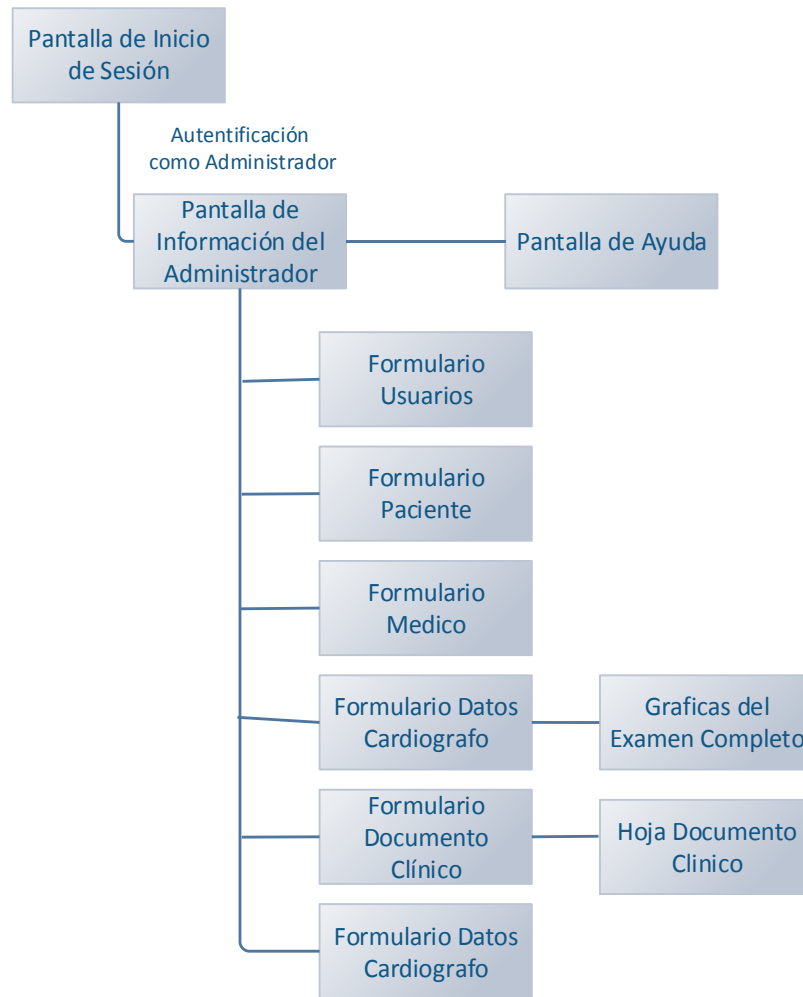
examen al momento de que el medico está en la página de Examen en línea, el medico podrá ver en tiempo real los resultados del examen.



**Figura 87 Navegación para el Usuario Médico**

#### 4.4.3.3.3. Navegación para el Administrador

Un usuario al autenticarse como administrador ingresara a la pantalla de bienvenida. Posteriormente podrá desplazarse entre las diferentes pantallas de los formularios. Las páginas de los formularios muestran y permiten la gestión de cada una de las tablas y de los datos de la base de datos. La navegación del administrador esta descrita en la Figura 88



**Figura 88 Navegación para el Usuario Administrador**

#### 4.4.3.4. Diagrama de Presentación

Finalmente es necesario elaborar un “Diagrama de Presentación” con el fin establecer plantillas con la información general de la estructura de las páginas. Se inicia por una «presentationPage» donde se agrega las propiedades con los estereotipos de UWE que identifican cada elemento ubicado en una página web. Cabe destacar que las propiedades pueden anidarse.

A continuación se muestran los diagramas de presentación para el ingreso al sistema (Figura 89), el ingreso de datos mediante formularios (Figura 90) y finalmente la configuración y ejecución de la aplicación (Figura 91).

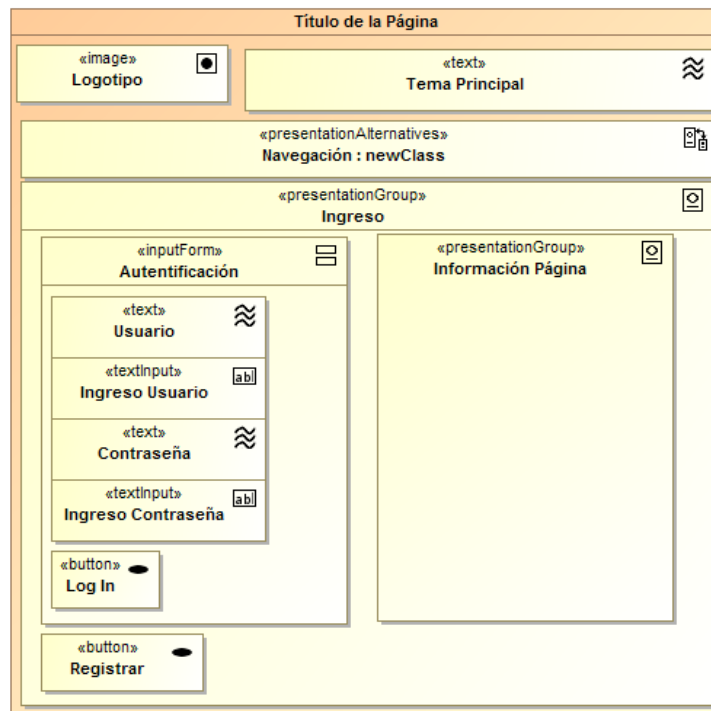


Figura 89. Plantilla para Ingreso al Sistema

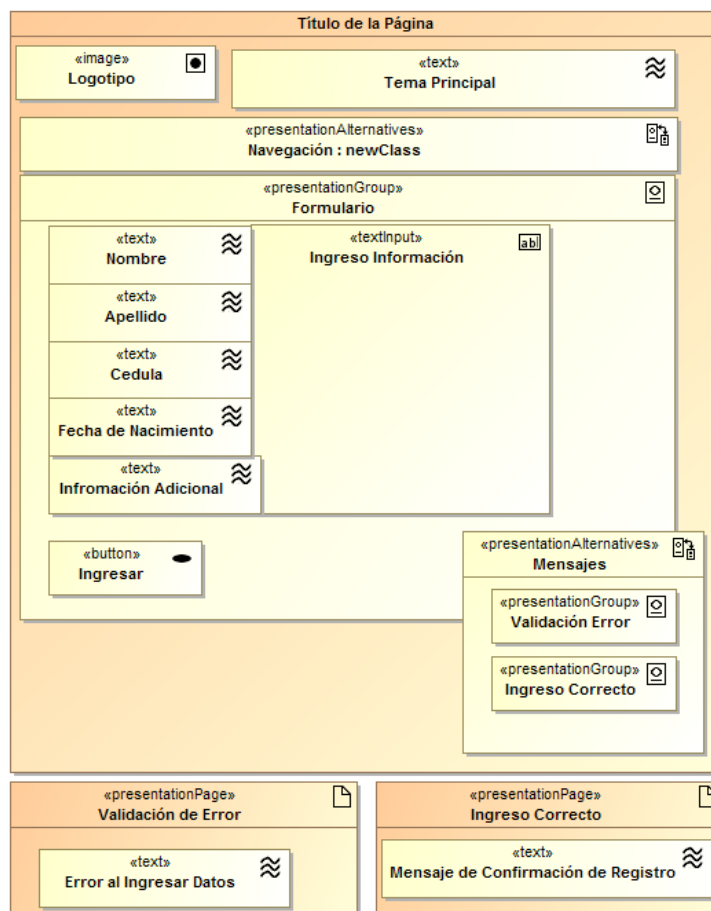
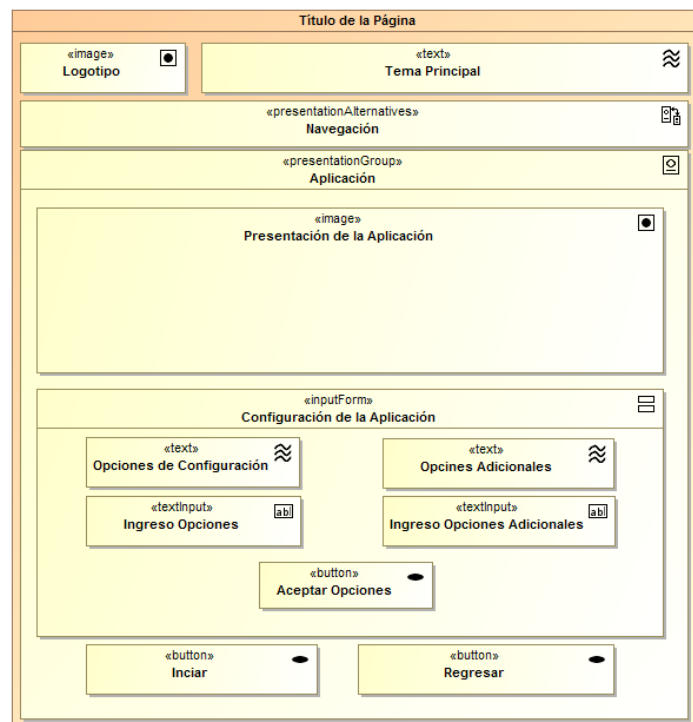


Figura 90. Plantilla para Ingreso de Datos



**Figura 91. Plantilla para la Aplicación**

Las plantillas serán la base para la elaboración de cada pantalla. Los estereotipos en UWE utilizados se muestran en la Figura 92.

**nombres de estereotipos y sus iconos**

	grupo de presentación		página de presentación
	texto		entrada de texto
	ancla		fileUpload
	botón		imagen
	formulario		componente de cliente
	alternativas de presentación		selección

**Figura 92. Estereotipos UWE en Diagrama de Presentación**

#### **4.4.3.5. Programación del Sistema de Monitoreo en Línea**

La programación del sistema de monitoreo en Línea se realizó en el lenguaje java, mediante el uso del IDE de NetBeans, además las herramientas JSF versión 2.2 y Primefaces versión 5.1, facilitando la elaboración de las páginas Web.

##### **4.4.3.5.1. JSF 2.2**

JSF 2.2 es un framework para el desarrollo de interfaces de usuario para aplicaciones java J2EE basadas en el patrón de Modelo Vista Controlador (MVC), además utiliza las páginas de JSP para generar la vista en una página Web. Entre sus características principales se tiene:

- Basado en xhtml5, servlets, JavaBeans, Annotations
- Navegación Implícita (Se selecciona la vista por defecto)
- Navegación Condicional (Se utiliza sentencias if)
- Mejor manejo de errores con número de línea exacto
- Manejo de la Navegación en el tiempo de ejecución
- Soporte para Facelets y JSP
- Generación de Plantillas
- Soporte para Ajax
- Componentes compuestos
- Permite acceso a archivos por medio de etiquetas

##### **4.4.3.5.2. Razones de la utilización del Framework JSF 2.2**

La razón por la que se escogió utilizar JSF 2.2 es debido a que presenta las siguientes ventajas:

- Creación de las páginas Web, las etiquetas JSP utilizadas tienen una gran similitud con el lenguaje de HTML estándar, por lo que basta conocer las etiquetas básicas de HTML para desarrollar una aplicación en JSF.
- JSF 2.2 se integra a la página de JSP, lo que ayuda a la recolección y generación de los elementos de la página; permitiendo un mejor manejo en la transaccionalidad entre los atributos de las capas del modelo y del controlador.

- JSF permite resolver validaciones, conversiones, mensajes de interpretación, que permiten la implementación fácil y robusta de seguridad de usuarios, así como ayudan a desplegar de manera más sencilla mensajes de error ocurridos durante la ejecución de la aplicación.
- JSF es expansible facilitando el desarrollo de nuevos componentes a medida, lo cual permite que la aplicación sea personalizada y sus recursos utilizados sean a medida de la aplicación creada.
- Forma parte del estándar J2EE 7, ayudando a la creación de vistas en las aplicaciones utilizando otras herramientas como Struts.
- Las nuevas versiones del framework de JSF que salgan al mercado, llevarán integradas las funcionalidades de las versiones anteriores, por lo que su compatibilidad con tecnologías futuras será muy alta, haciendo que el mantenimiento de las aplicaciones no sea un problema.

#### 4.4.3.5.3. Arquitectura de JSF 2.2 en la aplicación Web

En la Figura 93 se observa la arquitectura en la que se basa JSF 2.2, en donde se recibe una petición por medio de un browser. La petición es procesada por el controlador (Faces Servlet), posteriormente por medio del Managed Bean se gestiona los modelos de java para administrar la navegación en la vista conformado por paginas JSP, XUL y XHTML. Al terminar la gestión se devuelve una respuesta hacia el cliente por medio del Browser.

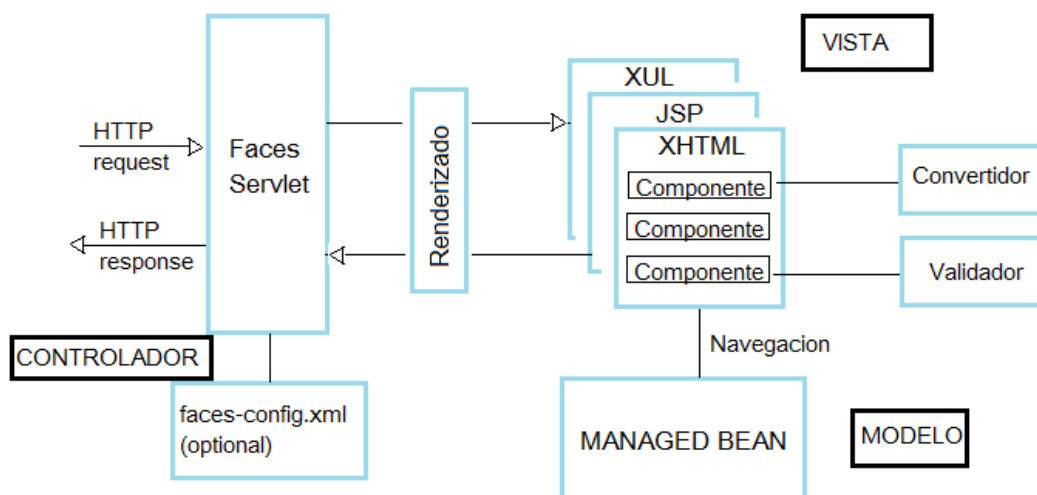


Figura 93 Arquitectura de JSF 2.2 en la aplicación Web

#### 4.4.3.5.4. Primefaces 5.1

Primefaces 5.1 es una herramienta propia de Java que permite un diseño óptimo (ahorro de líneas de programación y de recursos del procesador) de páginas Web. Primefaces tiene las siguientes características:

- PrimeFaces es un conjunto de componentes JSF de código abierto con varias extensiones (multiplataforma).
- Posee una gran variedad de componentes (HTMLEditor, Dialog, Autocompletar, Gráficas y muchos más) para el desarrollo integral de páginas web.
- Soporte de Ajax basado en APIs estándar Ajax JSF 2.0.
- Es ligero y contenido en una sola librería .jar, eliminando la necesidad de realizar configuraciones e independiente de librerías adicionales.
- Kit de interfaz de usuario móvil para crear aplicaciones web para móviles.
- Integra más de 35 temas y proporciona soporte para herramientas de diseño visual.
- Posee una amplia documentación.

#### 4.4.3.5.5. Implementación del Diseño

Una vez descritas las herramientas utilizadas para la programación de la aplicación Web, se procederá a mostrar las pantallas diseñadas en el IDE Netbeans de acuerdo a las tres plantillas elaboradas en la sección 4.4.3.4 “Diagrama de Presentación”.

##### Ingreso del Sistema

Como se especificó en la Figura 89, la pantalla de ingreso al Sistema de la aplicación Web programada (Figura 94) incluye los campos necesarios para el ingreso del usuario y contraseña. En la parte superior se despliega el logotipo y el título de la página, mientras que en la parte inferior se encuentra el botón de acceso al sistema.



**Figura 94 Pantalla de Inicio de Sesión de la Aplicación Web**

### Ingreso de Datos en el Formulario

Como se especificó en la Figura 90, la pantalla de ingreso de Datos de la aplicación Web programada (Figura 95) incluye los campos necesarios para el ingreso de la información para cada tabla de la base de datos. En la parte superior se despliega el logotipo, el título de la página, la barra de navegación y el nombre del usuario que ha iniciado sesión. En la parte inferior se muestra la tabla con los datos ingresados y los respectivos botones para seleccionar y eliminar registros.

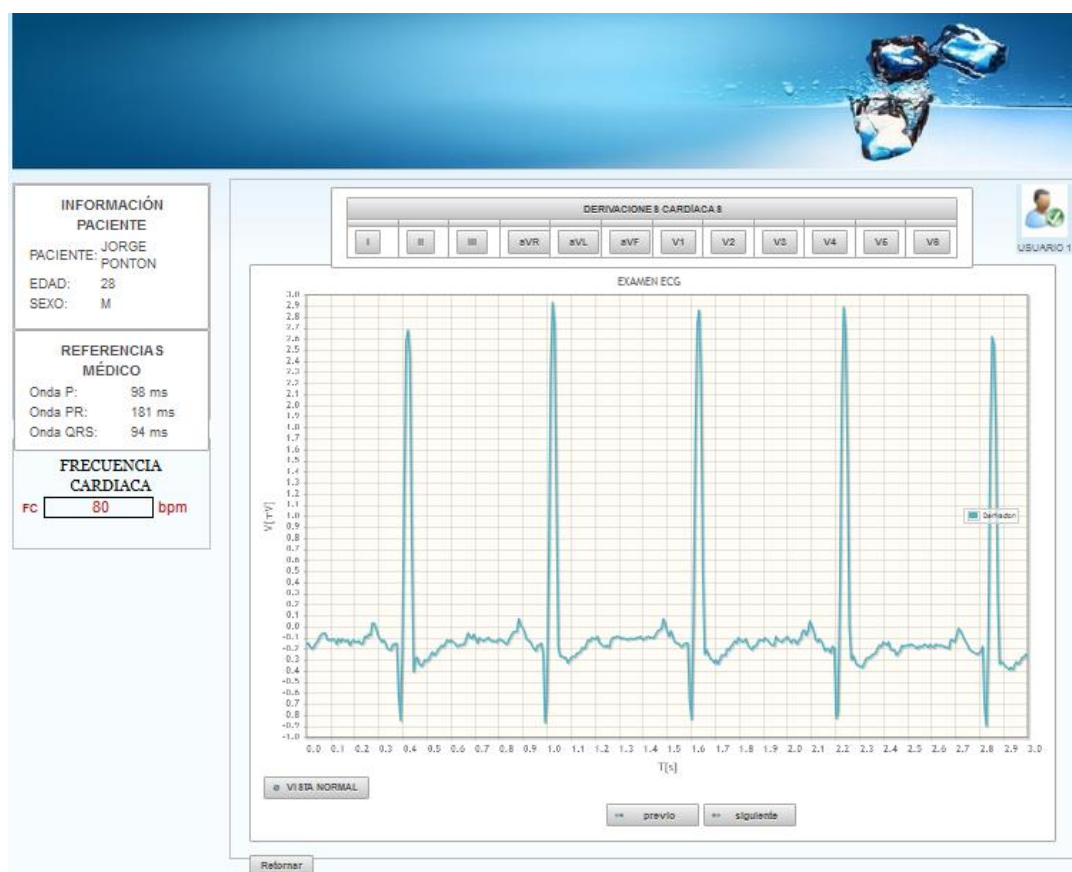
CODIGO	NOMBRE	APELLIDO	CEDULA	SEXO	TELEFONO	CELULAR	MAIL	F. NACIMIENTO		
1	JORGE	PONTON	1721713574	M	2621465	084668755	geopi76@gmail.c	11/25/1995	SELECCIONA	ELIMINAR
8	DANIEL	CUMBAL	1721716587	M	5869086	05687955	daniel@gmail.com	12/01/1991	SELECCIONA	ELIMINAR
9	JOSE	SANCHO	125845635	M	2658965	098658936	sjose@gmail.com	12/56/85	SELECCIONA	ELIMINAR
11	MARIA	CISNEROS	1721713589	F	2621465	098668577	maria@gmail.com	11/25/56	SELECCIONA	ELIMINAR
12	Daniel	Ponton	1721713566	M	2621465	09857555	daniel.ponty@hot	04/08/1989	SELECCIONA	ELIMINAR
13	Flavo	Pineda	12564	M	2658956	09865654	flvo@gogtbf	11/08/2013	SELECCIONA	ELIMINAR

**Figura 95 Pantalla de Ingreso de Datos, Formulario Persona**

Conforme al diseño se programó el despliegue de los mensajes informativos de acuerdo al manejo de la página Web. La estructura de la página mostrada en la Figura 95 es genérico para todas las páginas Web de ingreso de datos del sistema.

### Visualización de la Aplicación

Como se especificó en la Figura 91, la pantalla de presentación del examen ECG programada (Figura 96) en la aplicación Web, incluye la información personal y medica relevante del paciente al que se le realizo el examen. En la parte superior se despliega el logotipo, el título de la página, la barra de navegación (despliegue individual de las doce derivaciones) y el nombre del usuario que ha iniciado sesión. En la parte central se muestra la gráfica de la señal cardiaca de una sola derivación, junto con los botones para personalizar la vista del examen ECG.



**Figura 96** Pantalla de presentación del Examen de la Aplicación Web

La estructura mostrada en la Figura 96 es genérica para las páginas Web (Examen en línea, Historial de Exámenes) que muestran la gráfica del examen cardiaco.

#### **4.4.4. Seguridad del Sistema de Monitoreo en Línea**

El sistema de monitoreo en línea desarrollado en el presente proyecto se describe como una aplicación en Telemedicina, esto implica que la transacción de datos personales y clínicos de los pacientes será constante y que es necesario brindar seguridad a toda esta información.

La seguridad implementada en la aplicación de Telemedicina fue realizada de acuerdo a las normas descritas en la sección 2.3.1 “Normas para Telemedicina”, que garantizan la confidencialidad, privacidad, integridad, consistencia y longevidad de la información perteneciente a los usuarios del sistema.

A continuación se describe los mecanismos que permiten garantizar la confidencialidad de la información:

##### **4.4.4.1. Control de Acceso**

El sistema desarrollado en el actual proyecto tiene como característica principal el acceso remoto de datos, por lo que se implementó un sistema de control de acceso a la aplicación según el tipo de usuario. En la aplicación se desarrolló una pantalla de inicio que permite acceder al sistema bajo 3 modalidades de usuario que son: Paciente, Médico y Administrador. Cada uno con funciones y navegabilidad específica de acuerdo a la función que desempeña cada uno en el sistema.

El control de acceso permitirá el ingreso a cualquiera de los tres tipos de usuario cuando se haya introducido el nombre de usuario y contraseña correctos, los mismos que serán asignados de manera previa durante la creación del perfil a cargo del administrador del sistema.

Ningún tipo de usuario podrá acceder a las pantallas definidas para otro tipo de usuario una vez que haya ingresado al sistema, ni tampoco podrá realizar cambios sobre los datos que no le corresponden. El único usuario capaz de ingresar, modificar o eliminar información de los distintos tipos de usuario será el administrador del sistema.

Ninguna persona puede ingresar a la aplicación web directamente al utilizar el link de las páginas web dentro la barra de direcciones del navegador, pues el sistema siempre empieza desde la pantalla de Inicio de Sesión para validar al usuario.

#### **4.4.4.2. Políticas de Acceso a la Información**

Toda la información del sistema se almacena directamente sobre la base de datos desarrollada, y la única manera de acceder y alterar esos datos es a través de la aplicación. No existe ningún acceso directo a los datos contenidos en la base del servidor web. Se incluye dentro de las páginas web un indicador que confirma el nombre del usuario que inició sesión, de manera que se asegura el correcto uso de cada cuenta.

Para garantizar un mayor control sobre los datos ingresados, toda la información se encuentra adecuadamente estructurada en tablas dentro de la base de datos, para que sea de fácil acceso y verificación por parte del administrador del sistema. Adicionalmente se lleva un registro de todos los exámenes ECG realizados, de acuerdo a la fecha y nombre del paciente, que contribuye con el seguimiento de las actividades que realiza cada usuario dentro del sistema.

Los exámenes que sean realizados poseen datos que no pueden ser alterados por ningún usuario del sistema. Durante la ejecución de la aplicación, la única opción disponible para el médico y el paciente es la de visualizar el examen ECG en línea, mientras que para el administrador existe la posibilidad adicional de eliminarlo.

#### **4.4.4.3. Encriptación de Datos**

La información que se almacena en la base de datos y en los archivos de los exámenes permanece encriptada para brindar mayor seguridad mientras permanezca en el sistema. Durante una consulta los métodos de acceso a la información desencriptan los datos y los presentan de forma que son comprensibles para los usuarios del sistema. Si se realiza alguna modificación sobre los datos, previo a su almacenamiento, se realiza la encriptación de la información.

#### **4.4.4.4. Manual de Manejo del Sistema**

En el desarrollo del proyecto se elaboró un manual de usuarios que define los procedimientos durante el uso del sistema, para garantizar el correcto manejo de la aplicación y a la vez incrementar el nivel de confidencialidad, privacidad y seguridad de la información.

## CAPÍTULO V

### PRUEBAS Y RESULTADOS

#### 5.1. Introducción

Para validar el funcionamiento del prototipo desarrollado durante el presente proyecto se definieron dos fases. Inicialmente se establece dos escenarios de prueba para confirmar la calidad de los datos presentados en el examen ECG de la aplicación, al realizar pruebas con señales de pacientes sanos y con un simulador de señales cardíacas que permiten comprobar la posibilidad de realizar un diagnóstico correcto.

Posteriormente, se realiza una prueba para verificar que las formas de onda del examen ECG en línea corresponden a las que se muestran en un dispositivo de funcionamiento comprobado, al realizar el examen con una misma señal cardíaca proveniente del simulador.

#### 5.2. Definición de los Escenarios de Pruebas

Los escenarios de prueba se plantean como el medio para verificar que la aplicación diseñada y el hardware utilizado en el presente proyecto funcionen de forma adecuada. Para ello los escenarios de prueba permiten obtener gráficos de las señales donde se establece la condición cardíaca (existe o no enfermedad) de acuerdo a la señal que se ingrese, proveniente del simulador.

Se plantean cinco escenarios de prueba que corresponden al análisis de señales cardíacas obtenidas de pacientes sanos, pacientes con diagnóstico de infarto al miocardio y pacientes con diagnóstico de arritmia cardíaca. Los tres primeros escenarios se llevaron a cabo bajo una modalidad de funcionamiento que consiste en utilizar la aplicación desde un servidor remoto a través de internet. El cuarto escenario consiste en realizar pruebas de funcionamiento al transmitir señales de distintos pacientes en períodos superiores a 30 minutos, para establecer los límites de la aplicación cuando se envía y se visualiza las señales cardíacas en línea (al mismo tiempo). El quinto escenario consiste en realizar pruebas de funcionamiento al transmitir señales de distintos pacientes en períodos largos (superiores a 90 minutos), para establecer los límites de la aplicación cuando solo se realiza el envío de las señales cardíacas.

### 5.2.1. Descripción del Primer Escenario

El primer escenario comprende la transmisión de un examen ECG de 5 personas con Ritmo Sinodal Normal, donde se comprueba la calidad de los datos en la derivación bipolar DII.

En la Figura 97 se muestra la estructura para el primer escenario, donde la aplicación de telemedicina se encuentra en un servidor Web. Los clientes pueden acceder a la información de la aplicación de telemedicina por medio del browser de un navegador Web a través de Internet.

La aplicación de Simulación permite a un usuario con un dispositivo conectado a Internet mandar uno de los 5 registros de señales ECG de pacientes con Ritmo Sinodal Normal hacia el servidor de Internet donde se encuentra alojada la aplicación de Telemedicina.

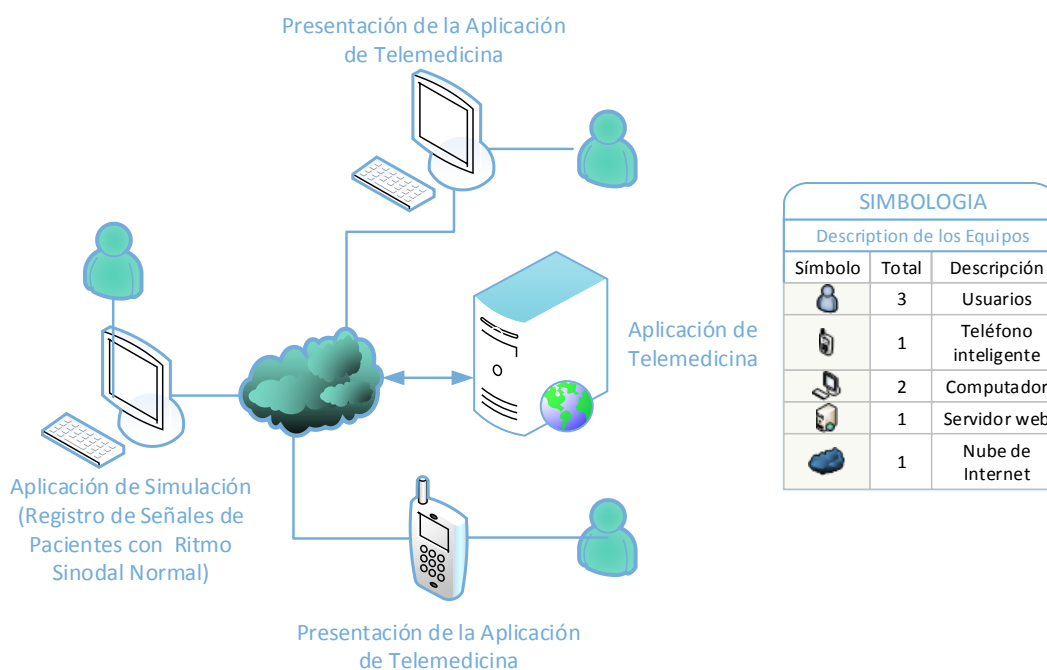
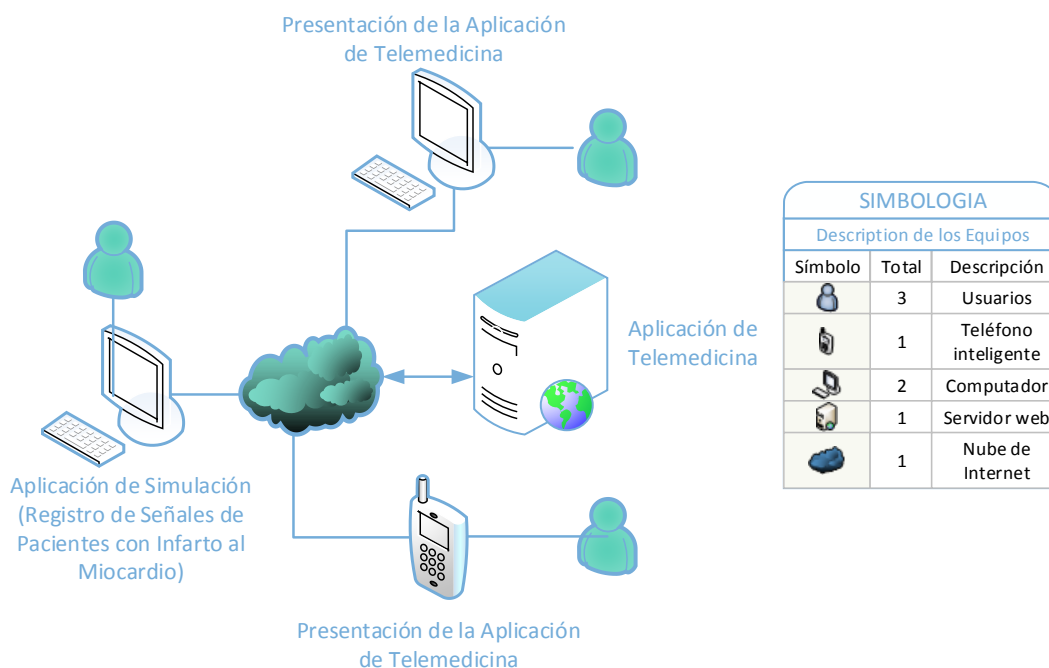


Figura 97 Diagrama de Red del Escenario 1

### 5.2.2. Descripción del Segundo Escenario

El segundo escenario comprende la transmisión de un examen ECG de 5 personas con infarto de miocardio, donde se comprueba la calidad de los datos en la derivación bipolar DII.

Posee la misma estructura del primer escenario pero se trasmite un registro de señales de pacientes con Infarto al Miocardio como se observa en la Figura 98.

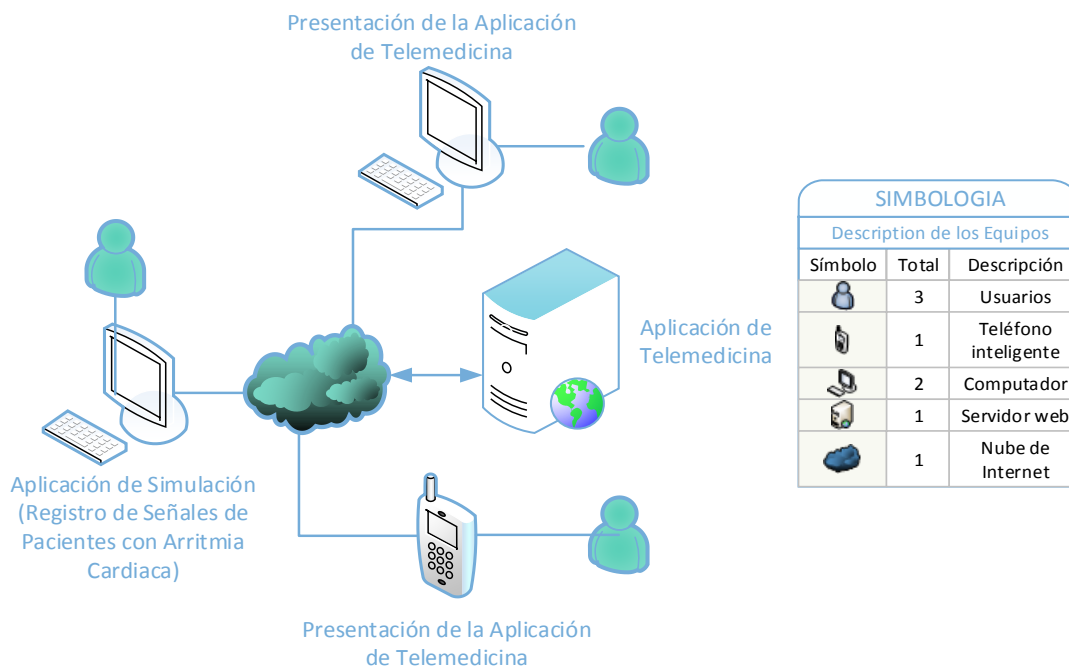


**Figura 98 Diagrama de Red del Escenario 2**

### 5.2.3. Descripción del Tercer Escenario

El tercer escenario comprende la transmisión de un examen ECG de 5 personas con arritmia cardiaca, donde se comprueba la calidad de los datos en la derivación bipolar DII.

Posee la misma estructura del primer escenario pero se trasmite un registro de señales de pacientes con Infarto al Miocardio como se observa en la Figura 99



**Figura 99 Diagrama de Red del Escenario 3**

#### 5.2.4. Descripción del Cuarto Escenario

El cuarto escenario comprende la transmisión del examen ECG de 4 personas con diferentes diagnósticos, donde se comprobará la eficiencia del sistema bajo los siguientes parámetros:

- Tiempo de retardo durante la revisión en línea: durante el envío de la señal cardíaca se compara gráficamente el tiempo de retardo que existe entre el marcador de tiempo de la aplicación que simula el envío y el número de la escala de tiempo correspondiente al último dato recibido en la gráfica del examen.
- Capacidad de almacenamiento de los exámenes: está basada en la cantidad de datos y el peso que tiene el archivo recibido y guardado al realizar el envío de las señales.
- Fiabilidad de los Datos: consiste en comparar el tiempo y los datos enviados con los que se recibieron y guardaron en el servidor. Adicionalmente se realiza la medida de la memoria virtual disponible durante el envío de la señal ya que dicha memoria permite la ejecución de las aplicaciones en línea. El



consumo de toda la memoria virtual provoca la detención total de las aplicaciones.

Las características del servidor contratado para realizar las pruebas en Internet se las puede apreciar en la Figura 100

Característica	Especificación
	
Versiones	3.x   4.x
Espacio web	50 GB
Almacenamiento	SSD
Tráfico de datos	Ilimitado
Integración Cloudflare	
Integración GoogleApps	
Cuentas correo	Ilimitado
JDK Seleccionable	6   7   8
Heap-Size incluida	512 MB
Bases de datos	Ilimitado
MySQL 5.1	✓
SQL Server 2008	✓
SQL Server 2012	✓
Acceso remoto B.D. ?	✓
Capacidad SQL Server	1 GB
Alta buscadores	✓
Disponibilidad	99%
Panel de control	
1 Dominio gratuito ?	.com .net .org
Domain Privacy ?	Incluido
Sitios soportados	3
Subdominios soportados	Ilimitado
Dominios apuntados	Ilimitado

**Figura 100 Características del Servidor Web**

Las tecnologías soportadas por el servidor Web contratado se pueden apreciar en la Figura 101



**Figura 101 Tecnologías soportadas del servidor Web**

Adicionalmente se tomó en cuenta durante las pruebas la velocidad de la conexión a internet con que se contaba al momento de iniciar un envío de señales. La finalidad de realizar esta medida es analizar cómo afecta la velocidad del Internet al ser un parámetro que no se puede controlar desde la Aplicación de Telemedicina.

### **5.2.5. Descripción del Quinto Escenario**

El quinto escenario comprende la transmisión del examen ECG de 4 personas con diferentes diagnósticos, donde se comprobará la cantidad máxima de datos que puede transmitir y almacenar el sistema sin interrupciones, tomando en cuenta que al ser una aplicación en línea depende de la memoria virtual del servidor para que las aplicaciones no detengan su ejecución.

## **5.3.Realización de Pruebas**

### **5.3.1. Realización de Pruebas con el Primer Escenario**

Las pruebas se realizaron con las señales pertenecientes a 5 pacientes con Ritmo Sinusal Normal, obtenidos de la base de Datos de Physionet “PTB Diagnostic ECG Database”.

La lista de pacientes se presenta en la Tabla 4

**Tabla 4 Pacientes con Ritmo Sinusal Normal**

<b>Pacientes Sanos</b>			
<b>Paciente</b>	<b>Sexo</b>	<b>Edad (Años)</b>	<b>No. de Registro</b>
1	Mujer	57	173/s0305Ire
2	Hombre	34	234/s0460_re
3	Hombre	28	240/s0468_re
4	Mujer	48	247/s0479_re
5	Hombre	45	264/s0500_re

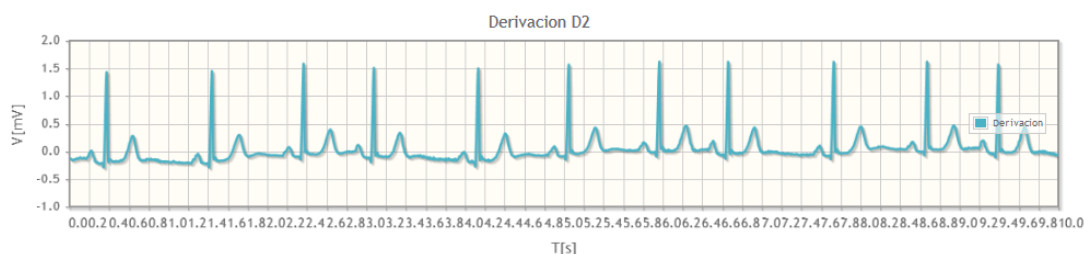
### 5.3.1.1. Paciente 1

#### Comparación de las Graficas

La comparación de la Figura 102 correspondiente a la señal presentada por Physionet con la Figura 103 correspondiente a la señal presentada por la aplicación de Telemedicina, muestra visualmente el grado de similitud que existe entre ellas al momento de ser mostradas, con el fin de corroborar que la señal no ha sufrido distorsiones.



**Figura 102 Paciente 1-derivacion D2 de Physionet**



**Figura 103 Paciente 1-derivacion D2 del servidor Web**

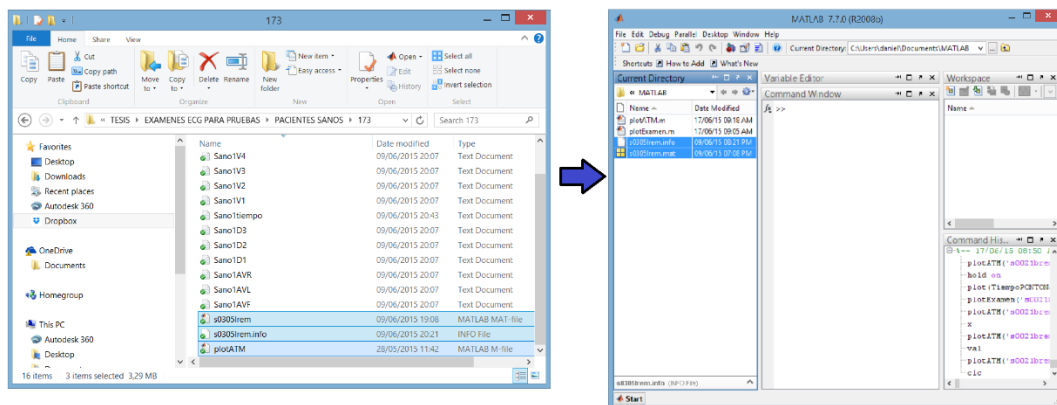
#### Comparación en Matlab

Con el fin de realizar una comparación de señales más exacta se utiliza el programa Matlab para graficar simultáneamente la señal obtenida de la base de datos de

Physionet con la señal que se es almacenada en el Servidor de la aplicación de Telemedicina.

El proceso para realizar la comparación inicia adjuntando los archivos descargados de Physionet y los archivos de texto obtenidos de la aplicación en el espacio de trabajo de Matlab.

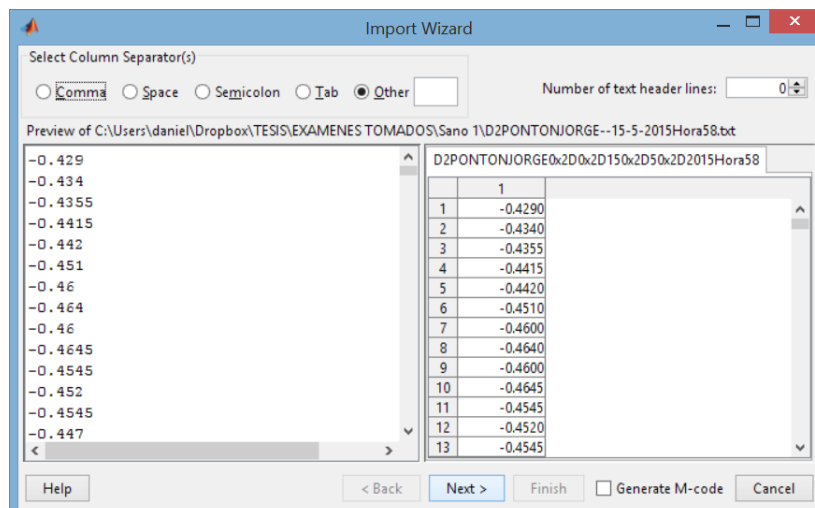
Como se indica en la Figura 104, se copia el archivo “plotATM” encargado de graficar las derivaciones de cada examen, y a la vez se copian los 2 archivos con la información de las señales cardiacas del paciente (s0305Irem y s0305Irem.info) en el directorio de Matlab.



**Figura 104. Adjuntar archivos de Physionet a Matlab**

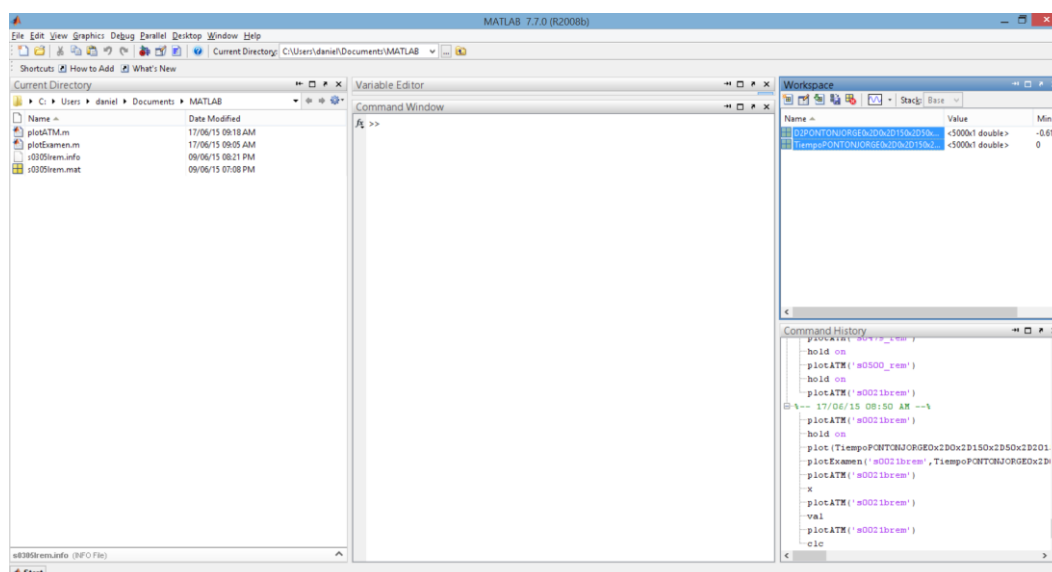
El siguiente paso consiste en copiar los archivos de texto que se obtuvieron del servidor de la aplicación de Telemedicina en el Espacio de Trabajo de Matlab. En el caso particular de las pruebas realizadas en esta sección, solo se consideró a la derivación D2 y a su respectivo vector de tiempo para graficar y realizar la comparación de señales.

Como se indica en la Figura 105, al copiar los archivos aparece una ventana que indica los datos que van a ser insertados y el nombre que van a tener.



**Figura 105. Ventana Para Importar datos en Matlab**

Para completar el traspaso de los archivos se escoge la opción “Next” seguida de la opción “Finish” y los archivos quedan adjuntados en Matlab, como se indica en la Figura 106.



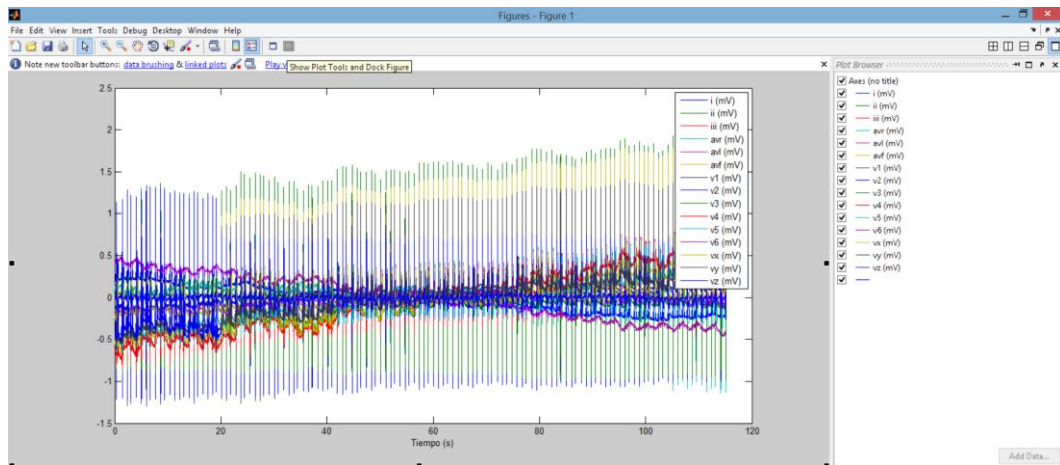
**Figura 106. Archivos adjuntos en el Espacio de Trabajo de Matlab**

Para poder realizar el gráfico comparativo se generó un programa de Matlab llamado “plotExamen”, en el que se ingresan 3 parámetros que son: el nombre del archivo de Physionet (s0305lrem) y el nombre de los archivos de la Aplicación de Telemedicina que se encuentran en el Espacio de trabajo (primero el tiempo y luego la derivación D2), como se indica en la Figura 107.

```
Command Window
>> plotExamen('s03051rem', TiempoPONTONJORGE0x2D0x2D150x2D50x2D2015Hora58, D2PONTONJORGE0x2D0x2D150x2D50x2D2015Hora58)
```

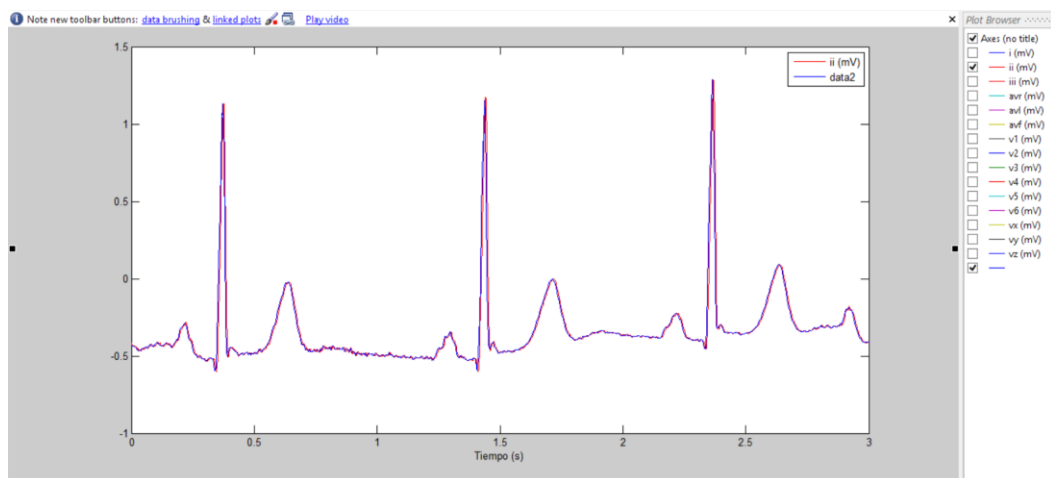
**Figura 107. Ejecución del programa “plotExamen”**

El resultado que se obtiene al ejecutar “plotExamen” se muestra en la Figura 108, y se puede observar, con la ayuda de la opción “Show Plot Tools and Dock Figure”, que se grafican las 12 derivaciones del archivo de Physionet y la señal de la aplicación.



**Figura 108. Gráfica de las 12 derivaciones de Physionet y la D2 de la Aplicación de Telemedicina**

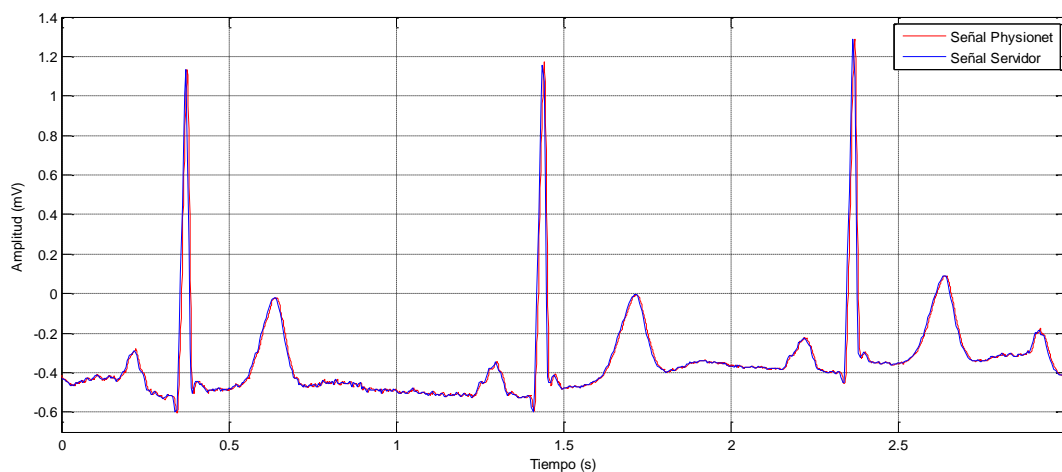
Considerando que el objetivo es comparar la derivación D2, escogemos en la barra lateral la señal con el nombre “ii (mv)” correspondiente a la señal D2 de Physionet y también conservamos el visto sobre la última señal (sin nombre) que corresponde a la señal de la Aplicación de Telemedicina. Finalmente ajustamos la vista del eje “X” a 3 segundos y observamos la comparación de las señales en la Figura 109.



**Figura 109. Comparación de las derivaciones D2 de Physionet y la Aplicación de Telemedicina**

Este proceso de comparación se repetirá para los demás escenarios de prueba.

Como se muestra en la Figura 110, al comparar la señal de Physionet con la que se almacena en el Servidor para el Paciente número 1 (sano), se comprueba que la transmisión de esa información hacia la base de datos de la aplicación de Telemedicina no presenta pérdida de datos y realiza una gráfica similar a la de Physionet.



**Figura 110. Paciente 1-Comparación de señales en Matlab**

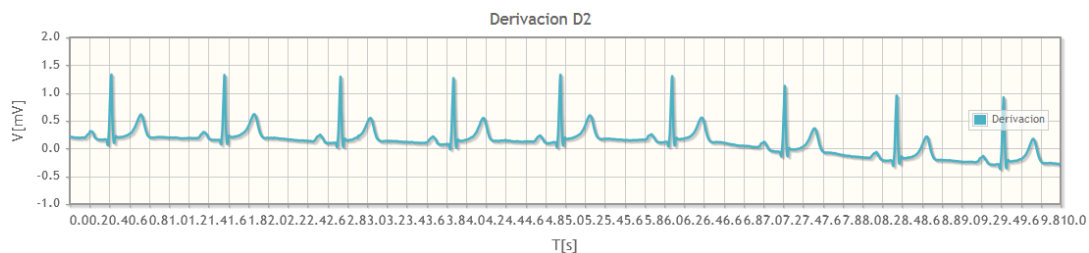
### 5.3.1.2. Paciente 2

#### Comparación de las Gráficas

La comparación de la Figura 111 correspondiente a la señal presentada por Physionet con la Figura 112 correspondiente a la señal presentada por la aplicación de Telemedicina, muestra visualmente el grado de similitud que existe entre ellas al momento de ser mostradas, con el fin de corroborar que la señal no ha sufrido distorsiones.



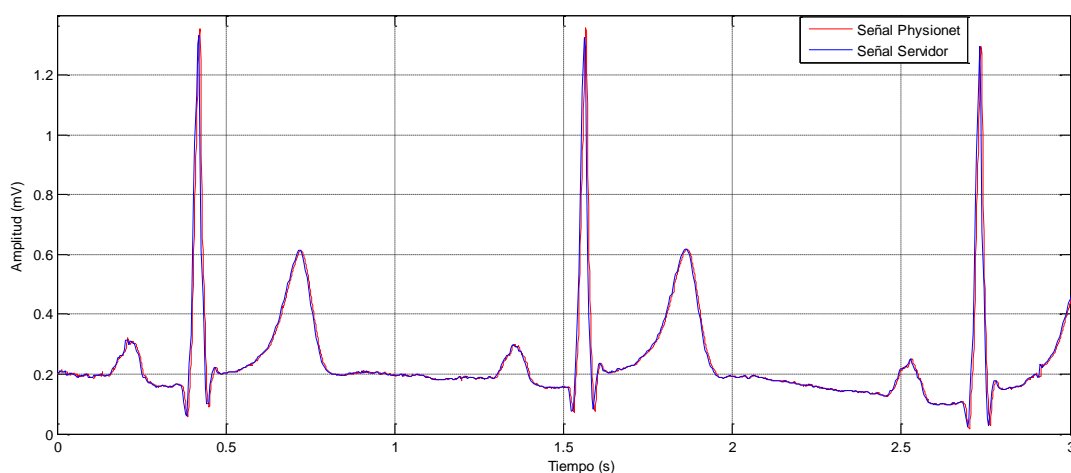
**Figura 111 Paciente 2-derivacion D2 de Physionet**



**Figura 112 Paciente 2-derivacion D2 del servidor Web**

### **Comparación en Matlab**

Como se muestra en la Figura 113, al comparar la señal de Physionet con la que se almacena en el Servidor para el Paciente número 2 (sano), se comprueba que la transmisión de esa información hacia la base de datos de la aplicación de Telemedicina no presenta pérdida de datos y realiza una gráfica similar a la de Physionet.



**Figura 113 Paciente 2-Comparación de señales en Matlab**

### **5.3.1.3. Paciente 3**

Señal de un examen ECG de un hombre de 28 años (tomada de Physionet Paciente 240/s0468\_re)

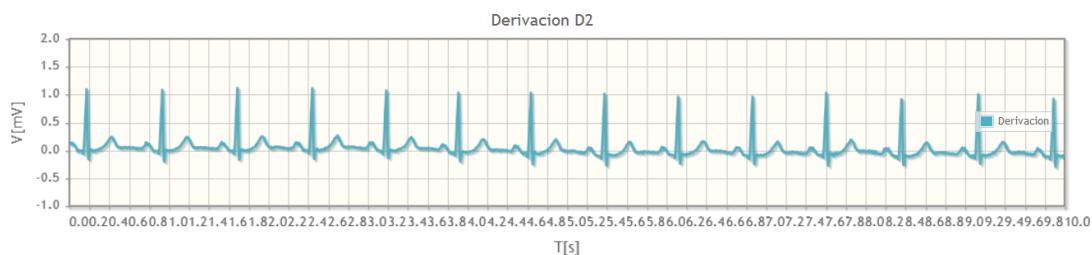
### **Comparación de las Graficas**

La comparación de la Figura 114 correspondiente a la señal presentada por Physionet con la Figura 115 correspondiente a la señal presentada por la aplicación de Telemedicina, muestra visualmente el grado de similitud que existe entre ellas al momento de ser mostradas, con el fin de corroborar que la señal no ha sufrido distorsiones.





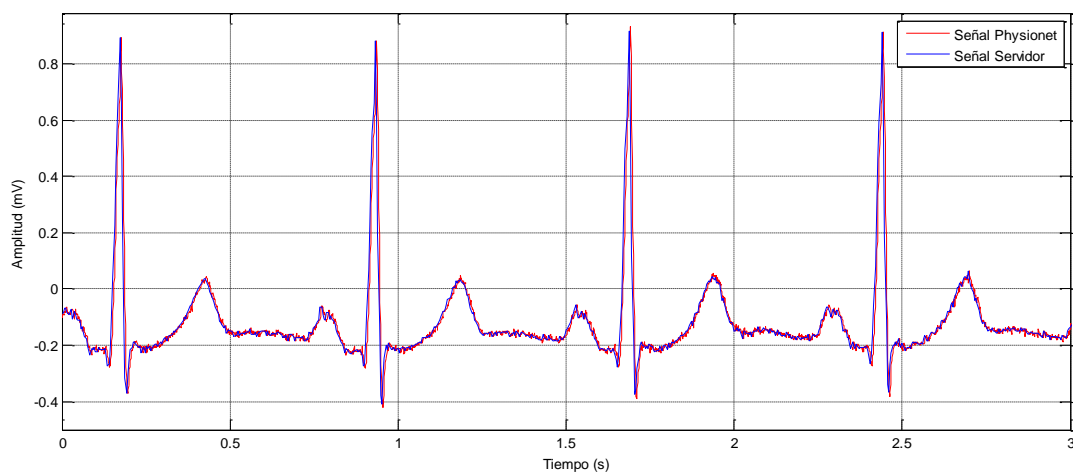
**Figura 114 Paciente 3-derivacion D2 de Physionet**



**Figura 115 Paciente 3-derivacion D2 del servidor Web**

### Comparación en Matlab

Como se muestra en la Figura 116, al comparar la señal de Physionet con la que se almacena en el Servidor para el Paciente número 3 (sano), se comprueba que la transmisión de esa información hacia la base de datos de la aplicación de Telemedicina no presenta pérdida de datos y realiza una gráfica similar a la de Physionet.



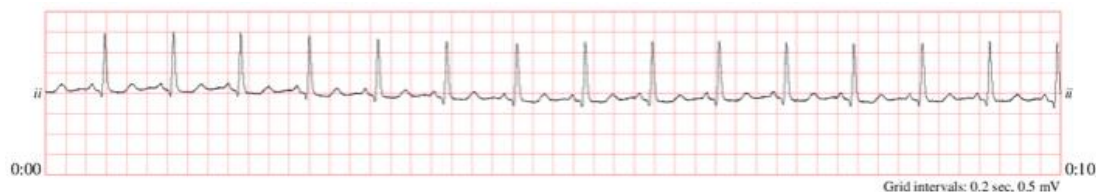
**Figura 116 Paciente 3-Comparación de señales en Matlab**

#### 5.3.1.4. Paciente 4

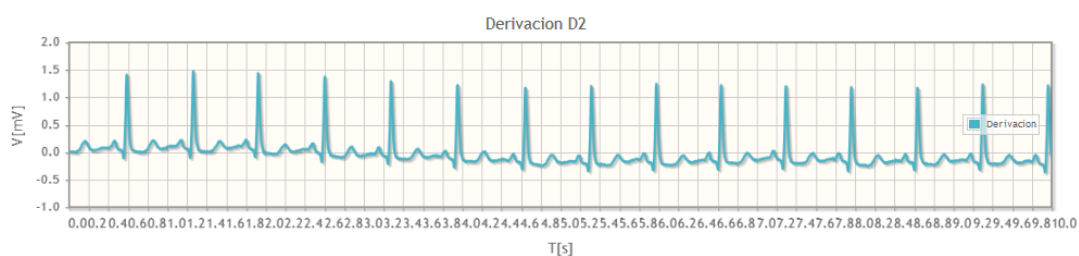
### Comparación de las Graficas

La comparación de la Figura 117 correspondiente a la señal presentada por Physionet con la Figura 118 correspondiente a la señal presentada por la aplicación de

Telemedicina, muestra visualmente el grado de similitud que existe entre ellas al momento de ser mostradas, con el fin de corroborar que la señal no ha sufrido distorsiones.



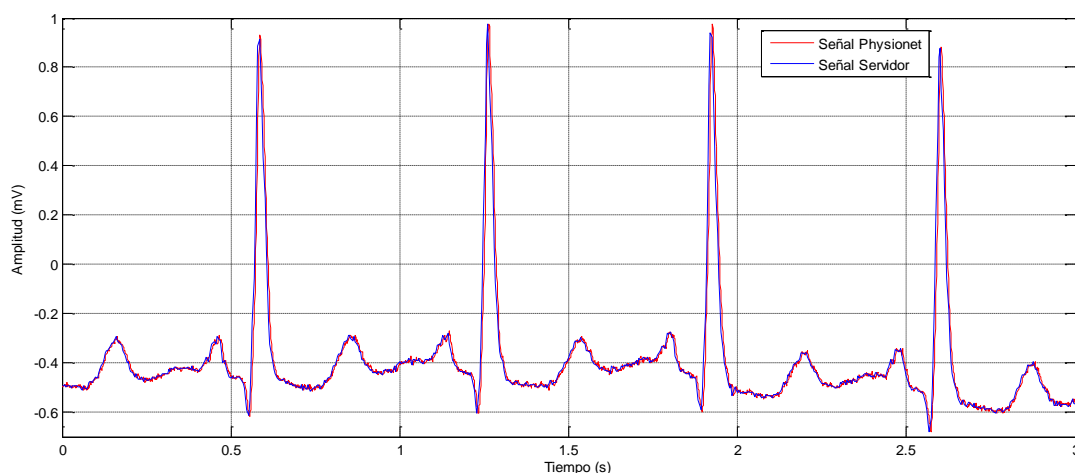
**Figura 117 Paciente 4-derivacion D2 de Physionet**



**Figura 118 Paciente 4-derivacion D2 del servidor Web**

### Comparación en Matlab

Como se muestra en la Figura 119, al comparar la señal de Physionet con la que se almacena en el Servidor para el Paciente número 4 (sano), se comprueba que la transmisión de esa información hacia la base de datos de la aplicación de Telemedicina no presenta pérdida de datos y realiza una gráfica similar a la de Physionet.

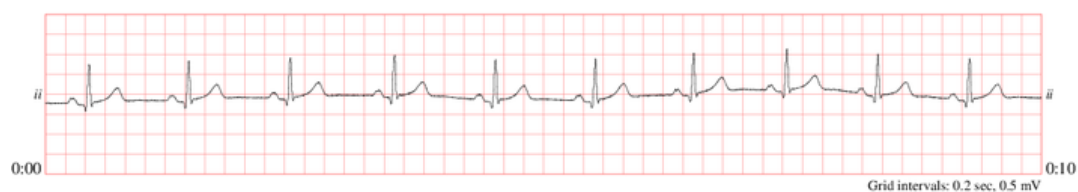


**Figura 119 Paciente 4-Comparación de señales en Matlab**

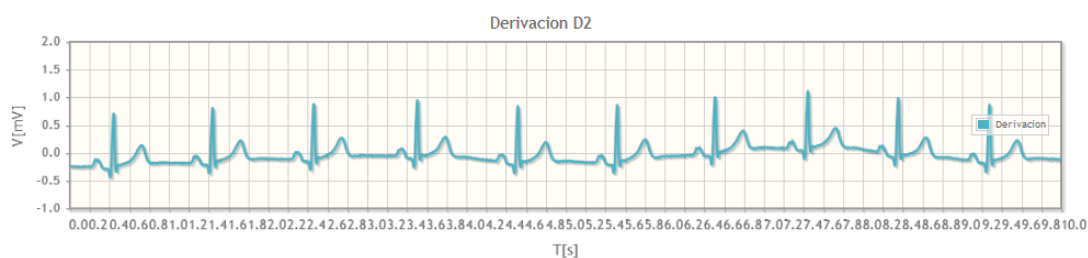
### 5.3.1.5. Paciente 5

#### Comparación de las Graficas

La comparación de la Figura 120 correspondiente a la señal presentada por Physionet con la Figura 121 correspondiente a la señal presentada por la aplicación de Telemedicina, muestra visualmente el grado de similitud que existe entre ellas al momento de ser mostradas, con el fin de corroborar que la señal no ha sufrido distorsiones.



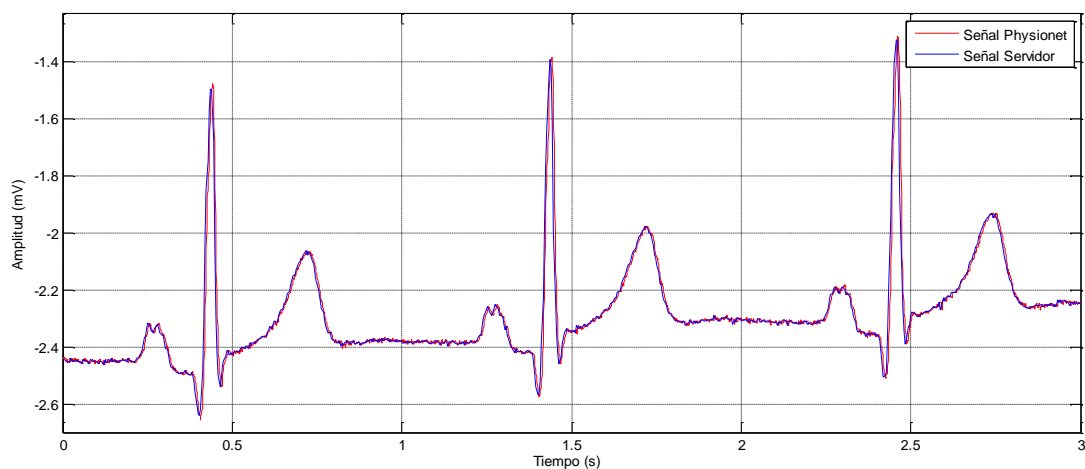
**Figura 120 Paciente 5-derivacion D2 de Physionet**



**Figura 121 Paciente 5-derivacion D2 del servidor Web**

### Comparación en Matlab

Como se muestra en la Figura 122, al comparar la señal de Physionet con la que se almacena en el Servidor para el Paciente número 5 (sano), se comprueba que la transmisión de esa información hacia la base de datos de la aplicación de Telemedicina no presenta pérdida de datos y realiza una gráfica similar a la de Physionet.



**Figura 122 Paciente 5-Comparación de señales en Matlab**

### 5.3.2. Realización de Pruebas con el Segundo Escenario

Las pruebas se realizaron con las señales pertenecientes a 5 pacientes con diagnóstico de infarto al Miocardio, obtenidos de la base de Datos de Physionet “PTB Diagnostic ECG Database”.

La lista de pacientes se presenta en la Tabla 5

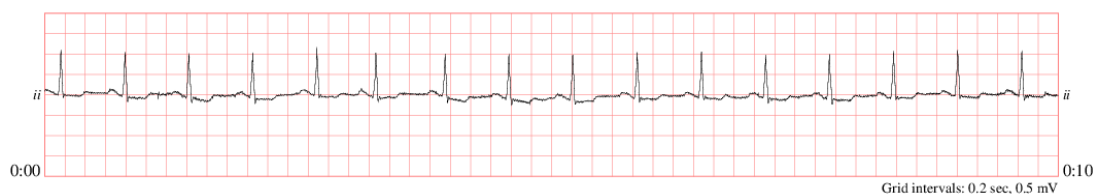
**Tabla 5 Pacientes con diagnostico al Miocardio**

Pacientes con diagnostico con Infarto al Miocardio			
Paciente	Sexo	Edad (Años)	No. de Registro
6	Mujer	74	005/s0021bre
7	Hombre	66	009/s0035_re
8	Mujer	62	011/s0049Ire
9	Hombre	63	016/s0060Ire
10	Hombre	51	040/s0219Ire

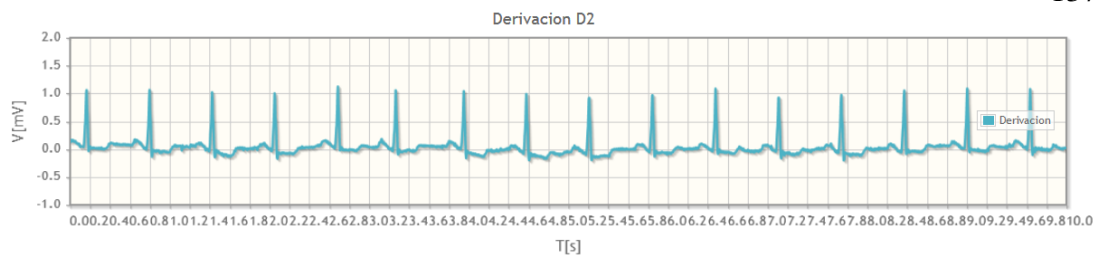
#### 5.3.2.1. Paciente 6

##### Comparación de las Graficas

La comparación de la Figura 123 correspondiente a la señal presentada por Physionet con la Figura 124 correspondiente a la señal presentada por la aplicación de Telemedicina, muestra visualmente el grado de similitud que existe entre ellas al momento de ser mostradas, con el fin de corroborar que la señal no ha sufrido distorsiones.



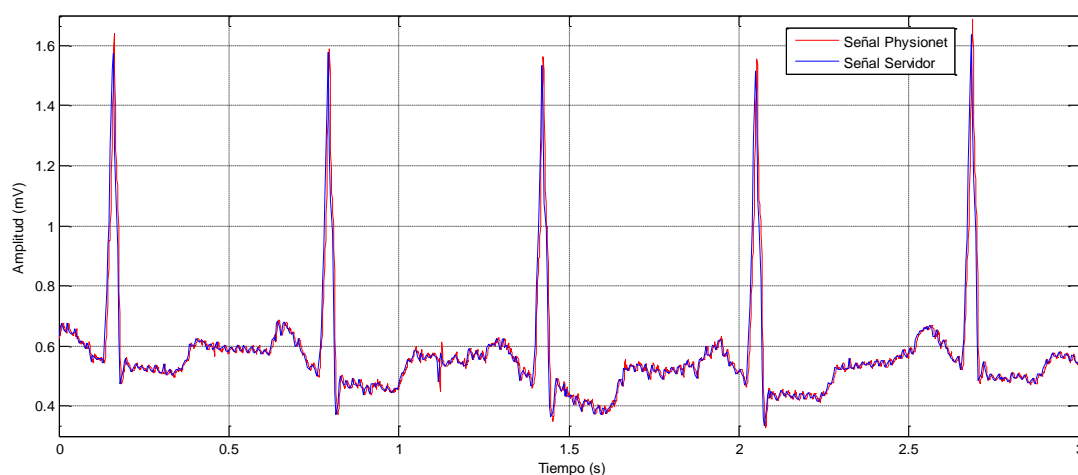
**Figura 123 Paciente 6-derivacion D2 de Physionet**



**Figura 124 Paciente 6-derivacion D2 del servidor Web**

### Comparación en Matlab

Como se muestra en la Figura 125, al comparar la señal de Physionet con la que se almacena en el Servidor para el Paciente número 6 (infarto miocardio), se comprueba que la transmisión de esa información hacia la base de datos de la aplicación de Telemedicina no presenta pérdida de datos y realiza una gráfica similar a la de Physionet.

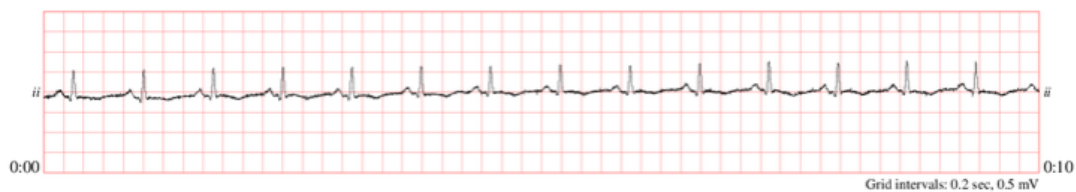


**Figura 125 Paciente 6-Comparación de señales en Matlab**

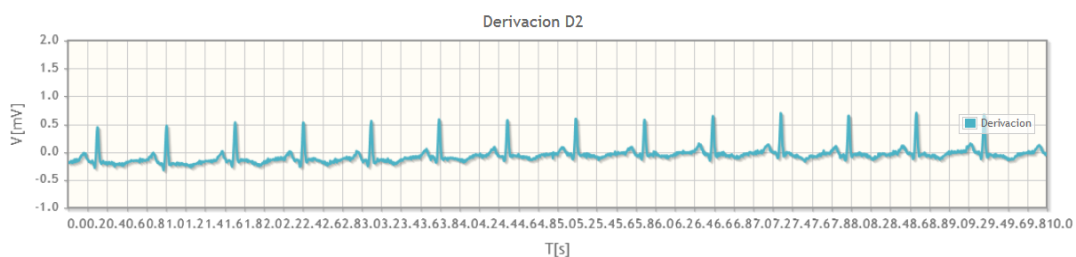
#### 5.3.2.2. Paciente 7

### Comparación de las Graficas

La comparación de la Figura 126 correspondiente a la señal presentada por Physionet con la Figura 127 correspondiente a la señal presentada por la aplicación de Telemedicina, muestra visualmente el grado de similitud que existe entre ellas al momento de ser mostradas, con el fin de corroborar que la señal no ha sufrido distorsiones.



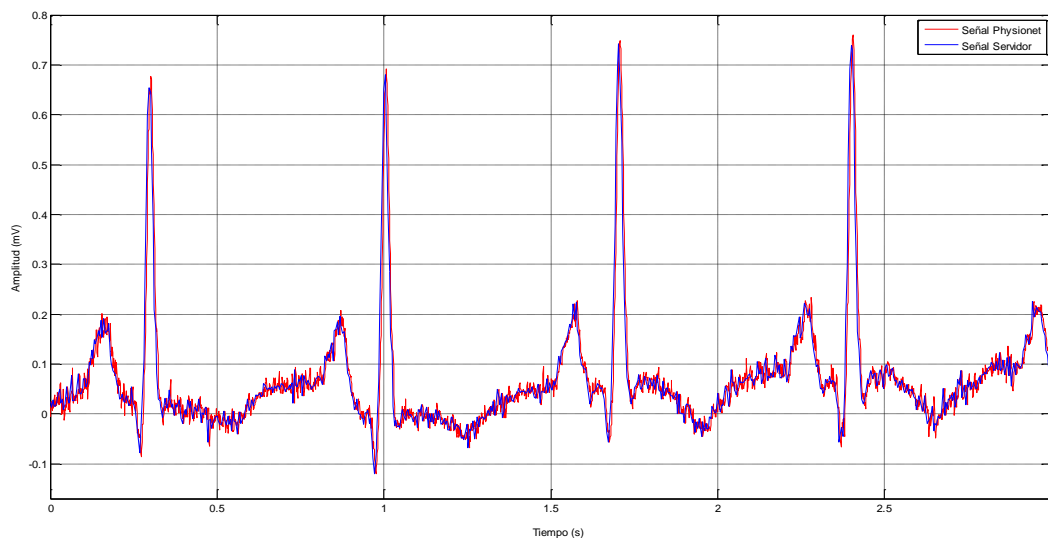
**Figura 126 Paciente 7-derivacion D2 de Physionet**



**Figura 127 Paciente 7-derivacion D2 del servidor Web**

### Comparación en Matlab

Como se muestra en la Figura 128, al comparar la señal de Physionet con la que se almacena en el Servidor para el Paciente número 7 (infarto miocardio), se comprueba que la transmisión de esa información hacia la base de datos de la aplicación de Telemedicina no presenta pérdida de datos y realiza una gráfica similar a la de Physionet.

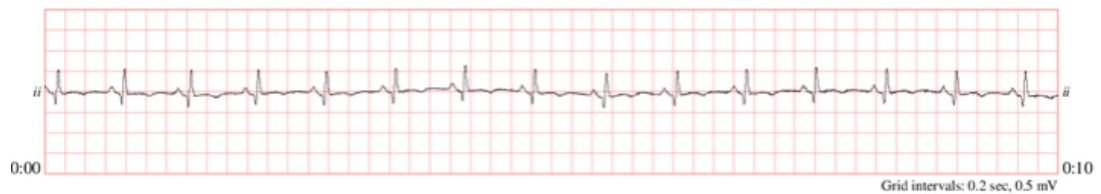


**Figura 128 Paciente 7-Comparación de señales en Matlab**

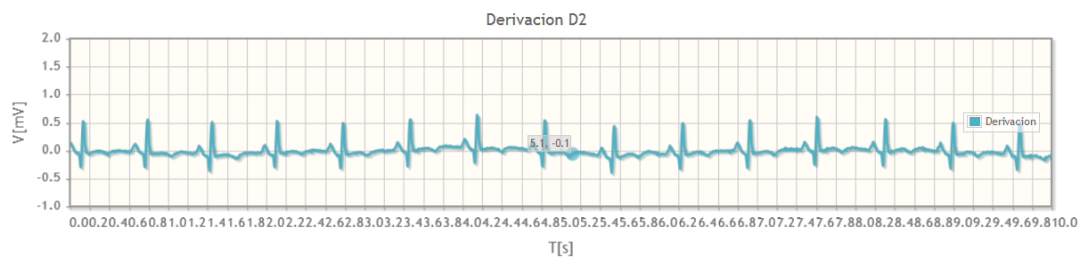
### 5.3.2.3. Paciente 8

#### Comparación de las Graficas

La comparación de la Figura 129 correspondiente a la señal presentada por Physionet con la Figura 130 correspondiente a la señal presentada por la aplicación de Telemedicina, muestra visualmente el grado de similitud que existe entre ellas al momento de ser mostradas, con el fin de corroborar que la señal no ha sufrido distorsiones.



**Figura 129 Paciente 8-derivacion D2 de Physionet**



**Figura 130 Paciente 8-derivacion D2 del servidor Web**

### **Comparación en Matlab**

Como se muestra en la Figura 131, al comparar la señal de Physionet con la que se almacena en el Servidor para el Paciente número 8 (infarto miocardio), se comprueba que la transmisión de esa información hacia la base de datos de la aplicación de Telemedicina no presenta pérdida de datos y realiza una gráfica similar a la de Physionet.

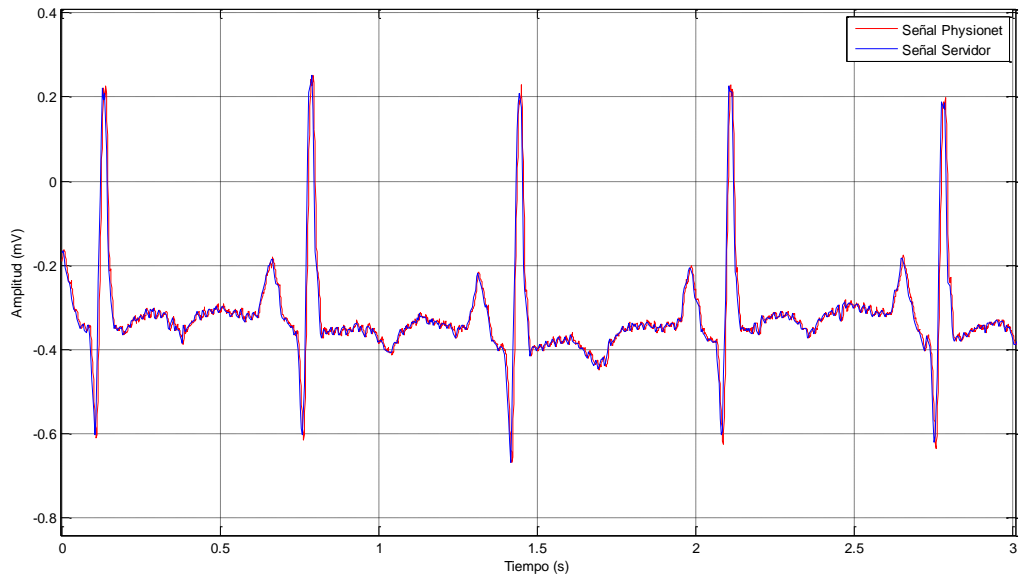


Figura 131 Paciente 8-Comparación de señales en Matlab

#### 5.3.2.4. Paciente 9

##### Comparación de las Graficas

La comparación de la Figura 132 correspondiente a la señal presentada por Physionet con la Figura 133 correspondiente a la señal presentada por la aplicación de Telemedicina, muestra visualmente el grado de similitud que existe entre ellas al momento de ser mostradas, con el fin de corroborar que la señal no ha sufrido distorsiones.

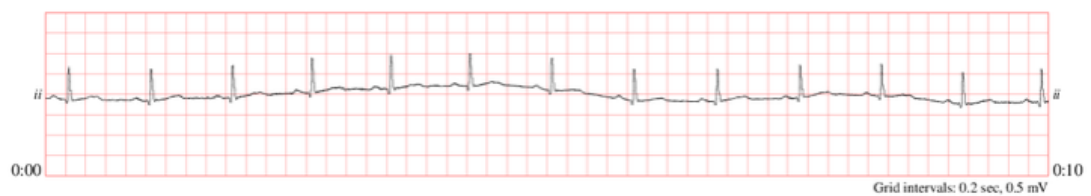


Figura 132 Paciente 9-derivacion D2 de Physionet

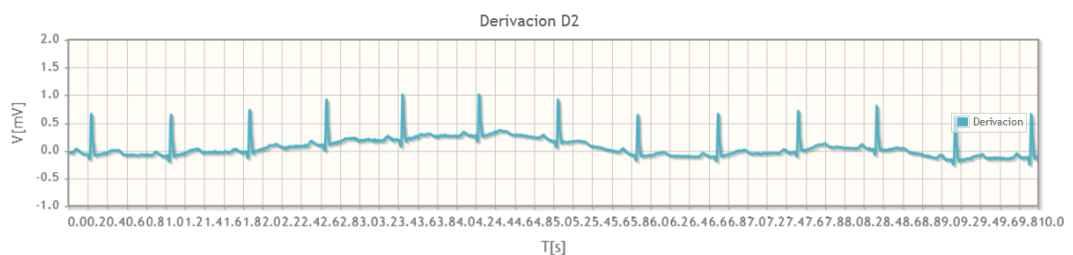
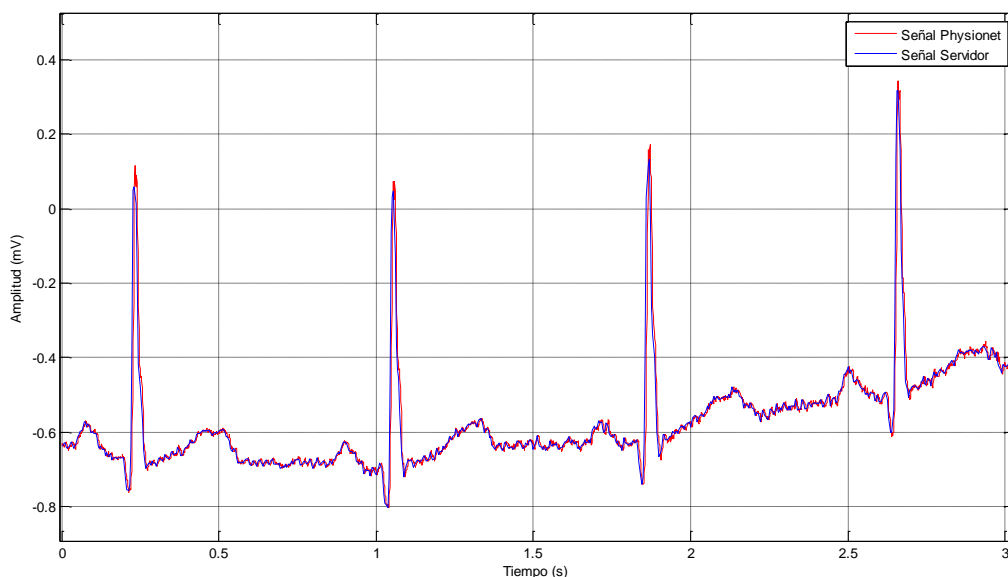


Figura 133 Paciente 9-derivacion D2 del servidor Web

##### Comparación en Matlab



Como se muestra en la Figura 134, al comparar la señal de Physionet con la que se almacena en el Servidor para el Paciente número 9 (infarto miocardio), se comprueba que la transmisión de esa información hacia la base de datos de la aplicación de Telemedicina no presenta pérdida de datos y realiza una gráfica similar a la de Physionet.

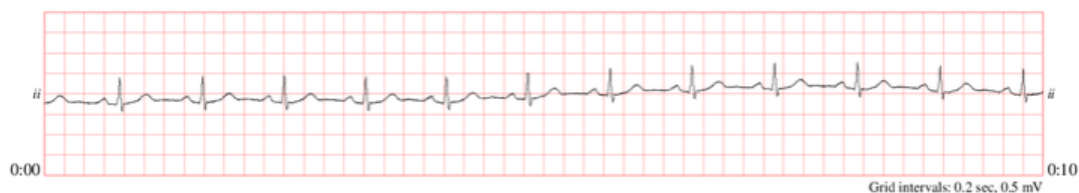


**Figura 134 Paciente 9-Comparación de señales en Matlab**

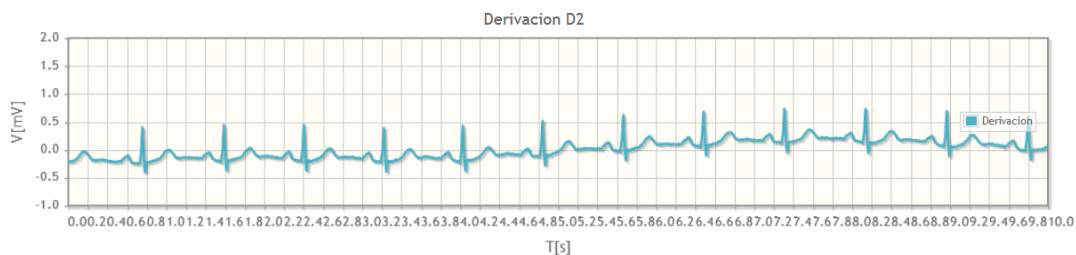
### 5.3.2.5. Paciente 10

#### Comparación de las Graficas

La comparación de la Figura 135 correspondiente a la señal presentada por Physionet con la Figura 136 correspondiente a la señal presentada por la aplicación de Telemedicina, muestra visualmente el grado de similitud que existe entre ellas al momento de ser mostradas, con el fin de corroborar que la señal no ha sufrido distorsiones.



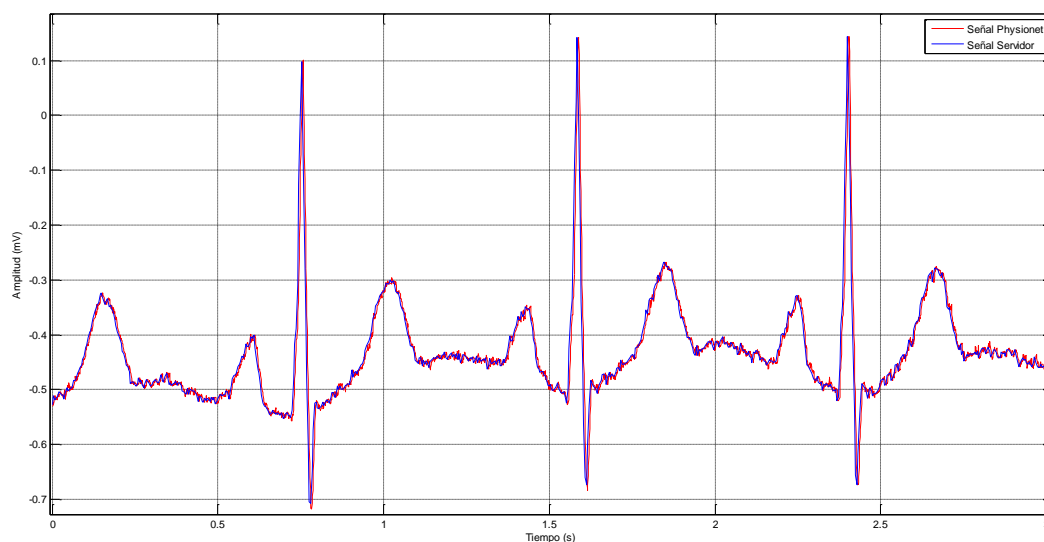
**Figura 135 Paciente 10-derivacion D2 de Physionet**



**Figura 136 Paciente 10-derivacion D2 del servidor Web**

### Comparación en Matlab

Como se muestra en la Figura 137, al comparar la señal de Physionet con la que se almacena en el Servidor para el Paciente número 10 (infarto miocárdico), se comprueba que la transmisión de esa información hacia la base de datos de la aplicación de Telemedicina no presenta pérdida de datos y realiza una gráfica similar a la de la Physionet.



**Figura 137 Paciente 10-Comparación de señales en Matlab**

### 5.3.3. Realización de Pruebas con el Tercer Escenario

Las pruebas se realizaron con las señales pertenecientes a 5 pacientes con diagnóstico de Arritmia Cardíaca, obtenidos de la base de Datos de Physionet “PTB Diagnostic ECG Database”.

La lista de pacientes se presenta en la Tabla 6

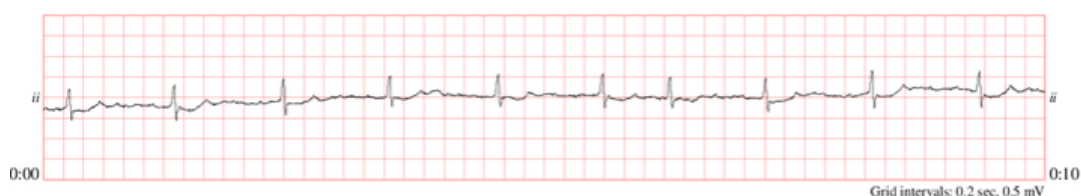
**Tabla 6 Pacientes con diagnóstico de arritmia cardiaca**

Pacientes con diagnostico de arritmia Cardiaca			
Paciente	Sexo	Edad (Años)	No. de Registro
11	Mujer	66	151/s0206_re
12	Hombre	59	112/s0169_re
13	Mujer	65	113/s0018Ire
14	Hombre	31	133/s0393Ire
15	Hombre	81	147/s0211_re

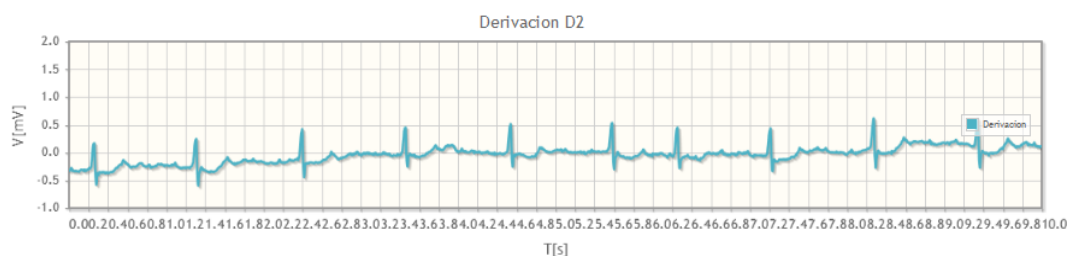
### 5.3.3.1. Paciente 11

#### Comparación de las Graficas

La comparación de la Figura 138 correspondiente a la señal presentada por Physionet con la Figura 139 correspondiente a la señal presentada por la aplicación de Telemedicina, muestra visualmente el grado de similitud que existe entre ellas al momento de ser mostradas, con el fin de corroborar que la señal no ha sufrido distorsiones.



**Figura 138 Paciente 11-derivacion D2 de Physionet**

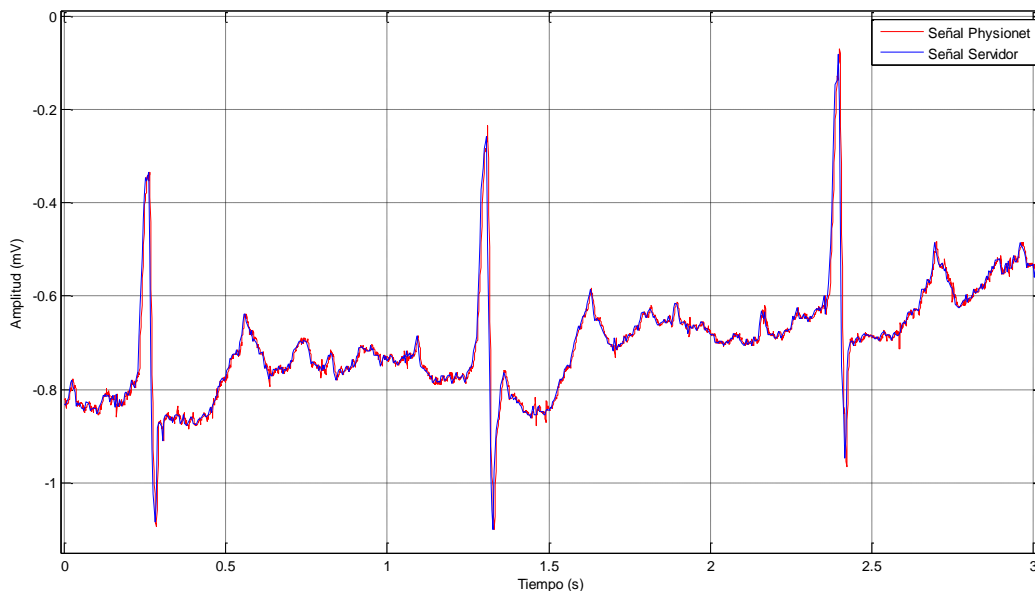


**Figura 139 Paciente 11-derivacion D2 del servidor Web**

#### Comparación en Matlab

Como se muestra en la Figura 140, al comparar la señal de Physionet con la que se almacena en el Servidor para el Paciente número 11 (arritmia), se comprueba que

la transmisión de esa información hacia la base de datos de la aplicación de Telemedicina no presenta pérdida de datos y realiza una gráfica similar a la de Physionet.

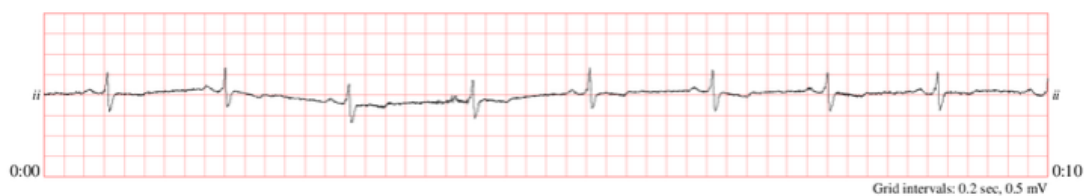


**Figura 140 Paciente 11-Comparación de señales en Matlab**

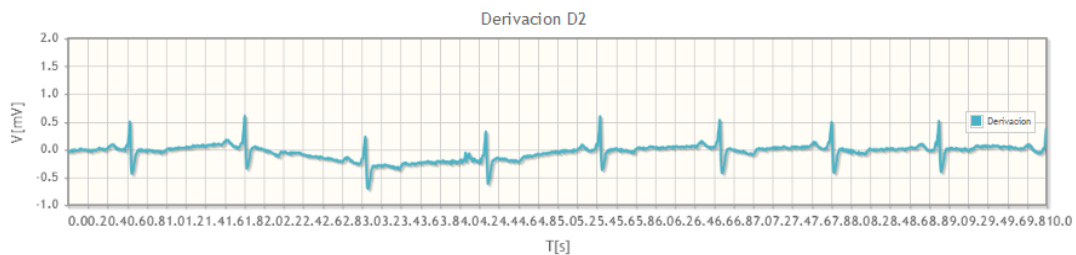
### 5.3.3.2. Paciente 12

#### Comparación de las Graficas

La comparación de la Figura 141 correspondiente a la señal presentada por Physionet con la Figura 142 correspondiente a la señal presentada por la aplicación de Telemedicina, muestra visualmente el grado de similitud que existe entre ellas al momento de ser mostradas, con el fin de corroborar que la señal no ha sufrido distorsiones.



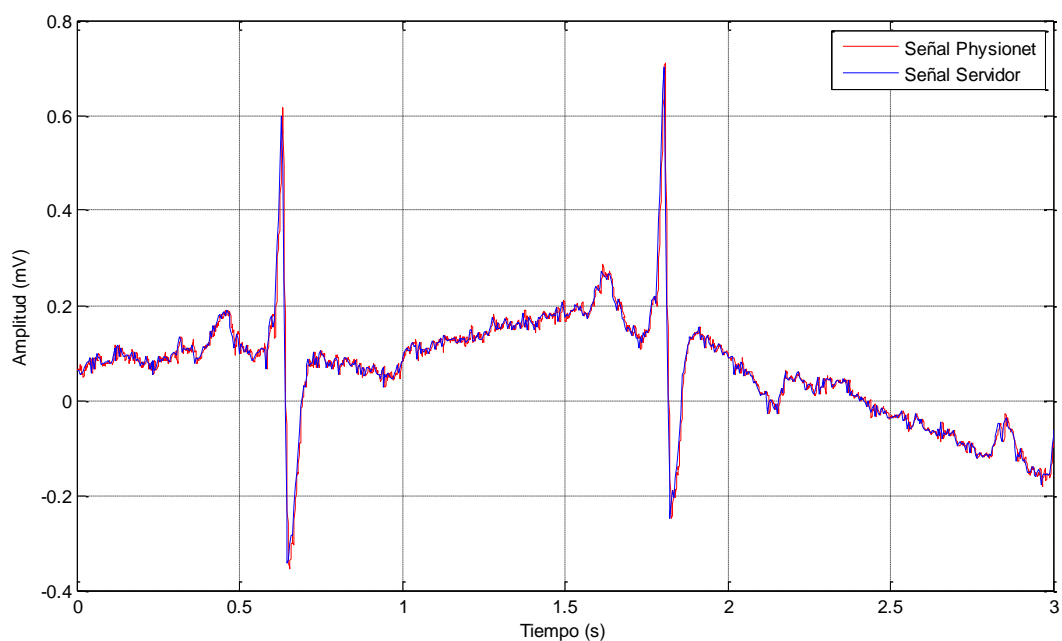
**Figura 141 Paciente 12-derivacion D2 de Physionet**



**Figura 142 Paciente 12-derivacion D2 del servidor Web**

### **Comparación en Matlab**

Como se muestra en la Figura 143, al comparar la señal de Physionet con la que se almacena en el Servidor para el Paciente número 12 (arritmia), se comprueba que la transmisión de esa información hacia la base de datos de la aplicación de Telemedicina no presenta pérdida de datos y realiza una gráfica similar a la de Physionet.



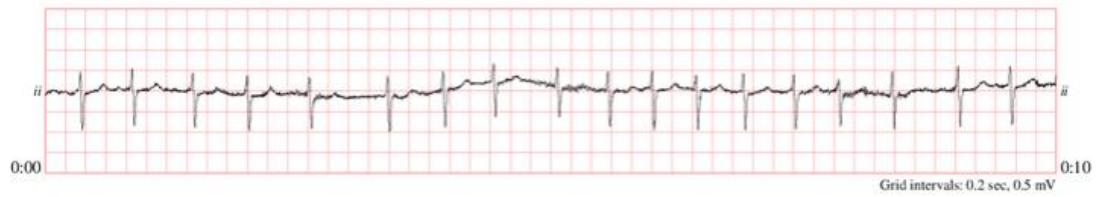
**Figura 143 Paciente 12-Comparación de señales en Matlab**

### **5.3.3.3. Paciente 13**

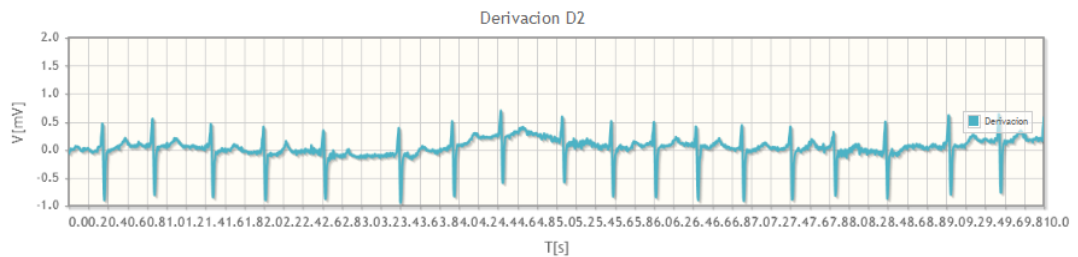
#### **Comparación de las Graficas**

La comparación de la Figura 144 correspondiente a la señal presentada por Physionet con la Figura 145 correspondiente a la señal presentada por la aplicación de Telemedicina, muestra visualmente el grado de similitud que existe entre ellas al

momento de ser mostradas, con el fin de corroborar que la señal no ha sufrido distorsiones.



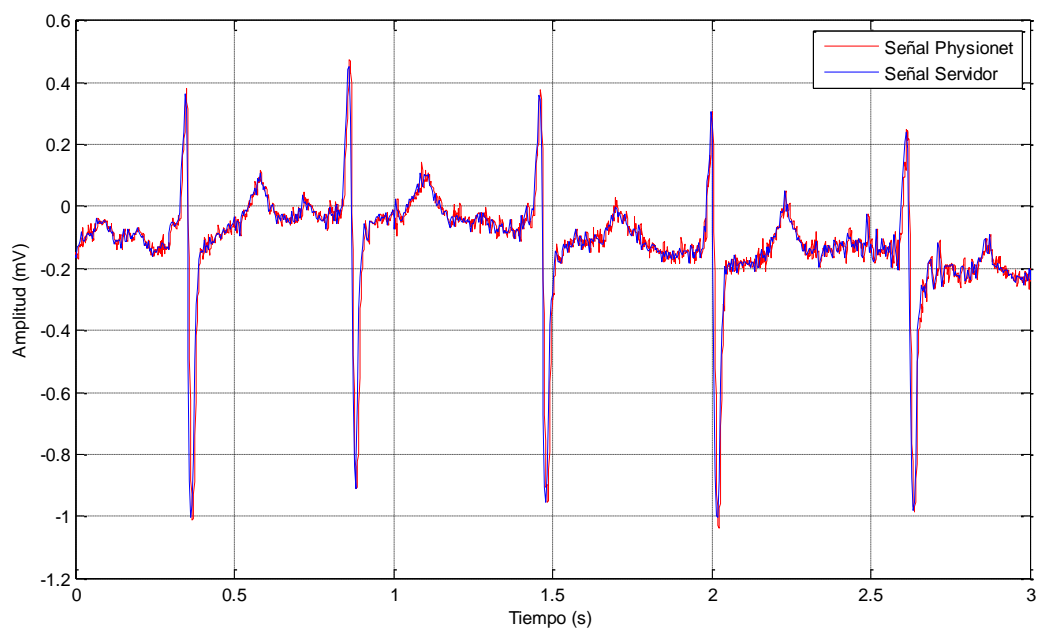
**Figura 144 Paciente 13-derivacion D2 de Physionet**



**Figura 145 Paciente 13-derivacion D2 del servidor Web**

### Comparación en Matlab

Como se muestra en la Figura 146, al comparar la señal de Physionet con la que se almacena en el Servidor para el Paciente número 13 (arritmia), se comprueba que la transmisión de esa información hacia la base de datos de la aplicación de Telemedicina no presenta pérdida de datos y realiza una gráfica similar a la de Physionet.



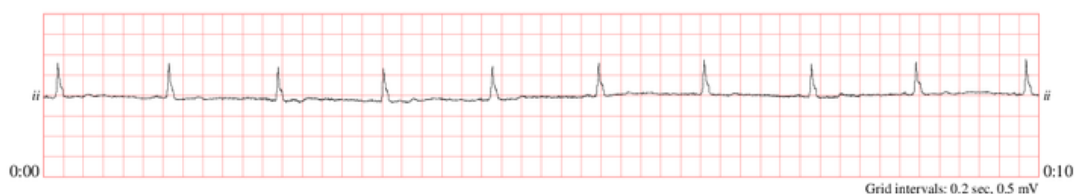
**Figura 146 Paciente 13-Comparación de señales en Matlab**

#### 5.3.3.4. Paciente 14

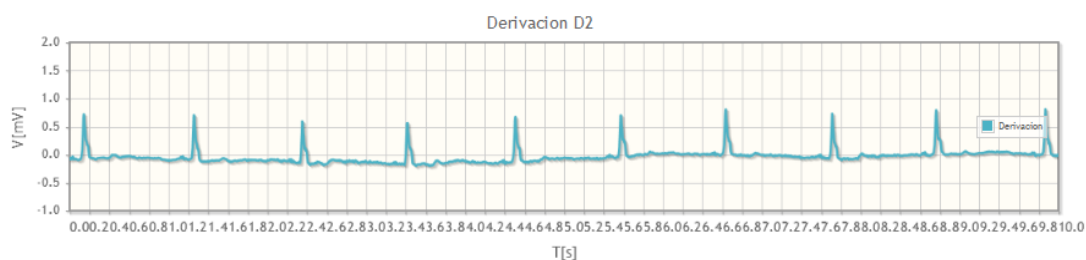
Señal de un examen ECG de un hombre de 31 años (tomada de Physionet Paciente 133/s0393lre)

#### Comparación de las Graficas

La comparación de la Figura 147 correspondiente a la señal presentada por Physionet con la Figura 148 correspondiente a la señal presentada por la aplicación de Telemedicina, muestra visualmente el grado de similitud que existe entre ellas al momento de ser mostradas, con el fin de corroborar que la señal no ha sufrido distorsiones.



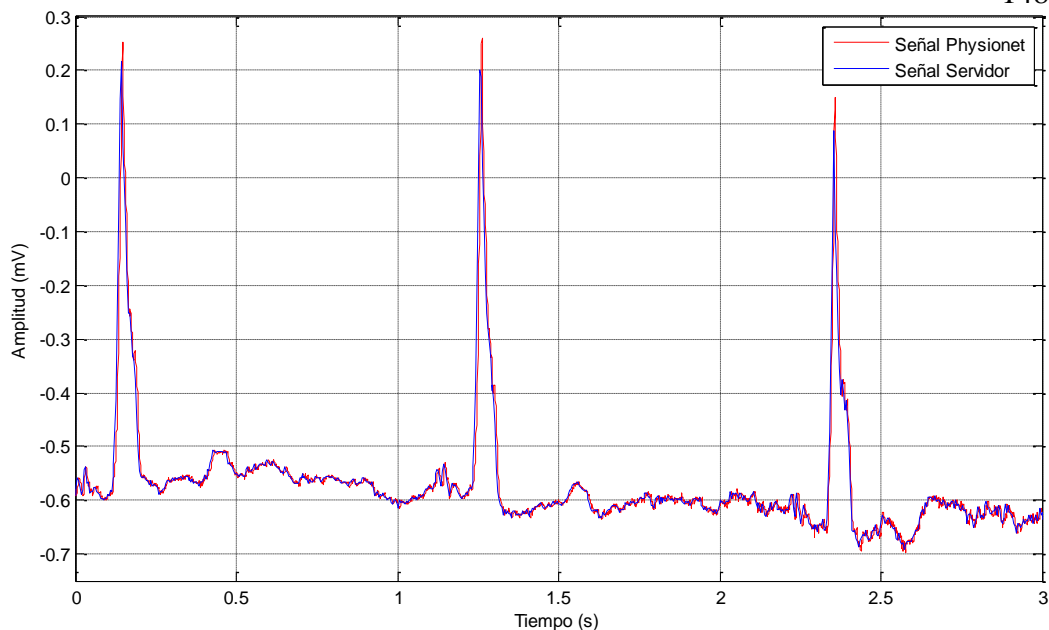
**Figura 147 Paciente 14-derivacion D2 de Physionet**



**Figura 148 Paciente 14-derivacion D2 del servidor Web**

#### Comparación en Matlab

Como se muestra en la Figura 149, al comparar la señal de Physionet con la que se almacena en el Servidor para el Paciente número 14 (arritmia), se comprueba que la transmisión de esa información hacia la base de datos de la aplicación de Telemedicina no presenta pérdida de datos y realiza una gráfica similar a la de Physionet.

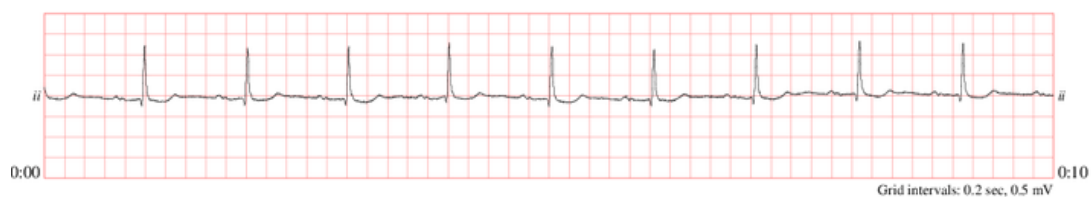


**Figura 149 Paciente 14-Comparación de señales en Matlab**

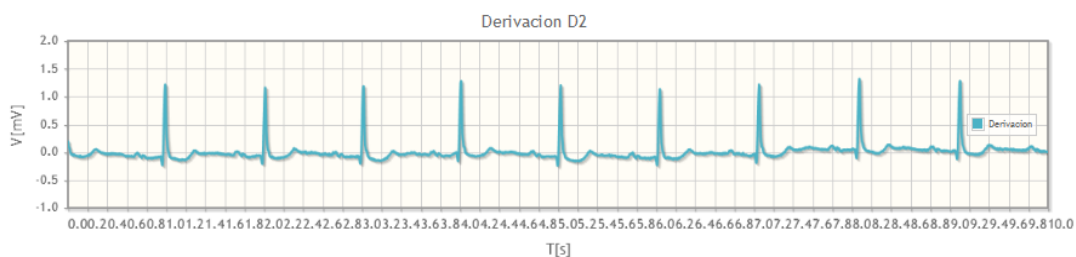
### 5.3.3.5. Paciente 15

#### Comparación de las Graficas

La comparación de la Figura 150 correspondiente a la señal presentada por Physionet con la Figura 151 correspondiente a la señal presentada por la aplicación de Telemedicina, muestra visualmente el grado de similitud que existe entre ellas al momento de ser mostradas, con el fin de corroborar que la señal no ha sufrido distorsiones.



**Figura 150 Paciente 15-derivacion D2 de Physionet**

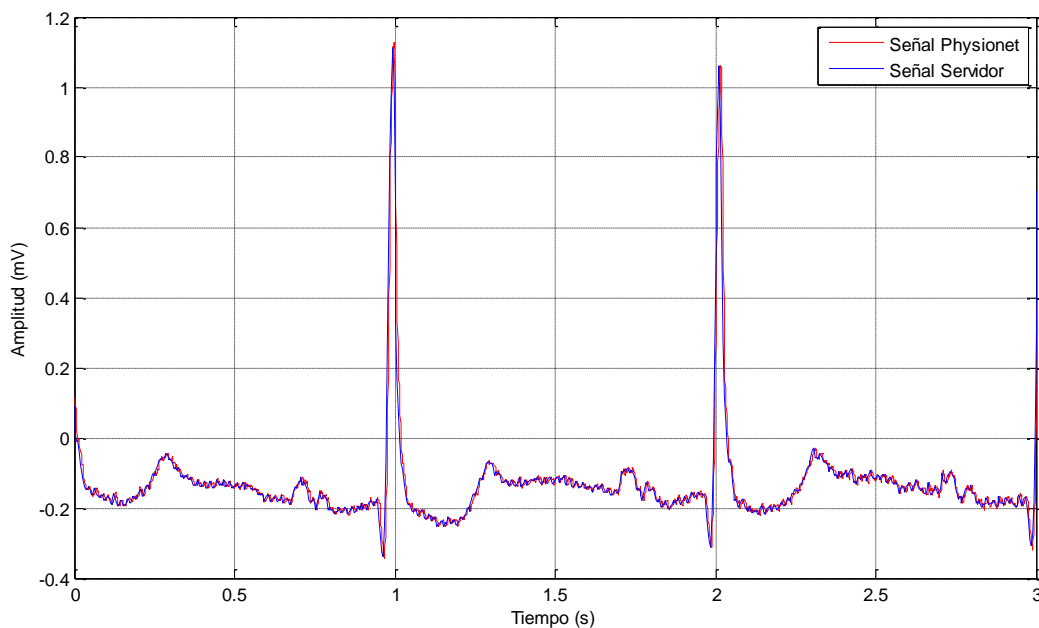


**Figura 151 Paciente 15-derivacion D2 del servidor Web**



## Comparación en Matlab

Como se muestra en la Figura 152, al comparar la señal de Physionet con la que se almacena en el Servidor para el Paciente número 15 (arritmia), se comprueba que la transmisión de esa información hacia la base de datos de la aplicación de Telemedicina no presenta pérdida de datos y realiza una gráfica similar a la de Physionet.



**Figura 152 Paciente 15-Comparación de señales en Matlab**

### 5.3.4. Realización de Pruebas con el Cuarto Escenario

Estas pruebas se realizaron sobre 4 pacientes con diferente diagnóstico, obtenidos de la base de Datos de Physionet “PTB Diagnostic ECG Database”.

La lista de pacientes se presenta en la Tabla 7

**Tabla 7 Lista de pacientes para el cuarto Escenario**

Pacientes				
Paciente	Diagnostico	Sexo	Edad (Años)	No. de Registro
1	Sano	Mujer	57	173/s0305Ire
2	Sano	Hombre	34	234/s0460_re
6	Infarto al Miocardio	Mujer	74	005/s0021bre
11	Arritmia Cardiaca	Mujer	66	151/s0206_re

### 5.3.4.1. Paciente 1

#### 5.3.4.1.1. Calidad de Internet

La calidad de Internet se midió con la página Web Speedtest.net, teniendo una velocidad de descarga de 2.06 Mbps y una velocidad de carga de 0.24 Mbps como indica la Figura 153.

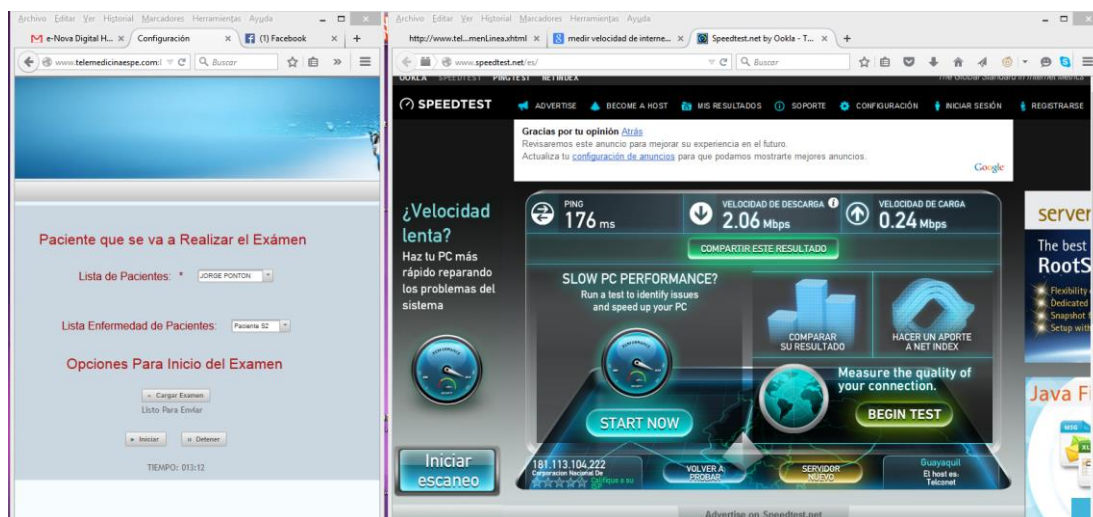


Figura 153 Velocidad del Internet Escenario 4, paciente 1

#### Tiempo de retardo durante la revisión en línea.

Se comparó gráficamente, como indica la Figura 154, el tiempo de retardo durante el envío de la señal cardíaca del primer paciente (sano).

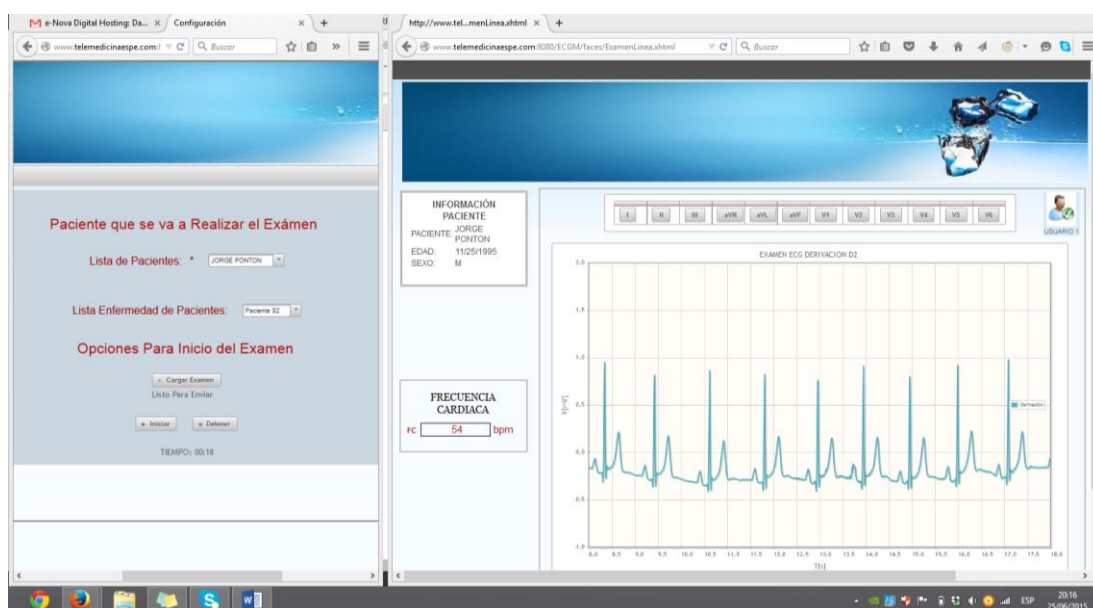


Figura 154 Comparación de tiempo de envío y recepción Escenario 4, paciente 1

Se realizaron 5 comparaciones del retardo existente entre las aplicaciones tomadas en diferentes tiempos, los resultados se resumen en la Tabla 8.

**Tabla 8 Tiempo de retardo durante la revisión en línea, paciente 1**

<b>Tiempo Aplicación de Simulación [s]</b>	<b>Tiempo Aplicación de Telemedicina [s]</b>	<b>Diferencia de Tiempo [s]</b>
18	18	0
263	260	3
1236	1225	11
1842	1825	17
2479	2459	20

### **Capacidad de almacenamiento de los datos**

Los resultados del tiempo total recibido y del peso del archivo con las 12 derivaciones se muestran en la Tabla 9

**Tabla 9 Almacenamiento de los Datos, paciente 1**

<b>Tiempo total recibido [s]</b>	<b>Peso de los archivos [MB]</b>	<b>Capacidad Almacenamiento del Servidor [GB]</b>
2459	30.6	50

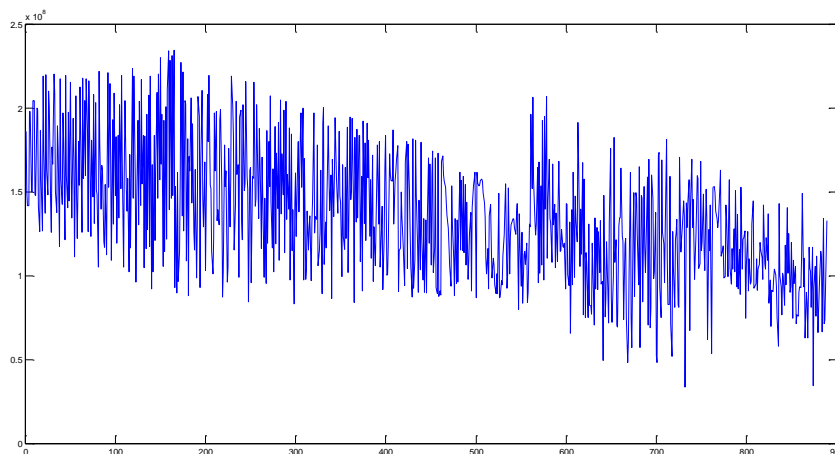
### **Fiabilidad de los Datos**

La comparación del tiempo total enviado y recibido se muestra en la Tabla 10

**Tabla 10 Perdida de datos, paciente 1**

<b>Tiempo total enviado [s]</b>	<b>Tiempo total recibido [s]</b>	<b>Tiempo no recibido [s]</b>	<b>Porcentaje de Datos no Recibidos</b>
2479	2459	20	0,81 %

La Figura 155 se puede observar la medida de la memoria virtual libre durante el envío de las señales cardiacas, al llenarse la memoria la aplicación detiene la transmisión y visualización del registro ECG en línea. En todos los casos de pruebas se tiene una memoria virtual de 512 Mb, limitando el tiempo de transmisión y visualización de los registros ECG.

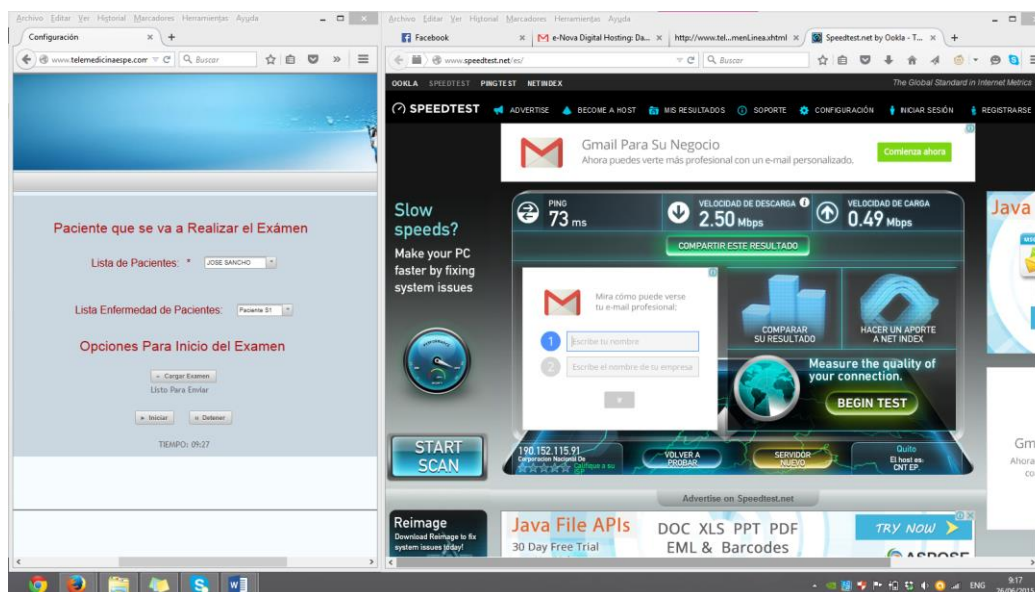


**Figura 155 Memoria libre al ejecutar la aplicación Web, paciente 1**

### 5.3.4.2. Paciente 2

#### 5.3.4.2.1. Calidad de Internet

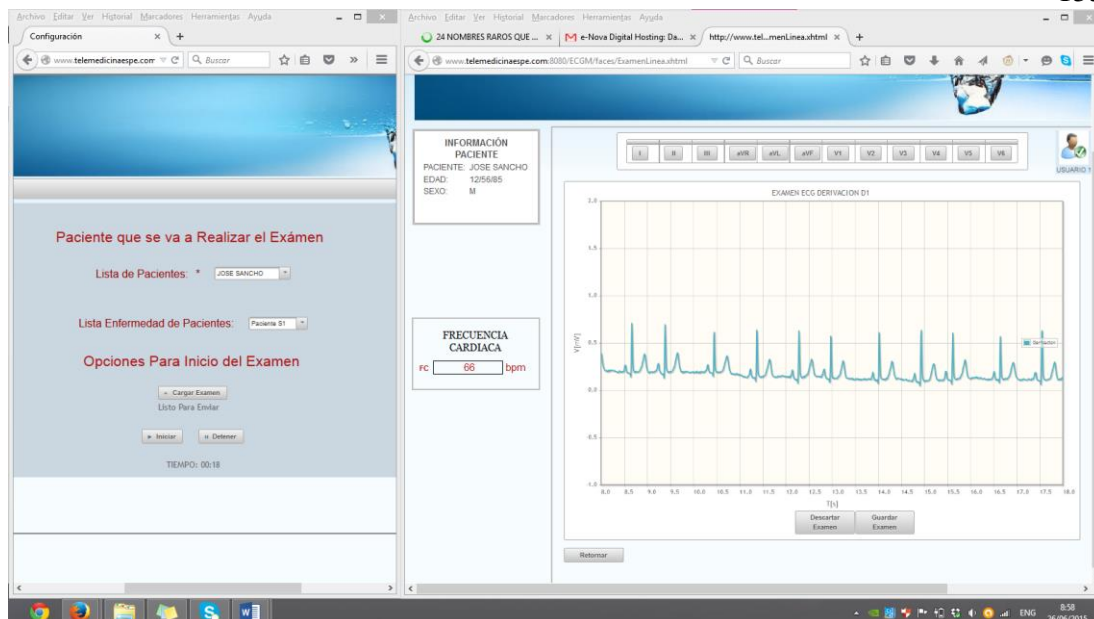
El Internet durante la prueba tuvo una velocidad de descarga de 2.50 Mbps y una velocidad de carga de 0.49 Mbps como indica la Figura 156.



**Figura 156 Velocidad del Internet Escenario 4, paciente 2**

### Tiempo de retardo durante la revisión en línea.

Se comparó gráficamente, como indica la Figura 157, el tiempo de retardo durante el envío de la señal cardíaca del segundo paciente (sano).



**Figura 157 Comparación de tiempo de envío y recepción, Escenario 4, paciente 2**

Se realizaron 5 comparaciones del retardo existente entre las aplicaciones tomadas en diferentes tiempos, los resultados se resumen en la Tabla 11

**Tabla 11 Tiempo de retardo durante la revisión en línea, paciente 2**

Tiempo Aplicación de Simulación [s]	Tiempo Aplicación de Telemedicina [s]	Diferencia de Tiempo [s]
18	18	0
296	293	3
1235	1224	11
1840	1821	17
2282	2244	38

### Capacidad de almacenamiento de los datos

Los resultados del tiempo total recibido y del peso del archivo con las 12 derivaciones se muestran en la Tabla 12.

**Tabla 12 Almacenamiento de los Datos, paciente 2**

Tiempo total recibido [s]	Peso de los archivos [MB]	Capacidad Almacenamiento del Servidor [GB]
2244	27.9	50

### Fiabilidad de los Datos

La comparación del tiempo total enviado y recibido se muestra en la Tabla 13.

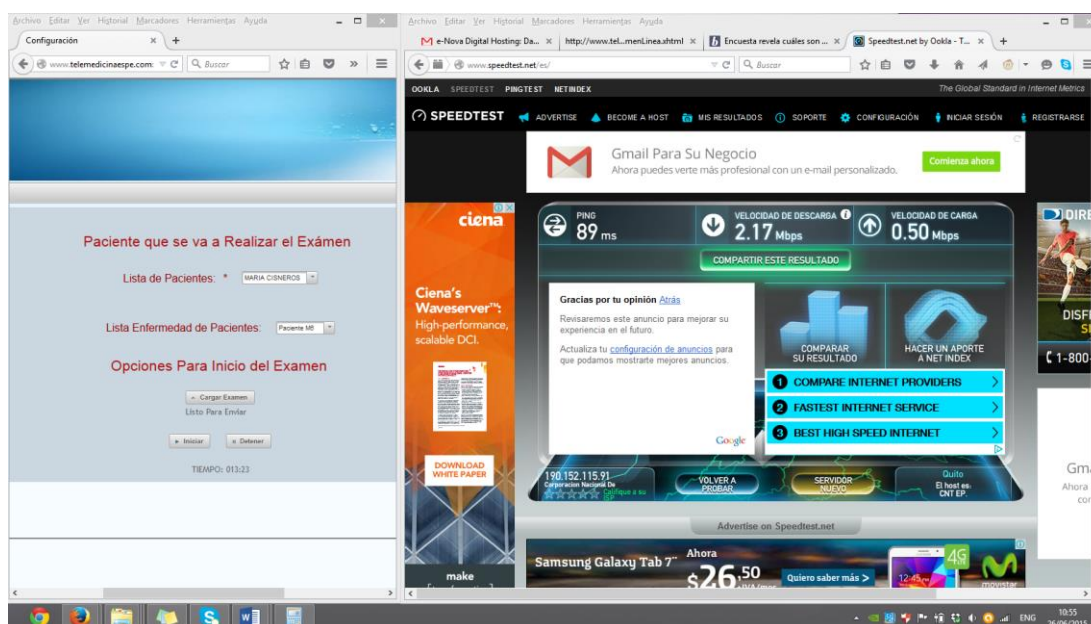
**Tabla 13** Perdida de datos, paciente 2

Tiempo total enviado [s]	Tiempo total recibido [s]	Tiempo no recibido [s]	Porcentaje de Datos no Recibidos
2282	2244	38	1,66 %

### 5.3.4.3. Paciente 6

#### 5.3.4.3.1. Calidad de Internet

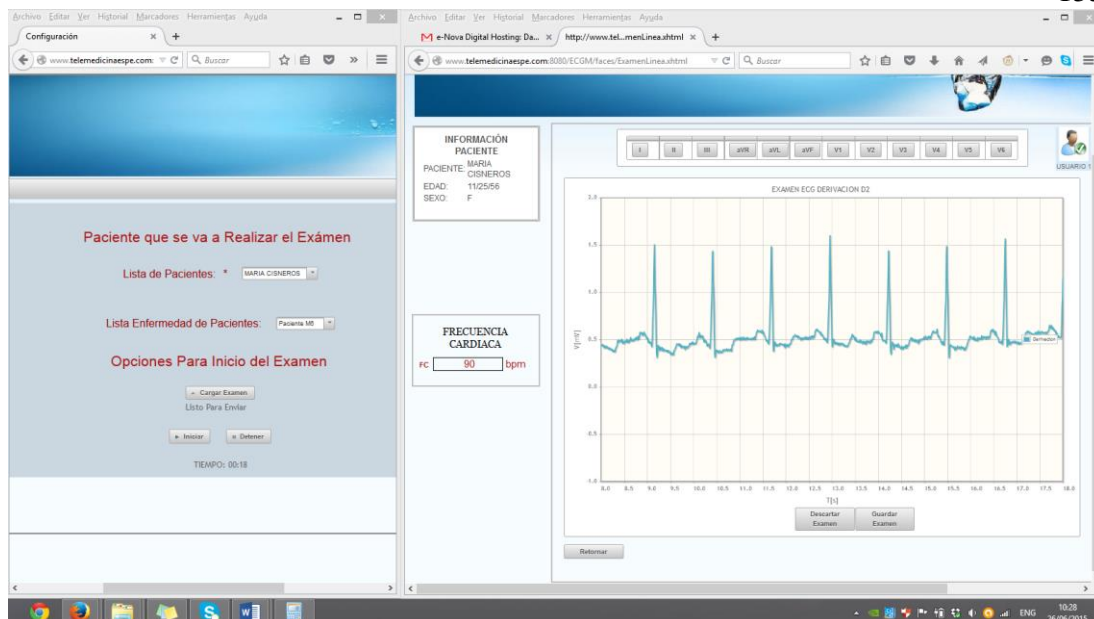
El Internet durante la prueba tuvo una velocidad de descarga de 2.17 Mbps y una velocidad de carga de 0.50 Mbps como indica la Figura 158.



**Figura 158** Velocidad del Internet Escenario 4, paciente 6

#### Tiempo de retardo durante la revisión en línea.

Se comparó gráficamente, como indica la Figura 159, el tiempo de retardo durante el envío de la señal cardíaca del tercer paciente (infarto de miocardio).



**Figura 159** Comparación de tiempo de envío y recepción, Escenario 4, paciente 6

Se realizaron 5 comparaciones del retardo existente entre las aplicaciones tomadas en diferentes tiempos, los resultados se resumen en la Tabla 14.

**Tabla 14** Tiempo de retardo durante la revisión en línea, paciente 6

Tiempo Aplicación de Simulación [s]	Tiempo Aplicación de Telemedicina [s]	Diferencia de Tiempo [s]
18	18	0
276	274	2
1235	1227	8
1812	1801	11
2109	2095	14

### Capacidad de almacenamiento de los datos

Los resultados del tiempo total recibido y del peso del archivo con las 12 derivaciones se muestran en la Tabla 15.

**Tabla 15** Almacenamiento de los Datos, paciente 6

Tiempo total recibido [s]	Peso de los archivos [MB]	Capacidad Almacenamiento del Servidor [GB]
2095	26.1	50

### Fiabilidad de los Datos

La comparación del tiempo total enviado y recibido se muestra en la Tabla 16.

**Tabla 16** Perdida de datos, paciente 6

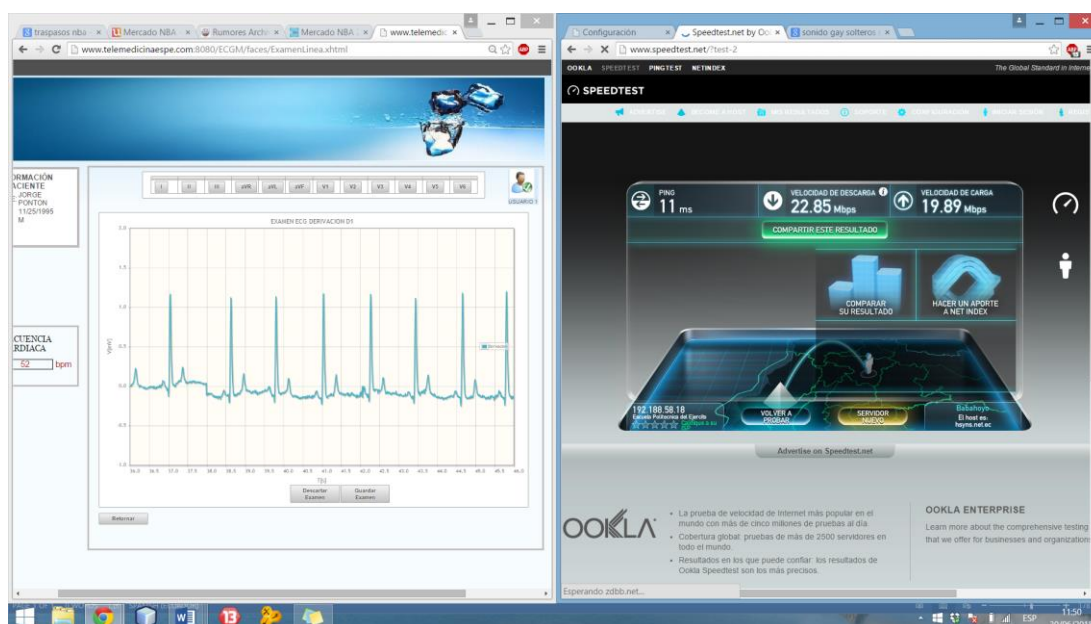
Tiempo total enviado [s]	Tiempo total recibido [s]	Tiempo no recibido [s]	Porcentaje de Datos no Recibidos
2109	2095	14	0,66 %

La Tabla 16 muestra la medida de la memoria virtual libre durante el envío de las señales cardiacas.

### 5.3.4.4. Paciente 11

#### 5.3.4.4.1. Calidad de Internet

El Internet durante la prueba tuvo una velocidad de descarga de 22.85 Mbps y una velocidad de carga de 19.89 Mbps como indica la Figura 160.

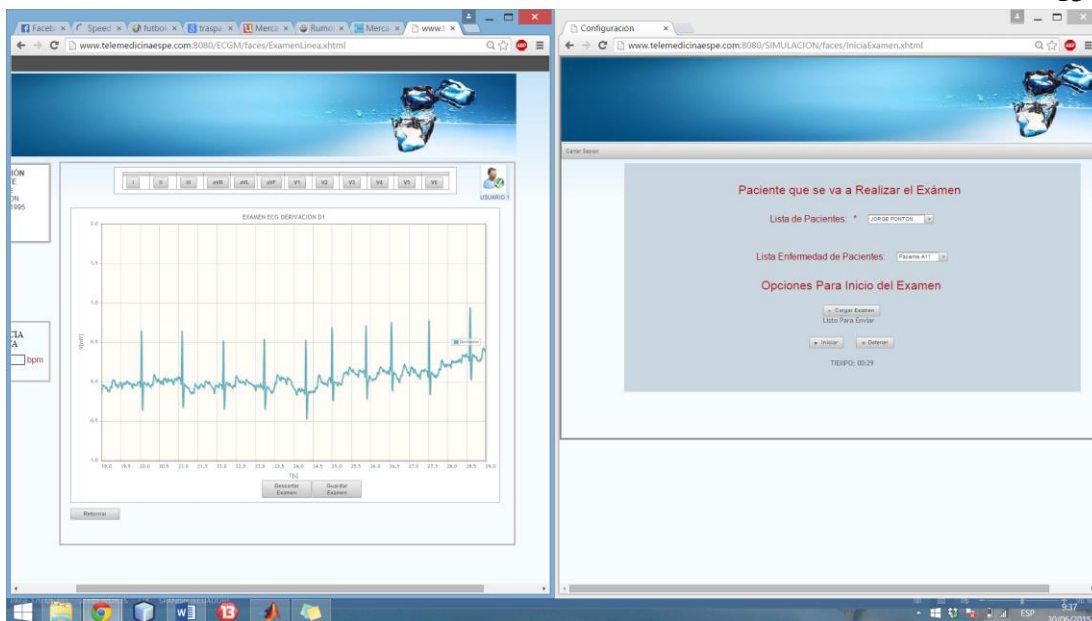


**Figura 160** Velocidad del Internet Escenario 4, paciente 11

#### Tiempo de retardo durante la revisión en línea.

Se comparó gráficamente, como indica la Figura 161, el tiempo de retardo durante el envío de la señal cardíaca del tercer paciente (arritmia cardiaca).





**Figura 161 Comparación de tiempo de envío y recepción, Escenario 4, paciente 11**

Se realizaron 5 comparaciones del retardo existente entre las aplicaciones tomadas en diferentes tiempos, los resultados se resumen en la Tabla 17.

**Tabla 17 Tiempo de retardo durante la revisión en línea, paciente 11**

<b>Tiempo Aplicación de Simulación [s]</b>	<b>Tiempo Aplicación de Telemedicina [s]</b>	<b>Diferencia de Tiempo [s]</b>
29	29	0
589	574	15
1224	1191	33
1809	1761	48
3484	3403	81

### **Capacidad de almacenamiento de los datos**

Los resultados del tiempo total recibido y del peso del archivo con las 12 derivaciones se muestran en la Tabla 18.

**Tabla 18 Almacenamiento de los Datos, paciente 11**

<b>Tiempo total recibido [s]</b>	<b>Peso de los archivos [MB]</b>	<b>Capacidad Almacenamiento del Servidor [GB]</b>
3403	42.5	50

### **Fiabilidad de los Datos**

La comparación del tiempo total enviado y recibido se muestra en la Tabla 19.

**Tabla 19** Perdida de datos, paciente 11

Tiempo total enviado [s]	Tiempo total recibido [s]	Tiempo no recibido [s]	Porcentaje de Datos no Recibidos
3484	3403	81	2,32 %

### 5.3.5. Realización de Pruebas con el Quinto Escenario

Estas pruebas se realizaron sobre 4 pacientes con diferente diagnóstico, obtenidos de la base de Datos de Physionet “PTB Diagnostic ECG Database”.

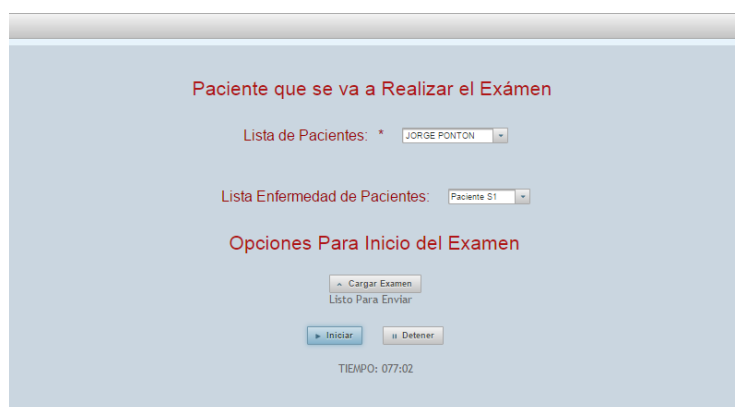
La lista de pacientes se presenta en la Tabla 20

**Tabla 20** Lista de pacientes para el cuarto Escenario

Pacientes				
Paciente	Diagnostico	Sexo	Edad (Años)	No. de Registro
1	Sano	Mujer	57	173/s0305Ire
2	Sano	Hombre	34	234/s0460_re
6	Infarto al Miocardio	Mujer	74	005/s0021bre
11	Arritmia Cardiaca	Mujer	66	151/s0206_re

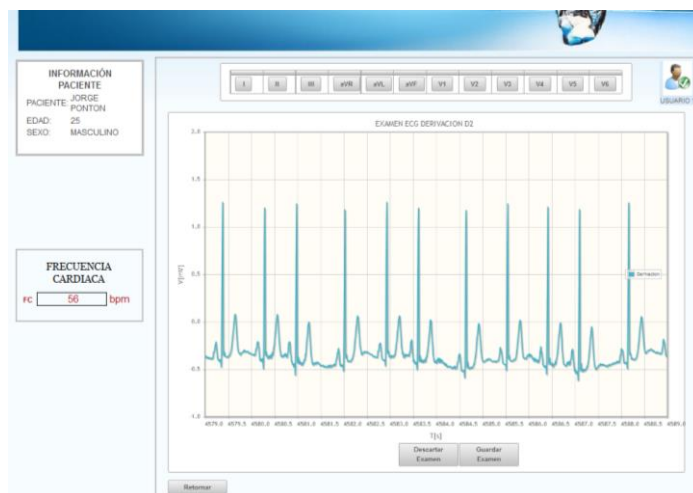
#### 5.3.5.1. Paciente 1

Se envió un examen ECG con un tiempo de 77 minutos a la aplicación Web, tal como se muestra en la Figura 162.



**Figura 162** Tiempo de Simulación. Escenario 5, paciente 1

Posteriormente se abrió la aplicación de telemedicina, y se guardó el examen como se muestra en la Figura 163.



**Figura 163 Tiempo recibido. Escenario 5, paciente 1**

En la Tabla 21 se muestran los resultados del tiempo total recibido y del peso del archivo con las 12 derivaciones.

**Tabla 21 Tiempo de transmisión y tamaño del archivo. Escenario 5, paciente 1**

Tiempo total enviado [s]	Tiempo total recibido [s]	% de pérdida de datos	Peso de los archivos [MB]
4622	4589	0.67%	57.1

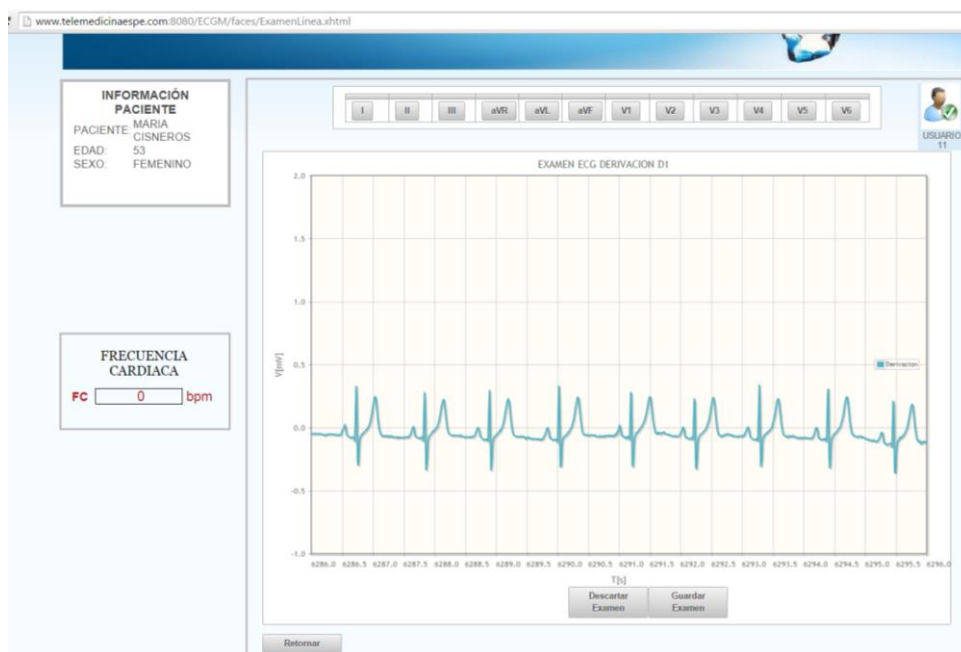
### 5.3.5.2. Paciente 2

Se envió un examen ECG con un tiempo de 105 minutos a la aplicación Web, tal como se muestra en la Figura 164.



**Figura 164 Tiempo de Simulación. Escenario 5, paciente 2**

Posteriormente se abrió la aplicación de telemedicina, y se guardó el examen como se muestra en la Figura 165.



**Figura 165 Tiempo recibido. Escenario 5, paciente 2**

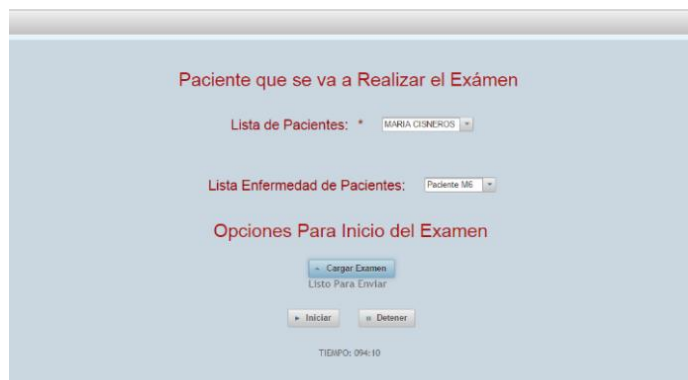
En la Tabla 22 se muestran los resultados del tiempo total recibido y del peso del archivo con las 12 derivaciones.

**Tabla 22 Tiempo de transmisión y tamaño del archivo. Escenario 5, paciente 2**

Tiempo total enviado [s]	Tiempo total recibido [s]	% de pérdida de datos	Peso de los archivos [MB]
6346	6295	0.80%	78.6

### 5.3.5.3. Paciente 6

Se envió un examen ECG con un tiempo de 94 minutos a la aplicación Web, tal como se muestra en la Figura 166.



**Figura 166 Tiempo de Simulación. Escenario 5, paciente 6**

Posteriormente se abrió la aplicación de telemedicina, y se guardó el examen como se muestra en la Figura 167.



**Figura 167 Tiempo recibido. Escenario 5, paciente 6**

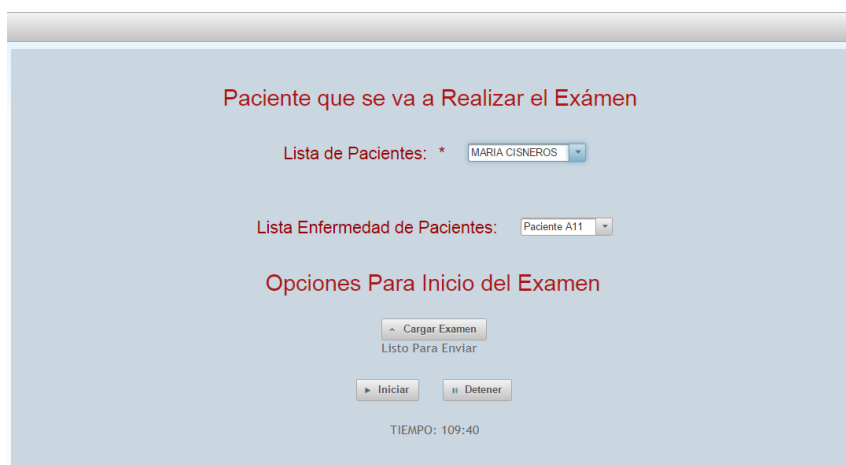
En la Tabla 23 se muestran los resultados del tiempo total recibido y del peso del archivo con las 12 derivaciones.

**Tabla 23 Tiempo de transmisión y tamaño del archivo. Escenario 5, paciente 6**

Tiempo total enviado [s]	Tiempo total recibido [s]	% de pérdida de datos	Peso de los archivos [MB]
5650	5647	0.05%	78.6

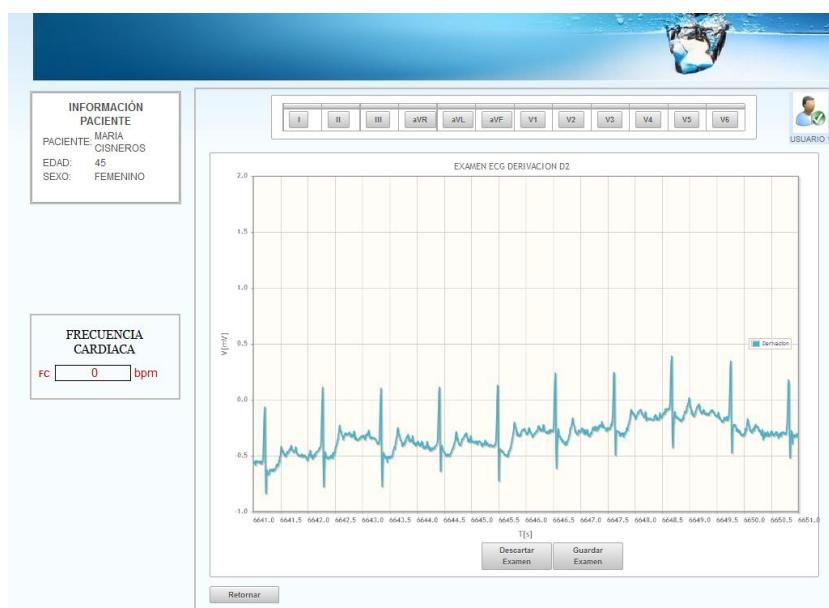
### 5.3.5.4. Paciente 11

Se envió un examen ECG con un tiempo de 109 minutos a la aplicación Web, tal como se muestra en la Figura 168.



**Figura 168 Tiempo de Simulación. Escenario 5, paciente 11**

Posteriormente se abrió la aplicación de telemedicina, y se guardó el examen como se muestra en la Figura 169.



**Figura 169 Tiempo recibido. Escenario 5, paciente 11**

En la Tabla 24 se muestran los resultados del tiempo total recibido y del peso del archivo con las 12 derivaciones.

Tabla 24 Tiempo de transmisión y tamaño del archivo. Escenario 5, paciente 11

Tiempo total enviado [s]	Tiempo total recibido [s]	% de pérdida de datos	Peso de los archivos [MB]
6580	6651	1.06%	80.2

#### 5.4. Análisis de Resultados

En concordancia con las fases de prueba realizadas, los resultados muestran la validez del prototipo realizado en este proyecto y se muestran a continuación:

##### 5.4.1. Análisis de los Escenarios de Prueba

Para comprobar la calidad de los datos presentados mediante la señal ECG de la aplicación se realiza el análisis de los resultados obtenidos en los cinco escenarios de pruebas establecidos en la sección 5.2.

###### 5.4.1.1. Análisis Primer Escenario

Al comparar visualmente las gráficas de las señales de ritmo Sinusal Normal, se puede afirmar que el examen en línea y el examen tomado de Physionet son similares. También se corroboró mediante la herramienta de Matlab, que al graficar los datos de Physionet y los datos almacenados en el servidor en línea, las dos graficas se superponen teniendo la misma magnitud y sin desfases en tiempo.

###### 5.4.1.2. Análisis Segundo Escenario

Al comparar visualmente las gráficas de las señales de infarto de miocardio, se puede afirmar que el examen en línea y el examen tomado de Physionet son similares. También se corroboró mediante la herramienta de Matlab, que al graficar los datos de Physionet y los datos almacenados en el servidor en línea, las dos graficas se superponen teniendo la misma magnitud y sin desfases en tiempo.

###### 5.4.1.3. Análisis Tercer Escenario

Al comparar visualmente las gráficas de las señales arritmia cardiaca, se puede afirmar que el examen en línea y el examen tomado de Physionet son similares. También se corroboró mediante la herramienta de Matlab, que al graficar los datos de Physionet y los datos almacenados en el servidor en línea, las dos graficas se superponen teniendo la misma magnitud y sin desfases en tiempo.

###### 5.4.1.4. Análisis Cuarto Escenario

Los resultados obtenidos para los diferentes parámetros analizados son:

➤ **Tiempo de retardo durante la revisión en línea.**

El análisis que se realiza mediante la Tabla 25, establece la relación entre el tiempo de envío total y los retardos que se producen durante la revisión en línea. Además se toma en cuenta el efecto que tiene la calidad del internet durante la transmisión.

**Tabla 25 Tiempo de retardo de la revisión en línea, análisis del cuarto escenario**

<b>Paciente</b>	<b>Velocidad descarga internet [Mbps]</b>	<b>Tiempo retardo mínimo [s]</b>	<b>Tiempo retardo máximo [s]</b>	<b>Tiempo total recibido [s]</b>	<b>Tiempo Total enviado [s]</b>
1	2.06	0	20	2459	2479
2	2.50	0	38	2244	2282
6	2.17	0	14	2095	2109
11	22.85	0	81	3403	3484

De acuerdo a los datos presentados en la Tabla 25, se puede afirmar:

- Al iniciar el examen no existe retardo entre la aplicación de envío y la aplicación de revisión en línea bajo ninguna condición.
- Cuando existió mayor cantidad de envío de datos, salvo en el caso del paciente 2, se produjo un mayor retardo en tiempo máximo.
- La calidad de internet al ser incrementada considerablemente (paciente 11), permitió una mayor cantidad de datos enviados y en consecuencia, mayor retardo entre la aplicación que envía la señal y la aplicación que permite la revisión en línea.

### **Capacidad de almacenamiento de los datos**

Para analizar la capacidad de almacenamiento de los datos, se tomó en cuenta el tiempo total recibido del examen y el peso de los archivos al generarse el examen.



**Tabla 26 Capacidad de almacenamiento de los datos, análisis del cuarto escenario**

<b>Paciente</b>	<b>Tiempo total recibido [s]</b>	<b>Peso de los archivos [MB]</b>	<b>Peso [MB]/ Tiempo Almacenado [min]/</b>
1	2459	30.6	0.747
2	2244	27.9	0.745
6	2095	26.1	0.747
11	3403	42.5	0.749

En la Tabla 26 se puede observar que para menor tiempo de examen, se tiene un archivo de menor peso en MB, además se puede concluir que cada minuto almacenado tendrá un peso promedio de 0.75 MB/min.

Al tener un espacio contratado de 50 Gb de memoria en el servidor de Internet, se puede tener un total de almacenamiento en el servidor de:

$$Tiempo \text{ Almacenamiento (minutos)} = 50Gb * \frac{\left(\frac{1024Mb}{1Gb}\right)}{\frac{0.75Mb}{1 \text{ min}}} = 68266,67 \text{ minutos}$$

En horas se tendrá un almacenamiento de 1137.78 horas, equivalentes a 47 días.

### **Fiabilidad de los Datos**

Esta sección busca analizar el porcentaje de pérdida de datos que se produce durante la transmisión de las señales cardíacas.

**Tabla 27 Fiabilidad de los Datos, análisis del cuarto escenario**

<b>Paciente</b>	<b>Tiempo total recibido [s]</b>	<b>Velocidad de descarga del Internet [MB]</b>	<b>Porcentaje de Datos no Recibidos</b>
1	2459	2.06	0,81 %
2	2244	2.50	1,66 %
6	2095	2.17	0,66 %
11	3403	22.85	2,32 %

- En la Tabla 27 se puede observar que a mayor tiempo de transmisión se tiene una mayor pérdida de datos, esto se explica por la mayor utilización de la memoria virtual del servidor de Internet.
- Adicionalmente se puede observar que la calidad del internet no es un factor determinante en la fiabilidad de los datos.
- La aplicación presenta la pérdida de datos debido a que se detiene su ejecución por el consumo de memoria virtual, por consiguiente el porcentaje de pérdida se produce al final de la transmisión.

#### 5.4.1.5. Análisis Quinto Escenario

En las pruebas del quinto escenario se comprobó la cantidad máxima de datos que puede transmitir y almacenar el sistema sin interrupciones, siempre y cuando la aplicación de telemedicina pueda presentar el examen sin consumir toda la memoria virtual del servidor para evitar que la aplicación detenga su ejecución. La Tabla 28 muestra el resumen con los datos de las pruebas del quinto escenario, donde se comparará los tiempos máximos de envío y almacenamiento de señales cardíacas para 4 pacientes.

**Tabla 28 Capacidad de transmisión y almacenamiento, análisis del quinto escenario**

<b>Paciente</b>	<b>Tiempo total enviado [s]</b>	<b>Tiempo total recibido [s]</b>	<b>% de pérdida de datos</b>	<b>Peso de los archivos [MB]</b>
1	4622	4589	0.67%	57.1
2	6346	6295	0.80%	78.6
6	5650	5647	0.05%	70.5
11	6580	6651	1.06%	80.2

De acuerdo al resumen que se observa en la Tabla 28, se puede observar que el tiempo máximo recibido y guardado es de 6651 segundos equivalentes a 1 hora con 49 minutos y el mínimo es de 4689 correspondiente a 1 hora con 18 minutos, comprobando que al realizar el envío desde la aplicación de simulación sin revisar el examen en línea (ejecutar la aplicación de telemedicina), el tiempo máximo que se puede almacenar es aproximadamente el doble al que se obtuvo con las pruebas del cuarto escenario (40 minutos).

Las pruebas del quinto escenario muestran que el máximo tiempo de envío de señales cardíacas es cercano a las dos horas, durante las pruebas se trató de realizar envíos de más de dos horas de examen, lo cual provocaba un error de desbordamiento de la memoria virtual.

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1. Conclusiones

- Al analizar el estado del arte de trabajos previos se observa que implementan estructuras similares a las del presente proyecto, pero a diferencia de trabajos anteriores, el desarrollo del sistema actual priorizó la seguridad de los datos clínicos mediante empaquetado de la información y autenticación de usuarios, siendo aspectos fundamentales en la telemedicina.
- En la investigación del estado del arte, se observa que no muestran el tiempo ni el tamaño de los archivos cardiacos que transmiten, en el presente proyecto se especifica el tiempo máximo de envío que es de 1 hora 50 minutos, con un peso de los archivos generados de 80.2 Mb.
- Se desarrolló un simulador de envío de registros cardiacos que permite leer archivos con registros ECG y realizar la transmisión de sus señales en paquetes hacia una base de datos remota de manera similar a un dispositivo comercial.
- La aplicación de telemedicina fue montada en un servidor JAVA para Windows de Internet, adicionalmente el servidor brinda soporte de la tecnología JSF y Primefaces, lo que le permite un funcionamiento adecuado de la aplicación y acceso remoto a través de cualquier dispositivo con acceso a Internet.
- La base de datos que administra toda la información clínica se programó en el sistema de gestión “MySQL”, teniéndola instalada en el mismo servidor que contiene la aplicación de telemedicina; de esta manera se brinda seguridad de los datos y una mejor gestión de la aplicación de telemedicina.
- Mediante las pruebas se comprobó el funcionamiento en Internet de funciones programadas dentro de la aplicación de telemedicina, tales como: navegación entre pantallas, autenticación de usuarios, presentación de información almacenada en la base de datos, ingreso y modificación de información, gráfica de exámenes en línea y registro de nuevos usuarios; obteniendo un correcto funcionamiento de las funciones.

- Al analizar las pruebas realizadas en los tres primeros escenarios se compruebo visual y analíticamente (Matlab), que las señales cardíacas que se grafican en la aplicación de telemedicina no presentan desfase de tiempo ni cambios en la magnitud de la señal al compararlas con las que se presentan en la página de Physionet.
- El análisis de los tres primeros escenarios permite asegurar que la aplicación de telemedicina es capaz de graficar las señales de pacientes con distintas afecciones cardiacas y que no existe pérdida de datos durante la transmisión a través de internet.
- Al realizar el análisis del cuarto escenario de prueba se comprobó que al realizar el envío de las señales cardíacas con la aplicación de simulación y la aplicación de telemedicina ejecutándose de manera simultánea en internet (gráfica en tiempo real), no existe pérdida de datos hasta el momento en que alguna de las aplicaciones detiene su funcionamiento por el consumo total de la memoria virtual del servidor, y que de acuerdo a las pruebas sucede aproximadamente luego de enviar 40 minutos de examen.
- En el análisis del cuarto escenario se evidenció que a medida que se transmite un mayor tiempo de examen, existe más retardo entre el envío y la llegada de las señales cardíacas debido al manejo de un mayor número de datos, representando una utilización superior de la memoria virtual del servidor.
- El registro de la calidad de internet (velocidad de carga y descarga) durante la realización de cada prueba no representó una mayor influencia en cuanto al retardo en la llegada de las señales cardíacas o el tiempo máximo de examen que se logró transmitir, sin embargo es necesario que la conexión de Internet no se pierda durante la realización del examen.
- El peso de los archivos almacenados (12 derivaciones) es de 30 MB en exámenes de aproximadamente 40 minutos; comparado con los 50 GB de capacidad del servidor, representan un 0.06% de la memoria total. De acuerdo al análisis del cuarto escenario, se puede llegar a guardar hasta 1137.78 horas de exámenes que equivalen a 47 días.
- El quinto escenario de pruebas permitió observar que al realizar la transmisión de señales cardiacas desde la aplicación de simulación, sin utilizar simultáneamente la aplicación de telemedicina, el tiempo máximo de

examen puede ser superior a las 2 horas, sin embargo la aplicación de telemedicina al momento de realizar el gráfico y la grabación del archivo con los datos recibidos, no puede manejar un tiempo de examen superior a 1 hora con 50 minutos antes de detenerse por el consumo de memoria virtual.

## 6.2. Recomendaciones

- La frecuencia de muestreo de las señales cardiacas puede ser menor, siempre y cuando no se afecte la calidad de la señal, con el fin de reducir el consumo de la memoria virtual del servidor que ejecuta la aplicación en línea para permitir transmitir un mayor tiempo de examen.
- Al contratar el servidor web se pueden incluir paquetes con mayor cantidad de memoria virtual en el servidor que permitan ejecutar la aplicación durante el envío de exámenes de mayor duración a los que se realizaron en las pruebas del presente proyecto.
- La administración de la aplicación de telemedicina debe ser correctamente gestionada para evitar problemas de seguridad durante la transacción de datos clínicos a pesar de las restricciones que incluye el sistema.
- Durante la ejecución de la aplicación de telemedicina en internet, evitar realizar transmisiones de señales cardíacas en tiempos superiores a los límites establecidos en el análisis de las pruebas, puesto que provocan la detención del sistema y adicionalmente la falta de disponibilidad del servidor por un tiempo considerable.
- Realizar pruebas futuras con el envío simultáneo de múltiples registros ECG, para establecer la capacidad de gestión de varios usuarios, así como la disponibilidad de la aplicación.
- Para una optimización del funcionamiento del sistema, se plantea el uso del concepto de Clusterización con el objetivo de evitar el desbordamiento de la memoria virtual del servidor
- Se plantea certificar la aplicación con el estándar ISO 27000, el cual se refiere a la seguridad de los datos del sistema.

**REFERENCIAS**

- [1] MedicinABC, «La composición del plasma sanguíneo,» 17 11 2012. [En línea]. Available: [http://www.ewh.ieee.org/reg/9/etrans/ieee/issues/vol11/vol11issue1Feb.2013/11TLA1\\_54Tello.pdf](http://www.ewh.ieee.org/reg/9/etrans/ieee/issues/vol11/vol11issue1Feb.2013/11TLA1_54Tello.pdf). [Último acceso: 13 01 2015].
- [2] Anonimo, «Conceptos Básicos del Sistema Cardiovascular,» 24 03 2012. [En línea]. Available: <http://www.anatomiahumana.ucv.cl/efi/modulo24.html>. [Último acceso: 13 01 2015].
- [3] J. Evans, Lo esencial en Sistema Cardiovascular, Cuarta ed., Barcelona: EL Sevier, 2013.
- [4] H. Willems, El Electrocardiograma Su Interpretación Práctica, Madrid: Medica Panamericana, 2007.
- [5] U. Lidner y D. Dubin, Introducción a la Electrocardiografía, Barcelona: Springer Verlag Iberica, 2001.
- [6] N. Instruments, «LabVIEW for ECG Signal Processing,» 16 08 2012. [En línea]. Available: <http://www.ni.com/tutorial/6349/en/>. [Último acceso: 20 01 2015].
- [7] D. Guillén Peregrín, V. Ilich Lenin y L. Velázquez Tarragó, «EKGWeb,» 2009. [En línea]. Available: <http://www.hvil.sld.cu/ekg/derivaciones.html>. [Último acceso: 05 02 2015].
- [8] J. Neuman, Análisis y Reducción del Ruido en la Electrocardiografía de Alta Resolución, 2009.

- [9] C. Y. Azuara Jimenez, «Electrocardiograma,» 31 08 2009. [En línea]. Available: <http://es.slideshare.net/Clapa05/electrocardiograma-1930137>. [Último acceso: 06 02 2015].
- [10] C. Organizacional, «Plataformas Web,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.claveorganizacional.com/component/k2/item/77-plataformas-web-lamp-wisa-y-todo-lo-dem%C3%A1s.html>. [Último acceso: 15 02 2015].
- [11] masadelante.com, «Sistema Operativo,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.masadelante.com/faqs/sistema-operativo>. [Último acceso: 16 02 2015].
- [12] A. Gutierrez, «Que es un Sistema Operativo,» 2015. [En línea]. Available: <http://windowsespanol.about.com/od/ConoceEInstalaWindows/f/Que-Es-Un-Sistema-Operativo.htm>. [Último acceso: 16 02 2015].
- [13] Anonimo, «Sistema Manejador de Base de Datos,» 2013. [En línea]. Available: <http://sistemamanejadordebasededatosmbd.blogspot.com/2011/02/diferentes-tipos-de-sistemas-de.html>. [Último acceso: 17 02 2015].
- [14] Anonimo, «Los DBMS,» 2013. [En línea]. Available: <http://www.unalmed.edu.co/~mstabare/Dbms.htm>. [Último acceso: 29 01 2015].
- [15] SlideShare, «Sistema Manejador de Base de Datos,» 2012. [En línea]. Available: <http://es.slideshare.net/dikatherin93/sistema-manejador-de-bases-de-datos>. [Último acceso: 17 02 2015].
- [16] Anonimo, «Servidores proxy y servidores de proxy inversos,» 2015. [En línea]. Available: <http://es.kioskea.net/contents/297-servidores-proxy-y-servidores-de-proxy-inversos>. [Último acceso: 09 03 2015].



- [17] M. Sierra, «Que es un Servidor,» 2015. [En línea]. Available: [http://www.aprenderaprogramar.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=542%3Aque-es-un-servidor-y-cuales-son-los-principales-tipos-de-servidores-proxydns-webftppop3-y-smtp-dhcp&catid=57%3Aherramientas-informaticas&Itemid=179](http://www.aprenderaprogramar.com/index.php?option=com_content&view=article&id=542%3Aque-es-un-servidor-y-cuales-son-los-principales-tipos-de-servidores-proxydns-webftppop3-y-smtp-dhcp&catid=57%3Aherramientas-informaticas&Itemid=179). [Último acceso: 18 02 2015].
- [18] L. González, A. Reyes y G. Vásquez, «Diseño de aplicaciones web basadas en arquitecturas orientadas a servicios (AOS), utilizando WebML,» *International Institute of Informatics and Systemics*, 2009.
- [19] A. del Valle, «Metodologías de diseño usadas en Ingeniería Web, su Vinculación con las NTICS,» La Plata, 2009.
- [20] AreaOrdenadores, «Metodologias de aplicaciones web,» 12 01 2014. [En línea]. Available: <http://www.areaordenadores.com/Metodologias-Web4.html>. [Último acceso: 18 02 2015].
- [21] B. Mejía, «Diseño Grafico y su incorporacion al diseño Web,» 25 08 2014. [En línea]. Available: <http://www.interiorgrafico.com/edicion/decima-edicion-diciembre-2010/el-diseno-grafico-y-su-incorporacion-al-diseno-web>. [Último acceso: 10 01 2015].
- [22] Guia Digital, «Guia para el Desarrollo de Sitios Web,» 2008. [En línea]. Available: [http://www.guiadigital.gob.cl/guiaweb\\_old/guia/archivos/Capitulo\\_III.pdf](http://www.guiadigital.gob.cl/guiaweb_old/guia/archivos/Capitulo_III.pdf). [Último acceso: 25 02 2015].
- [23] J. Gutiérrez, «Que es un Framework Web,» 2014. [En línea]. Available: [http://www.lsi.us.es/~javierj/investigacion\\_ficheros/Framework.pdf](http://www.lsi.us.es/~javierj/investigacion_ficheros/Framework.pdf). [Último acceso: 04 03 2015].

- [24] Anonimo, 02 12 2008. [En línea]. Available: <http://loogic.com/que-es-y-para-que-sirve-un-cms-es-decir-un-gestor-de-contenidos/>. [Último acceso: 02 03 2015].
- [25] M. Álvarez, «Qué es un CMS,» 11 11 2008. [En línea]. Available: <http://www.desarrolloweb.com/articulos/que-es-un-cms.html>.
- [26] A. Silberschatz, H. Korth y S. Sudarshan, Fundamentos de Bases de Datos, Cuarta ed., Madrid: McGRAW-HILL, 2012.
- [27] A. Enriquez, J. Maldonado y Y. Nakamura, «MySQL,» 2013. [En línea]. Available: <https://unefazuliasistemas.files.wordpress.com/2011/04/fundamentos-de-bases-de-datos-silberschatz-korth-sudarshan.pdf>. [Último acceso: 04 03 2015].
- [28] M. Rafael, «Sobre PostgreSQL,» 02 10 2010. [En línea]. Available: [http://www.postgresql.org.es/sobre\\_postgresql](http://www.postgresql.org.es/sobre_postgresql). [Último acceso: 04 03 2015].
- [29] Consultor Salud, «Manual de estándares de las condiciones tecnologicas minimas para las prestación de servicios de salud por telemedicina,» 2013. [En línea]. Available: <http://www.consultorsalud.com/biblioteca/documentos/Manual%20de%20Estandares%20Telemedicina.pdf>. [Último acceso: 05 03 2015].
- [30] L. Grundel, «Introducción a HL7,» 05 2010. [En línea]. Available: [http://www.hl7.org.co/hl7\\_files/ivmeeting/CDAR2.pdf](http://www.hl7.org.co/hl7_files/ivmeeting/CDAR2.pdf). [Último acceso: 07 03 2015].
- [31] J. Villagrasa, «HL7 Detalles Version 2.X,» 2004. [En línea]. Available: [http://www.hl7spain.org/documents/tutoriales\\_HL7/SemHL7\\_Detalles\\_V2.pdf](http://www.hl7spain.org/documents/tutoriales_HL7/SemHL7_Detalles_V2.pdf). [Último acceso: 06 03 2015].
- [32] F. Portilla, «HL7 y Estándares de Interoperabilidad en Salud,» 26 07 2011. [En línea]. Available:

[http://www.sela.org/attach/258/default/HL7\\_y\\_estandares\\_de\\_interoperabilidad\\_en\\_Salud.pdf](http://www.sela.org/attach/258/default/HL7_y_estandares_de_interoperabilidad_en_Salud.pdf). [Último acceso: 06 03 2015].

- [33] L. Grundel, «Introducción a HL7,» 03 2010. [En línea]. Available: [http://www.hl7.org.co/hl7\\_files/ivmeeting/CDAR2.pdf](http://www.hl7.org.co/hl7_files/ivmeeting/CDAR2.pdf). [Último acceso: 12 03 2015].
- [34] S. Abrar, U. Shahid , F. Choudhr y A. Mansoo, «Design and Implementation of an Embedded System for transmitting Human ECG and Web Server for Emergency Services and Remote Health Monitoring,» de *Open Source Systems and Technologies (ICOSST), 2012 International Conference on*, Lahore, 2012.
- [35] S.-Y. Ko, K.-M. Wang, W.-C. Lian y C.-H. Kao, «A Portable ECG Recorder,» de *Consumer Electronics, Communications and Networks (CECNet), 2012 2nd International Conference on*, Yichang, 2012.
- [36] J. Tello, . O. Manjarrés y M. Quijano, «Remote Monitoring System of ECG and Body,» *Latin America Transactions, IEEE (Revista IEEE America Latina)*, vol. 11, nº 1, pp. 314-318, 02 2013.
- [37] C. Hu, J. Liao, P. Jin, W. Lin y G. Wang, «A Portable Telemedicine Monitoring Information System,» de *Robotics and Biomimetics (ROBIO), 2013 IEEE International Conference on*, Shenzhen, 2013.
- [38] N. Siddharth y M. Sasikala , «Design of vital sign monitor based on wireless sensor networks and telemedicine technology,» de *Green Computing Communication and Electrical Engineering (ICGCCEE), 2014 International Conference on*, Coimbatore, 2014.
- [39] «Wireless Electrocardiogram monitoring using mobile network communication,» de *Biomedical Engineering International Conference (BMEiCON), 2014 7th*, Fukuoka, 2014.

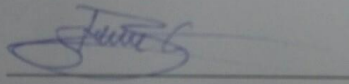
- [40] U. d. Alicante, «Modelo Vista Controlador,» 08 2013. [En línea]. Available: <http://si.ua.es/es/documentacion/asp-net-mvc-3/1-dia/modelo-vista-controlador-mvc.html>. [Último acceso: 25 03 2015].
- [41] S. Ceri, A. Bongio, P. Fraternali, M. Branbilla, S. Comai y M. Matera, *Designing Data-Intensive Web Applications*, San Francisco, California: Morgan Kaufmann, 2002.
- [42] J. Gutiérrez, «Que es un Framework Web,» 2013. [En línea]. Available: [http://www.lsi.us.es/~javierj/investigacion\\_ficheros/Framework.pdf](http://www.lsi.us.es/~javierj/investigacion_ficheros/Framework.pdf). [Último acceso: 01 03 2015].
- [43] T. Instruments, «ADS1194, ADS1196, ADS1198,» 11 2011. [En línea]. Available: <http://www.ti.com/lit/ds/sbas471c/sbas471c.pdf>. [Último acceso: 09 04 2015].
- [44] T. Instruments, «ECG Front-End Performance Demonstration Kit User's Guide,» 09 2012. [En línea]. Available: <http://www.ti.com/lit/ug/sbau171c/sbau171c.pdf>. [Último acceso: 09 04 2015].
- [45] M. T. Inc, «dsPIC33FJXXXGPX06/X08/X10 Data Sheet,» 2009. [En línea]. Available: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/70286C.pdf>. [Último acceso: 08 04 2015].
- [46] F. Pineda, A. Martínez, J. Rojo y M. Blanco, «Design and Optimization of an ECG / Holter Hybrid System for Mobile Systems,» p. 4, 2014.

### ACTA DE ENTREGA

El proyecto fue entregado al Departamento de Eléctrica y Electrónica y reposa en la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, desde:

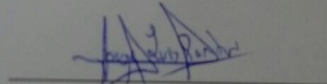
Sangolquí, 13 DE JULIO de 2015

ELABORADO POR:



DANIEL STEVEN CUMBAL SUAREZ-AVILÉS

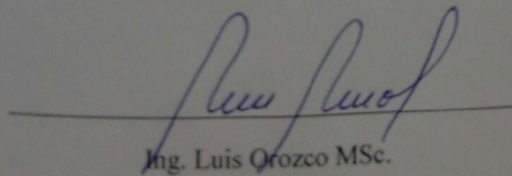
171604582-6



JORGE LUIS PONTÓN ROBALINO

172171357-4

AUTORIDAD



Ing. Luis Orozco MSc.

DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA  
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

