

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO ELECTRÓNICO PARA
TRANSMISIÓN INALÁMBRICA DE BIOPOTENCIALES PARA USO
RESIDENCIAL.**

**CINDY CAROLINA RUBIO QUINTANA
JULIETH FERNANDA SALAS CORONADO
DIANA MARCELA SARMIENTO RAMÍREZ**

**UNIVERSIDAD ECCI
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA BIOMÉDICA
BOGOTÁ D.C.**

2017

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO ELECTRÓNICO PARA
TRANSMISIÓN INALÁMBRICA DE BIOPOTENCIALES PARA USO
RESIDENCIAL.**

**CINDY CAROLINA RUBIO QUINTANA
JULIETH FERNANDA SALAS CORONADO
DIANA MARCELA SARMIENTO RAMÍREZ**

TESIS DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO BIOMÉDICO

Msc.Ing. ANGEL VALENTIN MOLINA.

**UNIVERSIDAD ECCI
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA BIOMÉDICA
BOGOTÁ D.C.**

2017

DEDICATORIA

El logro de este proyecto es dedicado a Dios y a nuestros padres porque han estado con nosotras en cada paso que damos, cuidándonos y dándonos fortaleza para continuar, y los cuales a largo de nuestras vidas han velado siempre por nuestro bienestar y educación siendo un apoyo en todo momento. Al maravilloso grupo de trabajo que conformamos este proyecto de grado quienes a lo largo de este tiempo hemos puesto a prueba nuestras capacidades y conocimientos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por permitirnos superar los obstáculos y dificultades.

A la familia por ser el pilar fundamental en todo lo que somos, por la confianza y apoyo incondicional brindado en el transcurso de nuestra carrera.

A cada una de las integrantes que conformamos este maravilloso grupo por haber logrado nuestro objetivo y demostrar que si es posible superar los obstáculos, Y que la perseverancia y constancia nos permitieron salir adelante. Porque sin el equipo que formamos, no habiéramos logrado esta meta. Más que compañeras de trabajo a la vez somos grandes amigas y nos seguiremos apoyando mutuamente en nuestras vidas y en la formación profesional que cada una siga.

Al Ing. Valentín Molina, director de tesis, por su ayuda y colaboración en la guía y realización de este valioso proyecto de grado.

A los profesores gracias por su tiempo por su apoyo y sabiduría que nos transmitieron en el transcurso de nuestra carrera profesional.

En general Gracias a todas las personas que apoyaron y creyeron en la realización de esta tesis.

Tabla de Contenido

INTRODUCCIÓN	17
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	18
2. JUSTIFICACIÓN	19
3. OBJETIVOS	20
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	20
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
4. MARCO REFERENCIAL.....	21
4.1 MARCO TEÓRICO.....	21
4.1.1 Telemedicina	21
4.1.1.1 Historia de la telemedicina	21
4.1.1.2 Clasificación de los servicios telemédicos	22
4.1.1.3 Tipos de Telemedicina	23
4.1.1.4 Ventajas y beneficios de la telemedicina. ^[6]	24
4.1.2 Tecnologías de la información y la comunicación (tic's).....	24
4.1.3 Biopotenciales	26
4.1.3.4 Electrodo para biopotenciales	29
4.1.4 Anatomía del corazón.....	31
4.1.4.1 Electrocardiografía	32
4.1.5 Ondas, intervalos y segmentos del electrocardiograma	34
4.1.6 Frecuencia cardiaca	35
4.1.7 Adquisición de las señales electromiográficas	36
4.1.8 Potencial de acción	36
4.1.9 Tipos de fibras musculares.....	37
Tipo II-A.....	37
4.1.10 Electromiografía (EMG).....	37
4.1.11 Temperatura corporal	39
4.2 MARCO LEGAL	39

5. METODOLOGÍA	40
5.1 DISEÑO METODOLOGICO.....	40
5.1.1 Tipo de investigación ^[16]	40
5.1.2 Análisis de la información recopilada	41
5.1.2.1 Organizar y Analizar la información, datos recopilados.....	41
5.1.2.2 Estudios realizados de telemedicina	41
5.2 POBLACIÓN Y MUESTRA	48
5.2.1 Población.....	48
5.2.2 Muestra	48
5.2.3 Tamaño de la muestra.....	48
5.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	49
5.3.1 Instrumentos de recolección de datos	49
5.3.2 Instrumentos de investigación	49
5.4 RECURSOS DISPONIBLES.....	50
5.4.1 Recurso Humano	50
5.4.2 Recursos físicos	50
5.4.3 Recursos financieros y presupuesto.....	51
5.5 FASE DE ELABORACIÓN.....	51
5.5.1 Diseño	51
5.5.2 Hardware.....	51
5.5.3 Software	54
5.5.4 Montaje Circuitos electrónicos.....	54
5.5.5 Programación psoc4.....	55
5.5.6 Transmisión	55
5.5.7 Recepción	56
5.5.8 Base de datos	57
5.5.9 Integración psoc4 y circuitos electrónicos	60
5.6 DISEÑO DE LA INTERFAZ GRAFICA	62
6. Resultados	67
6.1 ANÁLISIS - RESULTADO DE ENCUESTAS	74

6.1.1 Resultados de la encuesta	74
7. CONCLUSIONES.....	82
RECOMENDACIONES.....	83
REFERENCIAS	84
ANEXOS	88

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Avances en telemedicina	21
Figura 2 Servicios básicos de la telemedicina.	22
Figura 3 Telemedicina grupos de operación	22
Figura 4 Clasificación de los tipos de Telemedicina	23
Figura 5 Tipos de Biopotenciales.....	26
Figura 6 Tipos señales Bioelectricas según su origen.....	28
Figura 7 Tipos de electrodos para biopotenciales.....	29
Figura 8 circuito equivalente de la interface de electrodo para biopotencial.....	30
Figura 9 Circuito equivalente para biopotenciales con dos electrodos	30
Figura 10 Anatomía del corazón	31
Figura 11 Derivaciones electrocardiográficas	32
Figura 12 Derivaciones de plano frontal	33
Figura 13 Derivaciones precordiales.....	34
Figura 14 Segmento de un electrocardiograma	35
Figura 15 Unidad motora y fibra muscular	36
Figura 16 Electromiografía de brazo.....	38
Figura 17 Señal electromiografía típica	38
Figura 18 Normatividad Telemedicina.	39
Figura 19 Resultado Encuesta Pregunta N° 1	74
Figura 20 Resultado Encuesta Pregunta N° 2	76
Figura 21 Resultados Encuestas Pregunta N° 3.....	77
Figura 22 Resultados Encuestas Pregunta N° 4.....	78
Figura 23 Resultados Encuestas Pregunta N° 5.....	79
Figura 24 Resultados Encuestas Pregunta N° 6.....	80
Figura 25 Resultados Encuestas Pregunta N° 7.....	81
Figura 26 Diagrama de bloques diseño electrocardiógrafo.....	52
Figura 27 Diagrama de bloques diseño sensor de temperatura.	52
Figura 28 Tarjeta, MyoWare™ Muscle Sensor.	53

Figura 29 Tarjeta Psoc 4.....	53
Figura 30 Diagrama proceso del dispositivo.	54
Figura 31 Circuitos y modulo empleado.....	54
Figura 32 Diseño y programación de transmisión de la señal	55
Figura 33 Diseño y programación de la recepción de señal	56
Figura 34 Base de datos mysql registro datos formulario de ingreso usuarios nuevos (Tabla registro)	57
Figura 35 Base de datos mysql registro de datos usuarios y contraseña nuevos (Tabla login)	58
Figura 36 Base de datos conectada en Matlab con el registro de usuarios nuevos (tabla registro).....	59
Figura 37 Base de datos conectada en Matlab con el registro de usuario y contraseña (tabla login)	59
Figura 38 Paciente conectado a circuito de ECG	60
Figura 39 Dispositivo EMG conectado al paciente.....	61
Figura 40 Paciente conectado circuito de temperatura.....	61
Figura 41 Formulario de inicio de sesión.	62
Figura 42 Formulario de Registro.	63
Figura 43 Formulario Principal.	64
Figura 44 Diagrama de flujo de ingreso a la plataforma	65
Figura 45 Diagrama de flujo de Ejecución modulo señales Biopotenciales	66
Figura 46 Señales ECG	67
Figura 47 Señal brazo izquierdo en movimiento	69
Figura 48 Señal brazo Derecho en Reposo.....	69
Figura 49 Señal brazo izquierdo en Reposo	70
Figura 50 Señal brazo derecho Flexionado	70
Figura 51 Señal Brazo Flexionado con peso 3 kg.....	71
Figura 52 Resultado en interfaz de temperatura corporal.....	73

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Tamaño (Población y Muestra)	48
Tabla 10 Valores obtenidos de las muestras realizadas de ECG	68
Tabla 11 Valores obtenidos de las muestras realizadas de EMG.....	71
Tabla 12 Valores obtenidos de las muestras realizadas de temperatura.....	73
Tabla 2 Resultado de Encuesta Pregunta N° 1	74
Tabla 3 Resultado de Encuesta Pregunta N° 2	75
Tabla 4 Resultado de Encuesta Pregunta N° 3	76
Tabla 5 Resultado de Encuesta Pregunta N° 4	77
Tabla 6 Resultado de Encuesta Pregunta N° 5	78
Tabla 7 Resultado de Encuesta Pregunta N° 6	79
Tabla 8 Resultado de Encuesta Pregunta N° 7	80

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1 Tipos de Telemedicina.	23
Cuadro 2 Ventajas de la telemedicina.	24
Cuadro 3 Diferencias tipos de fibra.	37
Cuadro 4 Matriz Operacionalización de variables.....	49
Cuadro 5 Recurso Humano	50
Cuadro 6 Recurso Físico	50
Cuadro 7 Presupuesto	51

ANEXOS

Anexo 1 Formato encuestas.	88
Anexo 2 Formulario.....	89
Anexo 3 Circuito ECG.....	89
Anexo 4 Circuito EMG.	91
Anexo 5 Circuito Termómetro Celsius - AD595.	91
Anexo 6 Circuito RF Transmisor.....	92
Anexo 7 Circuito RF Emisor.....	93

GLOSARIO

ASK: Forma de modulación digital que consiste en cambiar la amplitud de una onda portadora (una senoide) entre dos valores posibles.

BASE DE DATOS: Conjunto de datos organizados que se relacionan entre sí. Estos son recopilados y utilizados por un sistema de información.

BIOPOTENCIAL: Señal eléctrica emitida por el cuerpo humano y que es adquirida por los equipos de medición médica.

DATO: Es cualquier combinación de señal y ruido.

ECG: (Electrocardiografía), es la representación gráfica de la actividad cardiaca obtenida por medio de un electrocardiógrafo.

ELECTROCARDIÓGRAFO: Dispositivo que capta las señales eléctricas generadas en la actividad del corazón.

ELECTRODO: Elemento conductor utilizado para hacer contacto con una parte no metálica de un circuito, por ejemplo un semiconductor, un electrolito.

EMG: (electromiografía), Estudio de la actividad eléctrica de los músculos.

FRECUENCIA CARDÍACA (el pulso): Es el número de contracciones del corazón o pulsaciones por unidad de tiempo.

INTERFAZ GRÁFICA: Programa o entorno que gestiona la interacción con el usuario basándose en relaciones visuales como iconos, menús o un puntero.

PACIENTE: Es la persona que sufre alguna dolencia o malestar, por lo cual busca asistencia de un profesional.

POTENCIAL DE ACCION: Son acciones realizadas por el cuerpo humano por medio de impulsos eléctricos.

RF: (Radiofrecuencia) se emplea para nombrar a las frecuencias del espectro electromagnético.

RUIDO: Es cualquier variación en la magnitud física provocada por un proceso.

SEÑAL: Es cualquier variación en una magnitud física producida por un proceso cuyo mecanismo deseamos investigar experimentalmente.

TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACION Y COMUNICACIÓN (TIC): Son técnicas utilizadas en el tratamiento y transmisión de la información, principalmente de la informática, internet y telecomunicaciones.

TELEMEDICINA: Es la prestación de servicios de medicina a distancia.

TEMPERATURA: Medida de la capacidad del organismo de generar y eliminar calor.

GUI: (Graphical user interface). Interfaz gráfica de usuario.

INVERSOR: Dispositivo de electrónica de potencia cuya función es cambiar un voltaje continuo DC a un voltaje alterno **AC**.

MATLAB: Lenguaje interpretado de alto nivel, principalmente utilizado para cálculos numéricos, de ambiente interactivo.

RESUMEN

Los avances tecnológicos de los últimos años han permitido considerables progresos en la medicina. Estos logros del sector salud no se limitan solo en la investigación, el diagnóstico y el tratamiento de los pacientes, sino también a la optimización y manejo de los recursos. Es así como la tecnología nos provee distintas aplicaciones que permiten realizar diagnósticos con gran agilidad y confiabilidad logrando disminuir riesgos para la integridad de los pacientes, y así ofrecer una oportuna atención mediante soluciones efectivas para su salud con la telemedicina.

En este proyecto se plantea la necesidad de llevar un registro de forma periódica de señales como ECG, EMG y temperatura, sin tener que asistir a un servicio de salud haciendo uso de las tecnologías de la información y comunicación mediante el diseño e implementación de un dispositivo electrónico para transmisión inalámbrica de biopotenciales para uso residencial permitiendo al usuario transmitir y registrar dichas señales, con ayuda de la aplicación se puedan leer los archivos creados por el dispositivo de captura de las señales de biopotenciales y a su vez integrarlo con la red del sistema para lograr un acceso rápido a los datos, que se muestren de una forma ordenada. Facilitando el análisis e interpretación de esta información por parte del usuario, todo ejecutándose de forma remota brindando facilidades para el usuario que desde su lugar de residencia pueda realizarse las respectivas pruebas (*ECG- EMG-TEMPERATURA*) y así llevar un registro de su estado de salud.

Palabras clave: Telemedicina, Biopotenciales, ECG, EMG, Temperatura, aplicación, usuario, diagnostico.

INTRODUCCIÓN

En el cuerpo humano se generan señales eléctricas (biopotenciales) tales como lo son la electrocardiografía (ECG), la electromiografía (EMG) y temperatura corporal por lo cual es importante la transmisión de estas señales para analizar la información y diagnosticar el estado de salud de una persona.

La telemedicina en Colombia se ha ido convirtiendo poco a poco en una de las técnicas más usadas en el servicio médico, bioingeniería y la sociedad en general (ambiente familiar y trabajo) esto se refleja también a nivel mundial, por lo cual es necesario acoplar las tecnologías de la informática con el registro de señales de biopotenciales y temperatura, ya que se ha establecido que en la mayoría de casos las enfermedades cardiovasculares y distrofias musculares, no son detectadas a tiempo por falta de un control.

Además, se estableció que las enfermedades cardiovasculares se han convertido en la primera causa de muerte en Colombia a nivel mundial como fue establecido por La Organización Mundial de la Salud ^[1], y se han vuelto más frecuentes enfermedades musculares ocasionadas por la lesión del nervio fijado al musculo que va deteriorando el movimiento de las extremidades (superiores) del cuerpo generadas por el esfuerzo repetitivo de actividades diarias realizadas.

Estos resultados son una alerta para la búsqueda de nuevas y mejores soluciones en pro de la salud de la población colombiana, con la ayuda de nuevas tecnologías inalámbricas se hace factible diseñar un dispositivo biomédico que ayude a llevar un control permanente de su estado de salud.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad es evidente que para acceder a una consulta médica, el interesado se ve envuelto en una serie de trámites, para los cuales debe contar con tiempo y costos de desplazamiento. Generando así que el usuario no tenga un control y registro periódico de señales de ECG, EMG y temperatura, siendo estas de gran importancia ya que permiten tener una aproximación al estado de salud del usuario.

Si bien sabemos, las señales de ECG, EMG y temperatura corporal sufren de constantes variaciones que están ligadas a cualquier tipo de modificación en la rutina diaria a la que se ve involucrado el funcionamiento del cuerpo humano, es importante hacer un conjunto de mediciones en el hogar y hacer registros de las mismas generando autocontrol personal.

Por lo cual es importante tener un registro controlado para el seguimiento de señales de biopotenciales (ECG, EMG) y temperatura, con el fin de prevenir posibles enfermedades cardiovasculares, distrofias musculares, debido a enfermedades ocupacionales, mediante un dispositivo electrónico práctico, seguro y eficaz, dirigido principalmente para el entorno residencial.

Por lo anterior descrito nace la necesidad de llevar un registro de forma continua o periódica de señales de biopotenciales ECG, EMG y temperatura, sin tener que asistir a un servicio de salud, para la prevención de estas enfermedades.

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo un usuario residencial puede transmitir, registrar señales de biopotenciales y hacerle seguimiento a su estado de salud?

2. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad es relevante la transmisión de señales para la implementación de nuevas tecnologías en pro de mejorar el estado de salud, buscando así que los procedimientos sean preventivos más no correctivos, esto en búsqueda de una tendencia que corresponde a la utilización y aplicación de las tecnologías de la información y comunicación aplicadas a la salud (Tics), con el fin de ampliar la cobertura de los registros de señales de biopotenciales y temperatura a nivel residencial.

Con el desarrollo del presente proyecto se hará el diseño e implementación de un dispositivo electrónico de transmisión inalámbrica que sea de apoyo diagnóstico preventivo de enfermedades cardiovasculares y musculares a través del registro de señales de biopotenciales (ECG, EMG) y temperatura, porque en la actualidad se establece que la principal causa de mortalidad se atribuye a enfermedades cardiovasculares que no son detectadas a tiempo por falta de un registro constante de estas señales. Y además se identifica que el factor de envejecimiento demográfico se incrementa drásticamente en el transcurso del tiempo, esto con el ánimo de darle prioridad al estado de salud del usuario.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un dispositivo electrónico para transmisión y recepción inalámbrica para las señales de ECG, EMG y Temperatura, las cuales a través de un sistema de información permitan el registro de estas señales y la trazabilidad para el diagnóstico de un usuario en el hogar.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar un algoritmo que permita transmitir y recibir la información proveniente de las señales ECG, EMG y temperatura.
- Implementar un circuito que permita la captura de la señal de ECG y Temperatura mediante la transmisión de la señal.
- Integrar módulo EMG existente al hardware de transmisión y adquisición de datos.
- Diseñar una interfaz gráfica (aplicación) en modo ventana, la cual permita visualización, adición, modificación, eliminación de los datos recibidos asociados a las señales de ECG, EMG y temperatura corporal.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 MARCO TEÓRICO

4.1.1 Telemedicina

En el campo de la salud se ha venido haciendo uso de dos disciplinas importantes la informática y las telecomunicaciones que contribuyen a mejorar el sector salud. Según la OMS (Organización Mundial de la Salud) se define la telemedicina como:

“El suministro de servicios de atención sanitaria a distancia lo que constituye un factor crítico, por profesionales que hacen uso de las tecnologías de la información y de la comunicación para intercambiar datos para hacer diagnósticos, tratamientos y prevenir enfermedades, así como para el intercambio de información entre profesionales, con el fin de mejorar la salud de las personas.” [2]

4.1.1.1 Historia de la telemedicina

El origen de la telemedicina está ligado al de las telecomunicaciones, es decir, el envío de información a través de largas distancias por medio de señales electromagnéticas. Fue a inicios del siglo XIX cuando apareció por primera vez el telégrafo, el cual permitió que las personas se comunicaran a grandes distancias por su velocidad de comunicación. [3]

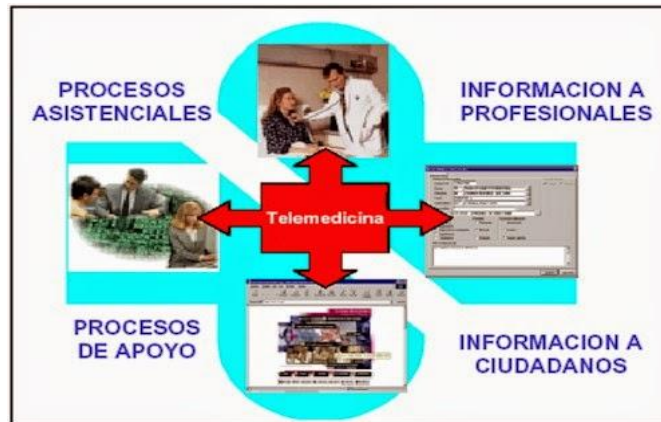
Figura 1 Avances en telemedicina



Fuente: <http://www.regimen-sanitatis.com/actio-in-distans-algo-mas-sobre.htm>

4.1.1.2 Clasificación de los servicios tele médicos

Figura 2 Servicios básicos de la telemedicina.



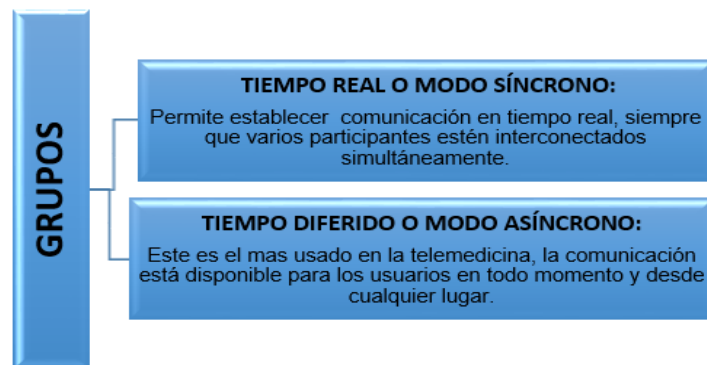
Fuente: <http://telemedicinaeisonmontero.com/serv-bas-de-la-telemedicina.html>

Teniendo en cuenta los proyectos que se han adelantado durante el desarrollo de la Telemedicina, ^[4] estos se dan en base a tres áreas de apoyo que son:

- **Diagnóstico.**
- **Control a distancia**
- **Consulta en tiempo real**

De acuerdo al tipo de operación que se de en la telemedicina, se puede dividir en dos grupos:

Figura 3 Telemedicina grupos de operación

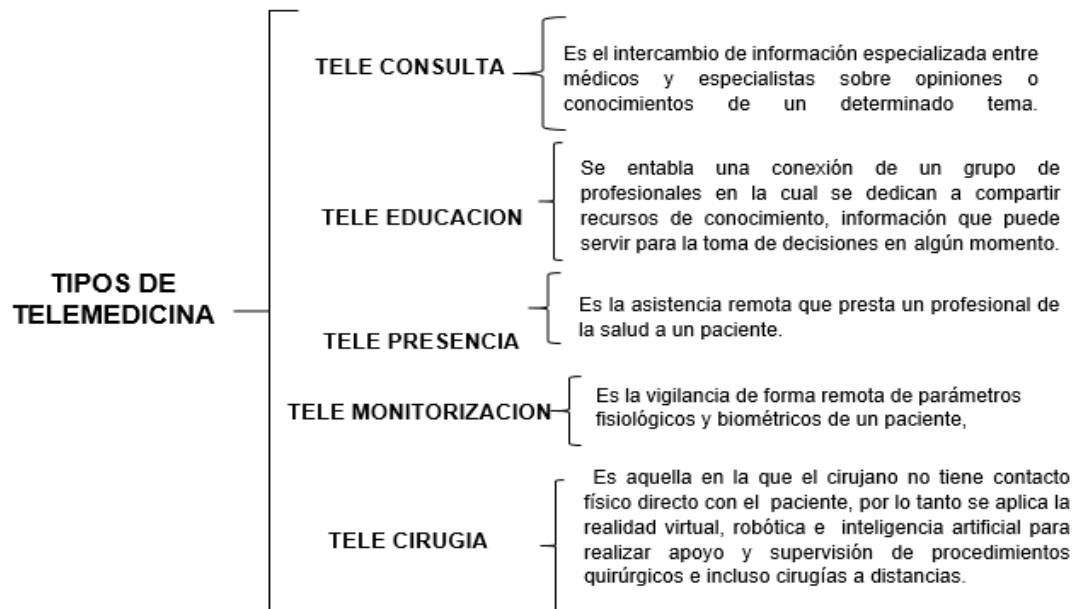


Fuente: *Elaborado por el investigador.*

4.1.1.3 Tipos de Telemedicina

Los tipos de telemedicina se han desarrollado a partir de los avances tecnológicos que se han venido generando, se dividen en 5 tipos: ^[5]

Cuadro 1 Tipos de Telemedicina.



Fuente: <http://telemedicinakarolangulo.weebly.com/tipos-de-telemedicina.html>

Figura 4 Clasificación de los tipos de Telemedicina



Fuente: <https://es.slideshare.net/alejanrosrh/telemedicina-y-mhealth>.

4.1.1.4 Ventajas y beneficios de la telemedicina. [6]

Cuadro 2 Ventajas de la telemedicina.

Pacientes	<ul style="list-style-type: none">• Diagnósticos y tratamientos rápidos y oportunos.• Evitar traslados para consultar al médico especialista.• Reducción de factores como la distancia, el tiempo y los costos.• Nuevas posibilidades de efectuar interconsultas con especialistas.• Posibilidad de evitar los desplazamientos innecesarios.• Atención médica especializada de forma inmediata que solo proporcionan los centros de segundo tercer nivel.
Médicos de primer contacto	<ul style="list-style-type: none">• Nuevas posibilidades de efectuar interconsultas con especialistas.• Posibilidad de verificar diagnósticos y solicitar una segunda opinión con los especialistas para confirmar o definir un diagnóstico dudoso.• Posibilidad de atención, manejo y seguimiento a pacientes hospitalizados en unidades médica de atención primaria así como a hospitales generales con recomendaciones de médicos en hospitales de segundo y tercer nivel.
Hospitales	<ul style="list-style-type: none">• Reducción en el extravío y acumulo de exámenes diagnósticos, expedientes o documentos.• Descentralización de la demanda en la atención médica, evitando la saturación de los servicios y procesos en unidades hospitalarias de segundo y tercer nivel.• Permite brindar la atención inmediata y de calidad a un mayor número de usuarios.• Agilizar el proceso de atención continua entre diferentes niveles de atención.• Mejor comunicación entre los distintos servicio.• Utilización más eficaz de los equipos.

Fuente: <http://www.cenetec.salud.gob./telemedicina/publicaciones/Volumen32.pdf>

4.1.2 Tecnologías de la información y la comunicación (tics)

Teniendo en cuenta el papel fundamental que desempeñan las Tics en el desarrollo de infraestructura, social y económico a nivel mundial, se aplican en la Ciencia, Tecnología, Informática, Telecomunicaciones y en la Educación.

Se definen como sistemas tecnológicos, en los cuales se recibe, administra y procesa la información, facilitando los procesos comunicativos entre dos o más participantes. [6]

Los beneficios que generan las tics son:

- Fácil acceso a todo tipo de información.
- Mejorar canales de comunicación.
- Almacenamiento de grandes cantidades de información.
- Integración de procesos y automatización de tareas.
- Generación de conocimiento permitiendo nuevas maneras de pensar.

4.1.2.1 Implementación de tics en el sector salud

El uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), en la atención en salud constituyen una herramienta para mejorar el impacto de las intervenciones en la comunidad, permitiendo un acceso más equitativo y eficiente a los servicios, mejorando la oportunidad de la atención y optimización de la relación costo- beneficio, logrando mayor efectividad de los tratamientos. Para la implementación se tienen en cuenta tres grandes escenarios de aplicación:

Software Médico o Sistemas de Gestión Institucional: Ayuda y promueve el sistema de conectividad electrónica y soportes avanzados con fines tanto administrativos como asistenciales.

Acceso a servicios de información para profesionales y pacientes: Ayuda al fortalecimiento en la investigación y formación de profesionales de la Salud mediante el uso de redes de internet.

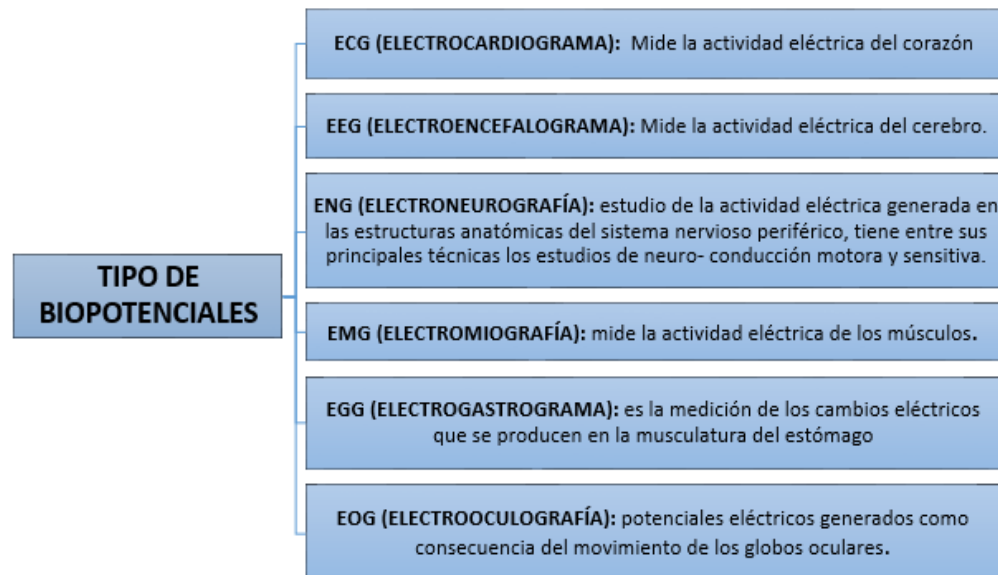
Soporte en comunicación a las actividades asistenciales, médicas y quirúrgicas: Se genera un impacto en la optimización de la gestión de los servicios de salud no solo dando un enfoque de tratamiento si no también impulsando buenos hábitos saludables de vida y prevención de enfermedades. [6]

4.1.3 Biopotenciales

Un biopotencial es aquella señal eléctrica emitida por el cuerpo humano y que es adquirida por los equipos de medición médica para convertirla en algo perceptible para los sentidos del médico, genera la diferencia de potencial (voltaje) el cual se mide entre el interior y exterior de la célula (a través de la membrana celular).

Existen diferentes tipos de biopotenciales los cuales dependen de las células que los genera ^[7]

Figura 5 Tipos de Biopotenciales



Fuente: <http://arelyvaib.weebly.com/uploads/4/8/9/1/48919343/biopotenciales.pdf>

4.1.3.1 Historia de los biopotenciales

Para entender la naturaleza exacta del impulso nervioso, es conveniente remontarse al principio y conocer algunos estudios relacionados con la apasionante historia de la biología (Baker 1990, Curtis 1983, Ganong 1992).

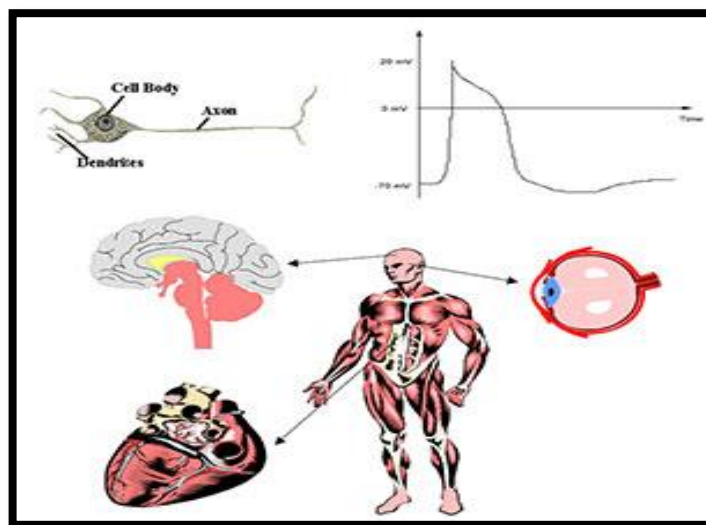
El descubrimiento de que las células nerviosas podían estimular los músculos ocasionando su contracción ocurrió por accidente en 1786, cuando Luigi Galvani, fisiólogo italiano, estaba experimentado con músculos de ranas. Galvani había disecado una rana la que colocó en una mesa, donde a una distancia prudencial había también una máquina eléctrica. Uno de sus ayudantes, por azar, aplicó la punta del bisturí a los nervios crurales de la rana disecada. Repentinamente observó que todos los músculos de los miembros se contraían violentamente. Esto entusiasmó a Galvani, quien trató de repetir el experimento con el fin de clarificar el oscuro fenómeno. [7]

4.1.3.2 Origen de las señales Bioeléctricas

A continuación se describirá el origen de las señales de acuerdo a su fuente:

- **Bioeléctricas:** Es generada por las células nerviosas y células musculares. Esta fuente es la membrana potencial, que con ciertas condiciones de excitación generan un potencial de acción.
- **Bioimpedancia:** La impedancia de tejido tiene información acerca de la composición, volumen sanguíneo, distribución de la sangre.
- **Bioacusticas:** Fenómeno creado por el ruido acústico, como el flujo de la sangre por el corazón.
- **Biomagnéticas:** Varios órganos producen un campo magnético débil donde se encuentra información que no está incluida en otra bioseñales.
- **Biomecánicas:** Estas señales incluyen el movimiento y las señales de desplazamiento, la presión, la tensión y señales de flujo.
- **Biooptical:** Es el resultado de las funciones ópticas del sistema biológico, presentes de manera natural o inducida por la medida.
- **Bioquímicas:** señales bioquímicas son el resultado de las mediciones químicas de los tejidos vivos.

Figura 6 Tipos señales Bioelectricas según su origen



Fuente: <https://glneurotech.com/images/products/cl/Biopotential-Basics.jpg>

4.1.3.3 Características de las Señales biomédicas

Las señales biomédicas tienen un rango de frecuencia de 0.01Hz hasta 1KHz, además poseen una amplitud entre 100uV y 1mV.

Las señales se clasifican de diferentes maneras pero las principales son:

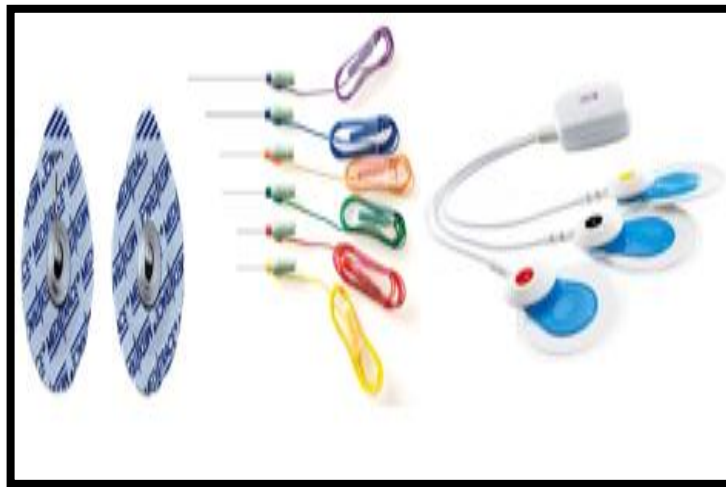
- **De acuerdo a la fuente:** Según su origen o naturaleza física.
- **De acuerdo de la aplicación médica:** Señales son adquiridas y procesadas para usar en el diagnóstico o tratamiento de acuerdo a la aplicación.
- **De acuerdo a las características de la señal:** Señales usadas para el diagnóstico y tratamiento de distintas anomalías del cuerpo humano.

4.1.3.4 Electrodo para biopotenciales

Para medir fenómenos bioeléctricos se pueden utilizar tres tipos de electrodos:^[9]

- **Electrodos superficiales:** Electrodo utilizado para medir potenciales ECG, EEG y EMG en la superficie de la piel.
- **Electrodos de aguja:** Electrodo utilizado para atravesar la piel y registrar potenciales EEG en una región local del cerebro o potenciales EMG en un grupo de músculos específicos.
- **Micro electrodos:** Electrodo utilizado para medir potenciales bioeléctricos cerca o dentro de una célula.^[8]

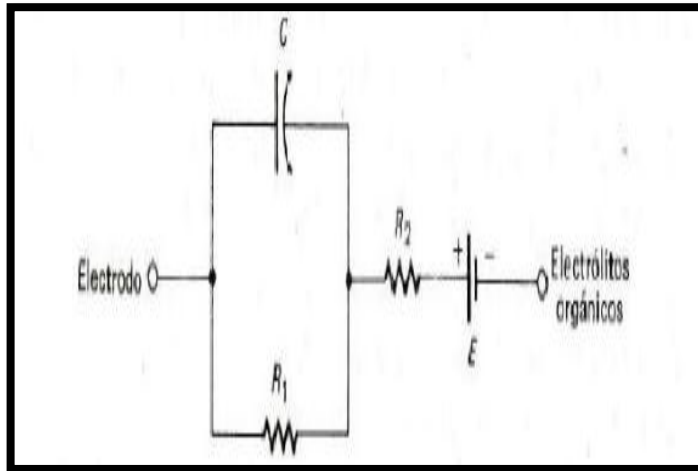
Figura 7 Tipos de electrodos para biopotenciales



Fuente: http://img.medicaexpo.es/images_me/photo-m2/69019-10827872.jpg

Los tres tipos de electrodos para biopotenciales presentan la interface Metal-Electrolito por ende se genera un circuito equivalente del electrodo donde el biopotencial entra en contacto con el cuerpo y se genera una tensión en serie con una red resistencia-condensador.

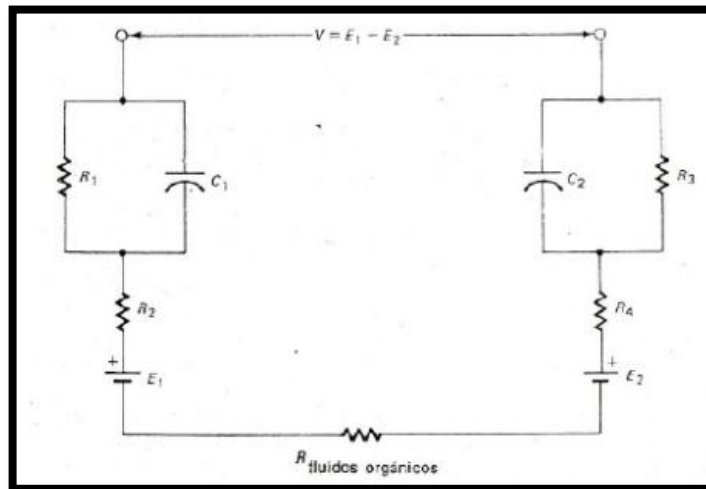
Figura 8 circuito equivalente de la interface de electrodo para biopotencial



Fuente: http://images.slideplayer.es/8/2261866/slides/slide_32.jpg

Dado que la medida de potenciales bioeléctricos requiere dos electrodos, la tensión medida es en realidad la diferencia entre los potenciales instantáneos de los dos electrodos. [8]

Figura 9 Circuito equivalente para biopotenciales con dos electrodos



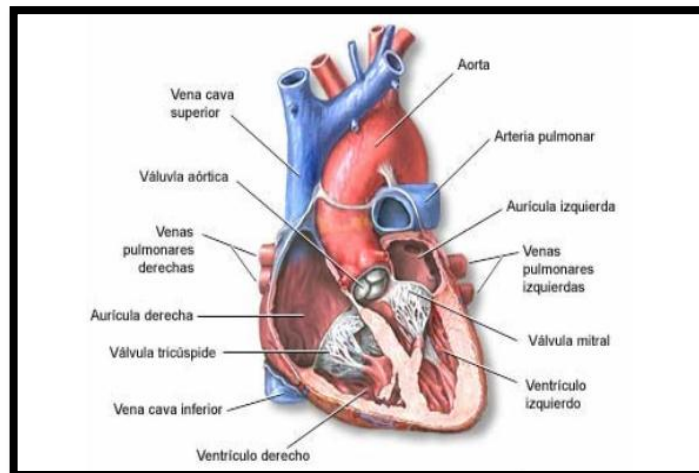
Fuente: http://images.slideplayer.es/8/2261866/slides/slide_33.jpg

4.1.4 Anatomía del corazón

El corazón es el órgano central del aparato circulatorio, constituye el motor central de la circulación y es, por tanto, de vital importancia en el mantenimiento de la vida y la salud. Se encuentra situado a la izquierda del tórax, entre los dos pulmones, reposando sobre el diafragma.

El corazón es un Órgano muscular contráctil y hueco, dividido en cuatro cavidades por medio de Tabiques internos, en su interior pueden distinguirse 2 cavidades superiores, las Aurículas, y 2 inferiores, los ventrículos, según se muestra en la siguiente figura: [9]

Figura 10 Anatomía del corazón



Fuente: http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/156/180_Gonzalez_Villada_Marcela_2009.pdf?sequence=1

La función esencial del corazón es recoger la sangre venosa tras su recorrido por los diversos tejidos del cuerpo y transportarla a los pulmones para que se convierta en sangre arterial (oxigenada). La sangre arterial retorna de nuevo al corazón para ser enviada al resto del organismo. [9]

El corazón está conformado por dos tipos de células:

- Células automáticas o de respuesta lenta (nodo SA).
- Células no automáticas o de respuesta rápida (masa muscular).

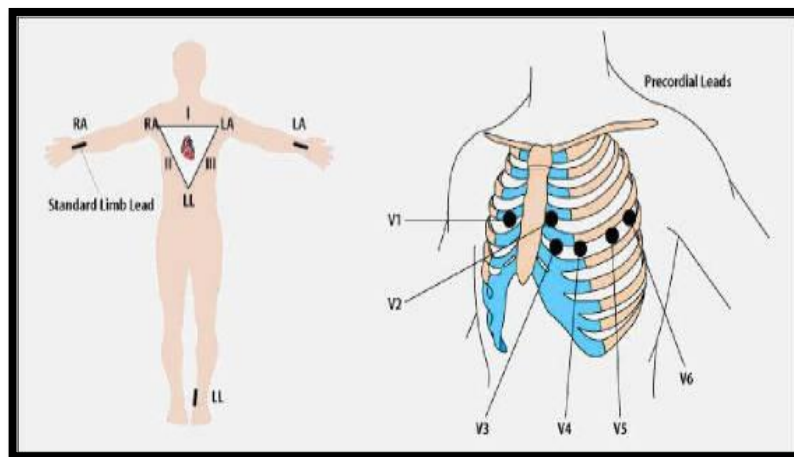
4.1.4.1 Electrocardiografía

Los latidos del corazón generan señales eléctricas que pueden ser usadas como herramienta diagnóstica para examinar su funcionamiento, y la medición de estas señales dan lugar a la electrocardiografía. La electrocardiografía estudia el registro de la actividad eléctrica cardíaca mediante un electrocardiógrafo. ^[10]

4.1.4.2 Derivaciones electrocardiográficas

La disposición de los electrodos sobre el cuerpo del paciente durante el registro de ECG es denominada derivación, un electrocardiograma completo está compuesto por 12 derivaciones que se clasifican según su posición y el tipo de polaridad. ^[10]

Figura 11 Derivaciones electrocardiográficas

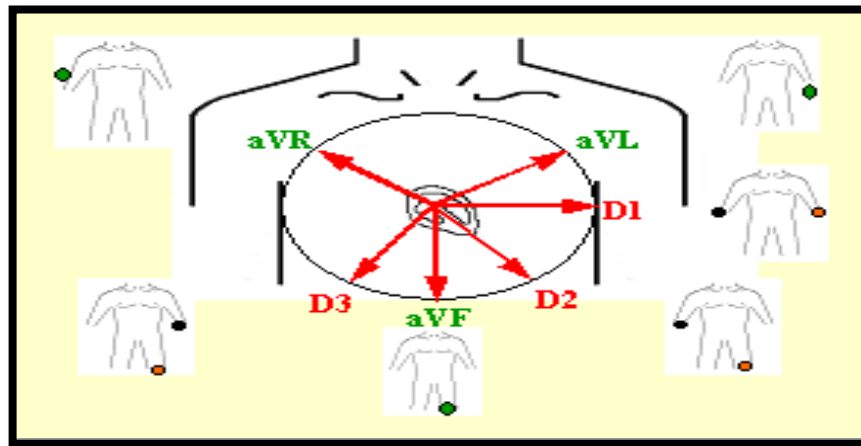


Fuente: <http://camigonzalez1.tripod.com/id10.html>

4.1.4.3 Derivaciones del plano frontal

- **Derivaciones bipolares:** Son dos electrodos equidistantes al corazón.
- **Derivación I (DI):** diferencia de potencial entre el brazo derecho (polo negativo) y el izquierdo (polo positivo). El eje de la derivación es 0° .
- **Derivación II (DII):** diferencia de potencial entre el brazo derecho (polo negativo) y la pierna izquierda (polo positivo). El eje de la derivación es $+60^\circ$.
- **Derivación III (DIII):** diferencia de potencial entre el brazo izquierdo (polo negativo) y la pierna izquierda (polo positivo).

Figura 12 Derivaciones de plano frontal



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos54/electrocardiograma/Image7816.gif>

4.1.4.4 Derivaciones aumentadas

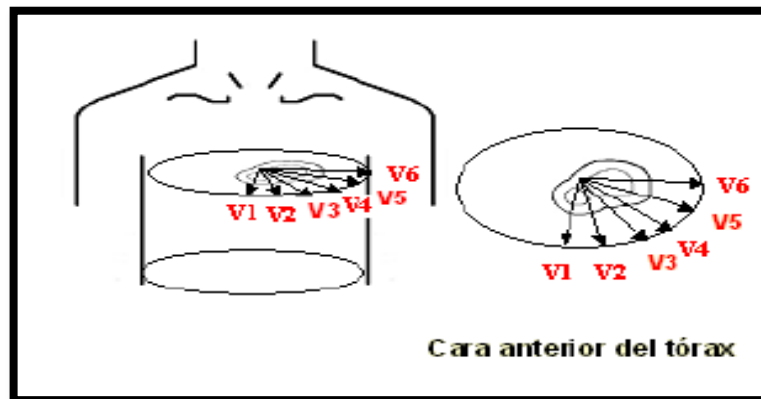
- **aVR:** polo positivo brazo derecho. El eje de la derivación es 210° (-150°).
- **aVL:** polo positivo brazo izquierdo. El eje de la derivación es -30° .
- **aVF:** polo positivo en la pierna izquierda. El eje de la derivación es $+90^\circ$.

4.1.4.5 Derivaciones precordiales

Estas derivaciones son positivas y usan el centro del campo eléctrico del corazón como punto negativo. Estas derivaciones son: ^[10]

- **V1:** cuarto espacio intercostal. Borde derecho del esternón.
- **V2:** cuarto espacio intercostal. Borde izquierdo del esternón.
- **V3:** quinto espacio intercostal. Línea media clavicular.
- **V4:** entre V3 y V5.
- **V5:** quinto espacio intercostal. Línea axilar anterior.
- **V6:** quinto espacio intercostal. Línea media axilar.
- **V7, V8 y V9:** son de utilidad ante el cuadro clínico del síndrome isquémico agudo. Estas derivaciones se encuentran al mismo nivel de V4.
- **V3R-V9R:** sobre el hemitórax derecho en la misma posición de las derivaciones izquierdas.

Figura 13 Derivaciones precordiales



Fuente: http://compharm.net/ecg_scanner/basics/ecg1.jpg

4.1.5 Ondas, intervalos y segmentos del electrocardiograma

Se denomina P a la primera onda de la imagen que muestra un electrocardiograma, y Q, R, S, T y U son intervalos, segmentos, y puntos de referencia de un gran interés diagnóstico. Estos intervalos son:

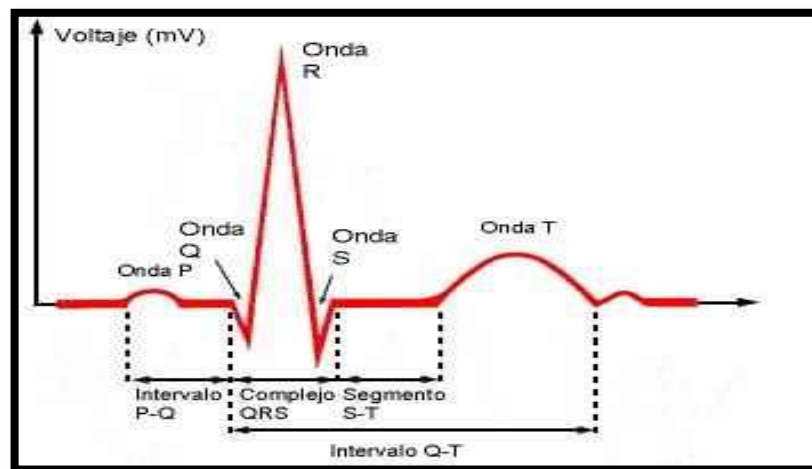
INTERVALO PR (PQ): Intervalo que va desde el inicio de la onda P del complejo QRS.

PUNTO J: Es la unión entre el fin de la onda S y el inicio del segmento ST.

SEGMENTO ST: Comprende desde el fin del complejo QRS (punto J) hasta el inicio de la onda T.

INTERVALO QT: Se mide desde el comienzo del complejo QRS hasta el final de la Onda T. ^[10]

Figura 14 Segmento de un electrocardiograma



Fuente: <http://www.oocities.org/vifibio/01ECG.PDF>

4.1.6 Frecuencia cardiaca

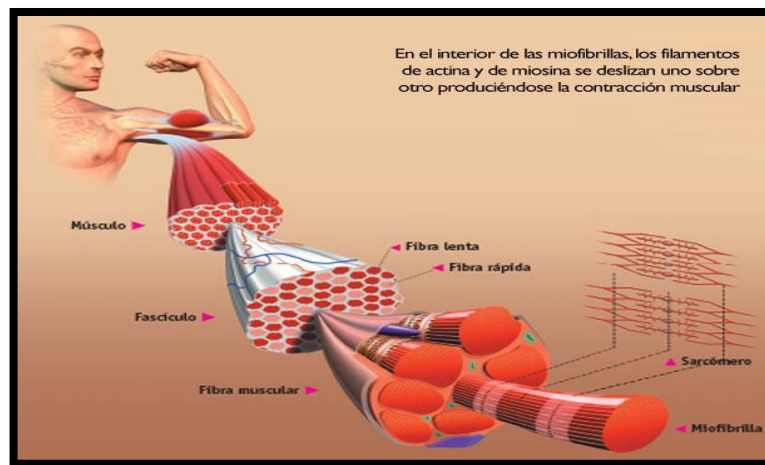
La frecuencia cardiaca es el número de veces que se contrae el corazón durante un minuto (latidos x min). Para el correcto funcionamiento del organismo es necesario que el corazón actúe bombeando la sangre hacia todos los órganos, con una determinada presión (presión arterial) y a una determinada frecuencia. La frecuencia es considerada normal si esta entre 60 y 100 latidos por minuto. ^[11]

4.1.7 Adquisición de las señales electromiográficas

4.1.7.1 Músculos

En el cuerpo humano existe una gran cantidad de músculos, aproximadamente 650, los cuales hacen posible el movimiento del cuerpo por medio de la contracción. En la siguiente figura se observa cómo se genera la contracción del músculo. ^[12]

Figura 15 Unidad motora y fibra muscular



Fuente: <https://www.hsnstore.com/blog/fibras-musculares-en-el-deporte/>.

4.1.8 Potencial de acción

El potencial de acción es un cambio brusco y transitorio del potencial de membrana en reposo.

4.1.8.1 Fases del potencial de acción

a) **Despolarización:** El potencial se eleva en dirección positiva, primero gradualmente hasta un umbral y luego de forma brusca, llegando a invertirse.

b) **Re-polarización:** el potencial cae rápidamente en dirección negativa hacia el potencial de reposo.

c) **Hiperpolarización pos-potencial:** el potencial se sitúa transitoriamente en valores negativos que el de reposo. ^[13]

4.1.9 Tipos de fibras musculares

El cuerpo humano tiene tres tipos de fibras del músculo esquelético:

Cuadro 3 Diferencias tipos de fibra.

TIPO DE FIBRAS	CARACTERÍSTICAS
Fibras Rápidas <i>o Tipo IIB</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Retículo sarcoplásmico extenso, para liberación rápida de iones de calcio que inicien la contracción con más fuerza. • Contienen grandes cantidades de enzimas para liberar energía. • Tiene un menor aporte sanguíneo, por su metabolismo oxidativo.
Fibras Lentas <i>o Fibras Tipo I</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Son pequeñas ya que son inervadas por nervios pequeños. • Mayor aporte sanguíneo por vasos y capilares, para un mayor suministro de oxígeno. • Gran número de mitocondrias, para un mejor metabolismo oxidativo. • Fibras contienen bastante mioglobina, que es una proteína que contiene hierro.
Fibras Intermedias <i>Tipo II-A</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Estas fibras también se conocen como fibras de contracción de rápida oxidación y las fibras de tipo II-A. • Las fibras intermedias se parecen a las fibras rápidas, ya que contienen poca mioglobina y son relativamente claras. • Este tipo de fibras musculares son más resistentes a la fatiga.

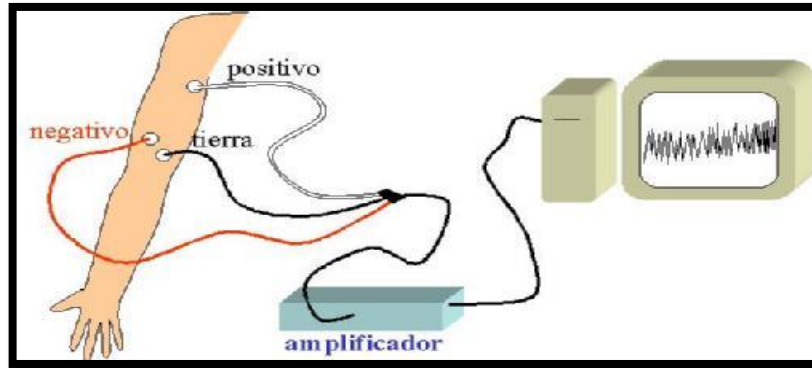
Fuente: <https://www.hsnstor/blog/tip-de-fibras-musculares-su-deporte/>

4.1.10 Electromiografía (EMG)

Es el estudio de la actividad eléctrica de los músculos del esqueleto. Proporciona información muy útil sobre su estado fisiológico y el de los nervios que los activan. Permite la localización, en el caso, por ejemplo, de parálisis musculares, del lugar

de la lesión, que puede estar en el encéfalo, la médula espinal, el axón, la unión neuromuscular o las propias fibras musculares. ^[14]

Figura 16 Electromiografía de brazo

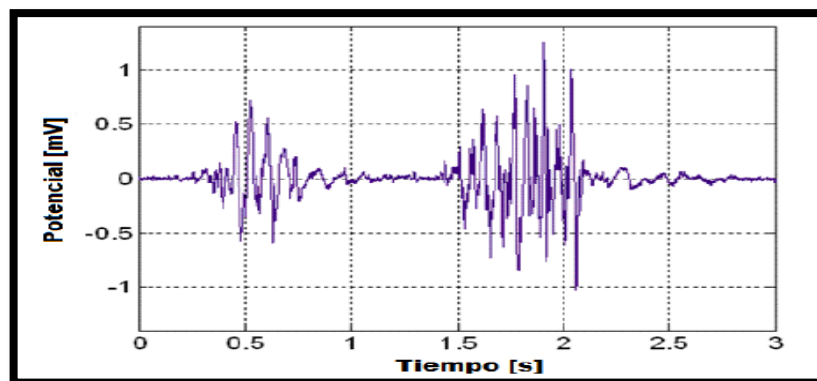


Fuente: <http://www.fotolog.com/neuroparanoica/35013662/>

4.1.10.1 Señal mioeléctrica

La señal mioeléctrica representa la actividad eléctrica resultante de la excitabilidad de las fibras musculares, debido a la contracción muscular. La amplitud de dicha señal varía desde los μV hasta valores del orden de los mV .

Figura 17 Señal electromiografía típica



Fuente: <http://www.scielo.org.co/img/revistas/eia/n7/n7a10f1.jpg>

4.1.11 Temperatura corporal

La temperatura Corporal es una medida de la capacidad del organismo de generar y eliminar calor. El cuerpo es muy eficiente para mantener su temperatura dentro de límites seguros, incluso cuando la temperatura exterior cambia mucho. ^[15]

4.2 MARCO LEGAL

Figura 18 Normatividad Telemedicina.



Fuente. Ministerio de salud y protección social Bogotá

- ✓ **Ley 1419 de 2010 Congreso de Colombia-** "por la cual se establecen los lineamientos para el desarrollo de la tele salud en Colombia" **Art telemedicina.**

- ✓ **Decreto 4725 de 2005** "Por la cual se reglamenta el régimen de registros sanitarios, permisos de comercialización y vigilancia sanitaria de los dispositivos médicos para uso humano"

- ✓ **Decreto 3039 de 2007** Ministerio de la Protección Social -"por el cual se adopta el Plan Nacional Salud Pública 2007-2010" (DIARIO OFICIAL. N. 46716. 10, AGOSTO, 2007. PAG 8.), uno de cuyos componentes es el fomento de la telemedicina.

- ✓ **Resolución 2003 de 2014-** Ministerio De Salud y Protección Social- Por la cual se definen los procedimientos y condiciones de inscripción de los Prestadores de Servicios de Salud y de habilitación de servicios de salud “Estructura de las modalidades de prestación de servicios de salud (telemedicina)” Salud a distancia:
 1. Promoción, prevención, diagnóstico y rehabilitación
 2. Profesionales de la salud que hacen uso de las Tics
 3. Población con limitación en el acceso, oferta a los servicios de la salud.

5. METODOLOGÍA

5.1 DISEÑO METODOLOGICO

5.1.1 Tipo de investigación ^[16]

Esta investigación se desarrolló a través del enfoque de investigación mixto que utiliza datos cuantitativos y cualitativos, para responder el planteamiento del problema.

Se usan métodos de los enfoques cuantitativo y cualitativo que involucran recolección y análisis de datos para llevar a cabo el estudio y posterior cumplimiento de los objetivos, donde se busca continuar con los estudios sobre la adquisición de señales Bioeléctricas y su transmisión inalámbrica, y así ayudar al paciente a llevar un control de su salud a través del registro de señales de biopotenciales (ECG, EMG) y temperatura. Todo mediante la implementación de un dispositivo electrónico de transmisión inalámbrica que permite la visualización mediante una plataforma para el usuario.

5.1.2 Análisis de la información recopilada

5.1.2.1 Organizar y Analizar la información, datos recopilados

El primer paso en el diseño e implementación del sistema de adquisición y la transmisión de biopotenciales, fue hacer una revisión documental que aporta información general y específica sobre telemedicina, se recopilan datos sobre investigaciones de biopotenciales (ECG-EMG) y Temperatura aplicable para el análisis de esta investigación.

Para cumplir con ésta actividad se realizó una revisión bibliográfica de artículos científicos, libros, publicaciones y reportes técnicos; se examinaron productos existentes en el mercado, requerimientos para la transmisión de señales, y finalmente aspectos como el costo, disponibilidad y especificaciones de diferentes circuitos integrados.

De igual forma la información se unifica, analiza y organiza de acuerdo con los criterios establecidos para este documento.

5.1.2.2 Estudios realizados de telemedicina

A continuación se describen los diferentes proyectos de telemedicina en el transcurso del tiempo

✓ Ubiquo Lugar: Medellín

Empresa del área tecnológica que desarrolla productos y soluciones para el sector salud enfocada al almacenamiento y gestión de la información médica con énfasis en imágenes diagnósticas de alta resolución y telemedicina, mejorando la calidad de la atención médica y la accesibilidad en los distintos servicios médicos. Para la gestión de interconsulta diagnóstica de los servicios médicos especializados virtuales la plataforma web de Ubiquo cuenta con registro clínico del paciente, Agendamiento de tele consultas síncronas y asíncronas, Plantillas dinámicas de formularios clínicos, administración de ayudas diagnósticas. ^[17]

✓ **X-Rol- Lugar: Medellín 2012**

Empresa fundada por el doctor en Bioingeniería Sergio Mejía es un emprendedor de Medellín el cual tiene su vida dedicada a la investigación, diseño una plataforma tecnológica para prestar servicios de telemedicina llamada **X-Rol**, donde se recopila la información en un solo paquete de datos casi en tiempo real y de forma eficiente y rápida mejorando la calidad en los servicios de salud y al mismo tiempo la calidad de vida de las personas". Esta plataforma comunica a centros de salud de poblaciones campesinas de Antioquia con especialistas de Medellín. ^[18]

✓ **E.S.E. Hospital Local de Puerto Asís- Lugar: Putumayo 2013**

El E.S.E. Hospital Local de Puerto Asís brinda el servicio de telemedicina como servicio médico especializado al sector rural de esa parte del municipio. Este importante servicio de salud les permite acceder a medicina especializada en los campos de **Pediatría, Cardiología, Nutrición Neurología, Neumología, Ortopedia, Electrocardiograma, Endocrinología, Ginecología, Dermatología, Medicina Interna y Cardiología Pediátrica**; por medio de estos avances tecnológicos se pueden realizar diferentes consultas con especialistas de cualquier lugar del país, esto ayuda a que los campesinos no tengan que incurrir en gastos de desplazamiento para trasladarse a las capitales o ciudades donde se prestaban los servicios de medicina especializada. ^[19]

✓ **SISTEMA PROTOTIPO DE TELEMONITOREO PARA PACIENTES, USANDO TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS SEMIMÓVILES DE COMUNICACIÓN.**

Lugar: Universidad Javeriana, Bogotá D.C. 2005.

En el presente proyecto se muestra el desarrollo mediante la implementación de un sistema en el cual se diseñó una solución no invasiva que permitiera sin manipular internamente los equipos médicos, capturar los datos, mediante la toma de imágenes de la pantalla de visualización, los cuales se envían por una red de comunicaciones a un sistema central que procesa, almacena y presenta la información adquirida. ^[20]

✓ **TELESALUD Y TELEMEDICINA, FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DE CIENCIAS DE LA SALUD.**

Lugar: Universidad FUCS, Bogotá D.C. 2010.

El proyecto de Telemedicina desarrollado en la FUCS, se llevó a cabo para dar inicio al diseño del proyecto de Telemedicina. El alcance de este proyecto se trabaja bajo la visión de Tele salud fundamentado en tres pilares importantes:

- Telemedicina que comprende la prestación de servicios asistenciales.
- Teleducación que comprende la capacitación continuada de los profesionales de la salud.
- Salud 2.0 que comprende la educación en el autocuidado a la población en general ^[21]

✓ **LA FUNDACIÓN CARDIOVASCULAR DE COLOMBIA**

Lugar: Bucaramanga 2011

La fundación cardiovascular de Colombia (FCV) y el Children's Hospital of Pittsburgh de UPMC, están llevando a cabo un convenio para contribuir a mejorar la calidad de vida de los niños con cardiopatías congénitas complejas en Colombia, el cual consiste en contar con la posibilidad de obtener asesoría por parte de expertos durante la evaluación y el tratamiento de los pacientes es decir poder recibir una segunda opinión médica. ^[22]

✓ **FUNDACIÓN SANTA FE DE BOGOTÁ- Lugar: Bogotá.**

Este tipo de tele consulta especializada se da con una avanzada infraestructura tecnológica, Los médicos especialistas de la Fundación Santa Fe, apoyan la orientación diagnóstica y la toma de decisiones del personal de salud de áreas en donde el acceso a especialistas es limitado por la ubicación geográfica y la disponibilidad de tiempo, es por esto que se ofrece el servicio de tele consulta en diferentes especialidades generando un fácil acceso a la medicina especializada o a programas de educación en salud. [23]

✓ **EL CENTRO DE TELEMEDICINA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL, A TRAVÉS DEL GRUPO DE INVESTIGACIÓN BIOINGENIUM, SE HA CONVERTIDO EN UN CENTRO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO (I+D), CON RESULTADOS CONCRETOS Y MEDIBLES- Lugar: Bogotá 2003**

El centro de telemedicina es parte del proyecto Alis (***Alliance for the Information Society***): “Telemedicina basada en la evidencia, para zonas remotas y rurales, utilizando plataformas de tele salud”; **este centro** incluye más de 20 miembros permanentes de la Facultad de Medicina y de otras facultades, Actualmente las investigaciones en el Centro se enfocan hacia la imagenología médica y la gestión y comunicación de información médica. [24]

✓ **HOSPITAL SAN RAFAEL DE VENECIA- Lugar: Medellín 2012**

El desarrollo de este proyecto inicia desde que se recibe al paciente y diligencia un formato electrónico en el que anexa sus datos, historia clínica y pruebas (electrocardiograma, radiografías o análisis clínicos). La propuesta de valor es llevar conocimiento médico especializado a regiones apartadas a través de una plataforma de software que permite el intercambio de información de forma eficiente y rápida. [25]

AMBITO INTERNACIONAL

✓ **MEDIDOR DEL PULSO PERIFÉRICO Y EL RITMO CARDIACO.**

Lugar: Universidad de Jaen, España

Se realiza el diseño y construcción de un sistema electrónico que es capaz de medir el pulso periférico de forma no invasiva y automática empleando métodos ópticos. Que por medio del software permite capturar y almacenar dicha información y mostrarla tanto en valor numérico como en forma de gráfica e imprimir el registro de dicho parámetro, permitiendo así determinar patologías cardíacas, habilitando la realización de tele diagnósticos mediante el envío de los datos correspondientes.^[26]

✓ **ELECTROCARDIOGRAMA / TELEMONITOR PRESIÓN ARTERIAL BASADA EN PDA PARA TELEMEDICINA.**

Lugar: San Francisco. EEUU.

El Asistente de base digital personal (PDAbased) se centra en la integración de amplificadores de biopotenciales, la medición de presión de la sangre por fotoplethismografía, métodos de programación, transmisión inalámbrica, filtrado de la señal y análisis de interconexión y dispositivos de memoria a largo plazo (24 horas). El objetivo específico de este dispositivo es hacer seguimiento a largo plazo y grabación de ECG y sangre señales de presión. Este dispositivo fue capaz de adquirir la onda ECG y transmitirla de forma inalámbrica guardándola en una memoria flash compacta para ser mostrada en la pantalla LCD.^[27]

✓ **TELEMEDICINA SOBRE MÓVIL IP**

Lugar: Argentina

Esta aplicación es una combinación de telefonía celular con móvil IP. Las transmisiones inalámbricas le presentan a la medicina una interesante posibilidad para la atención y monitoreo de pacientes, sin la necesidad de su internación en hospitales. Cuando el paciente lo permita, se lo podrá monitorear en forma

permanente con un equipo móvil y toda la información será guardada. El poder sensor las funciones vitales del cuerpo humano, permite llevar un mejor control de su estado de salud. Las comunicaciones móviles no solo serían utilizadas para pacientes ambulatorios, sino también en vehículos de transporte enviando durante su traslado la información. Este monitoreo inmediato es muy importante para dar un diagnóstico preciso y eficaz. La combinación de las redes de telefonía celular con sus nuevas tecnologías, sumados al mundo de Internet, dan una posibilidad interesante de transmitir información desde y hacia cualquier lugar^[28]

✓ **DISEÑO DE UNA RED INALÁMBRICA PARA APLICACIONES DE TELEMEDICINA- Lugar: Venezuela**

Este trabajo se diseñó por medio de una red inalámbrica de Telemedicina para comunicar los centros de atención primaria con un centro de salud especializado, ubicados en los Municipios Baruta y El Hatillo del Estado Miranda, Venezuela. Para lograr los objetivos se analizaron las características del sistema de salud en los municipios y los componentes tecnológicos presentes en cada centro. También, se estudió el perfil topográfico de la zona para analizar las distintas tecnologías inalámbricas disponibles. En base a los resultados obtenidos, se eligió WiFi- RCP como la tecnología más apropiada para el diseño ya que permite tener mayor alcance y cobertura. Las herramientas utilizadas para el diseño de los enlaces y el análisis de desempeño de la red fueron simuladas por redes Radio Mobile.^[29]

✓ **DESARROLLO DE UN SISTEMA PARA LA EVALUACION DE LA ACTIVIDAD MUSCULAR MEDIANTE ELECTRODOS DE SUPERFICIE.**

Lugar: Universidad Catolica-peru

El objetivo a desarrollar este sistema es que fuera capaz de adquirir las señales electromiográficas que se generan durante la actividad muscular mediante el uso de electrodos de superficie. Este sistema tiene la capacidad de adquirir señales

EMG de las extremidades superiores (bíceps, tríceps, flexor del antebrazo) e inferiores (gemelos). Cuenta con varias etapas, de adquisición de las señales dieléctricas, de acondicionamiento y una etapa de digitalización y comunicación, en donde se visualizarán las señales obtenidas a través de una interfaz. ^[30]

✓ **TELEMEDICINA Y REMOTO COOPERATIVA SERVICIOS DE ATENCIÓN MÉDICA: PRUEBA DE CAMPO DE LA EPOC.**

Este trabajo describe un sistema para una prueba de campo de apoyo de vigilancia y el cuidado a distancia con Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC). Siguiendo un usuario en el desarrollo y privacidad por el enfoque de diseño, con énfasis en la protección de la seguridad y la privacidad. Las cubiertas de soluciones aplicaciones y servicios específicos para pacientes con EPOC y sus cuidadores a distancia, pero permite la generalización de su aplicabilidad a otros grupos de pacientes. ^[31]

✓ **DISEÑO DE UN DISPOSITIVO REMOTO PARA LA SUPERVISIÓN DE SEÑALES VITALES**

Lugar: Universidad Politécnica de Cataluña- España

El objetivo de este proyecto es el desarrollo e implementación de un dispositivo de captación de señales vitales, destinados para personas con problemas cardíacos. La señal del ritmo cardíaco es una señal muy débil (alrededor de 1 mV). Por lo cual se debe tratar de eliminar el nivel de interferencia de entrada y de salida del dispositivo para poder hacer una supervisión de las señales obtenidas. ^[32]

5.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

5.2.1 Población

Se determinó que para esta investigación la población a tener en cuenta son los residentes en la ciudad de Bogotá debido al factor de envejecimiento demográfico que se incrementa drásticamente afectando directamente a la población con un rango de edad entre los 20 a 60 años debido a sus actividades repetitivas, el esfuerzo físico, estrés y enfermedades cardíacas.

5.2.2 Muestra

La muestra referente a la población son residentes de la ciudad de Bogotá, fueron 100 personas elegidas de manera aleatoria para realizar la encuesta.

5.2.3 Tamaño de la muestra

La muestra que se tomara será la siguiente:

Tabla 1 Tamaño (Población y Muestra)

Población	Muestra
Residente en Bogotá Edad entre 20 y 60 años.	
4.822.804	100

Fuente: Elaborado por el investigador.

$$n = \frac{m}{e^2 (m-1)+1}$$

$$n = \frac{4.822.804}{(0.1)^2 (4.822.804-1)+1}$$

$$n = 100$$

Donde:

- ✓ m= tamaño de la población
- ✓ e=error de estimación (10%)
- ✓ n= tamaño de la muestra

5.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Cuadro 4 Matriz Operacionalización de variables

Variables	Dimensiones	Indicadores	Técnicas y/o Instrumentos
V.I Registro de señales y datos.	Interpretación Electrocardiográfica Electromiografía. Temperatura.	Captura de las señales de biopotenciales, información contenida en archivos.	Generación de Archivos mediante una interfaz gráfica en Matlab.
V.D Sincronización de los datos con Servidor en la interfaz gráfica.	Alojamiento de la información (datos) ECG- EMG-TEMP.	Captura de las señales de biopotenciales, información contenida en archivos.	Transmisión de datos a través de modulo RF ask .

Fuente: Elaborado por el investigador

5.3.1 Instrumentos de recolección de datos

Para la elaboración de esta investigación se desarrollara la técnica de recolección de datos, procesamiento de señales, observación, análisis, tabulación y posterior grafica de datos por cada biopotencial.

En esta recolección es necesario obtener diferentes datos que representen las señales que generan la actividad cardiaca, actividad muscular y la temperatura corporal propia de cada persona en tiempo real. Esto con el fin de poder integrar el dispositivo de transmisión inalámbrica de estas señales y que puedan ser visualizadas mediante la interfaz gráfica para el usuario.

5.3.2 Instrumentos de investigación

Encuestas para verificar e identificar personas interesadas en obtener un control de su salud mediante registro de la señales de biopotenciales.

Además, lograr determinar el grupo de personas a las cuales iría dirigida este tipo tecnología, con el fin de establecer los rangos de los valores fisiológicos normales y así poder alertar cuando estos sean anormales.

5.4 RECURSOS DISPONIBLES

Lista de todos los recursos necesarios para llevar a cabo el proyecto de investigación:

5.4.1 Recurso Humano

Descripción detalla del personal requerido:

Cuadro 5 Recurso Humano.

Nombre	Apellidos
Cindy Carolina	Rubio
Diana Marcela	Sarmiento
Julieth Fernanda	Salas

Fuente: Elaborado por el investigador

5.4.2 Recursos físicos

Cuadro 6 Recurso Físico

Descripción
Elementos necesarios para el desarrollo del proyecto de investigación:
Osciloscopio
Tarjeta psoc4
Elementos electrónicos (resistencias, condensadores, amplificadores operacionales, etc.)
Electrodos
Latiguillos
Módulo de EMG
Módulo RF ASK
Computadores

Fuente: Elaborado por el investigador

5.4.3 Recursos financieros y presupuesto

Cuadro 7 Presupuesto

RUBRO	COSTO
Recursos Humanos	\$2.400.000
Recursos Hardware	\$ 600.000
Recursos Software	\$ 40.000
Movilizaciones	\$ 60.000
Fotocopias e impresiones	\$ 100.000
Varios	\$ 50.000
Total	\$3.250.000

Fuente: Elaborado por el investigador

5.5 FASE DE ELABORACIÓN

5.5.1 Diseño

Para el diseño de este dispositivo se tendrá en cuenta la actividad eléctrica del corazón (ECG), EMG y temperatura, variables fisiológicas, cuyas señales serán adquiridas, enviadas, recepcionadas, almacenadas y presentadas en un PC .Se realizara el diseño e implementación de un hardware y software.

5.5.2 Hardware

Para diseñar el sistema de adquisición y transmisión de biopotenciales, en base a la información obtenida se realizara el diseño del circuito de ECG y temperatura, se implementara una tarjeta ya existente para la adquisición de señales electromiográficas EMG.

- **Circuito ECG:** Se tendrá en cuenta para el diseño los siguientes pasos con el fin de adquirir la señal para ser almacenada y transmitida por medio del micro controlador y será llevada a la tarjeta Psoc 4.

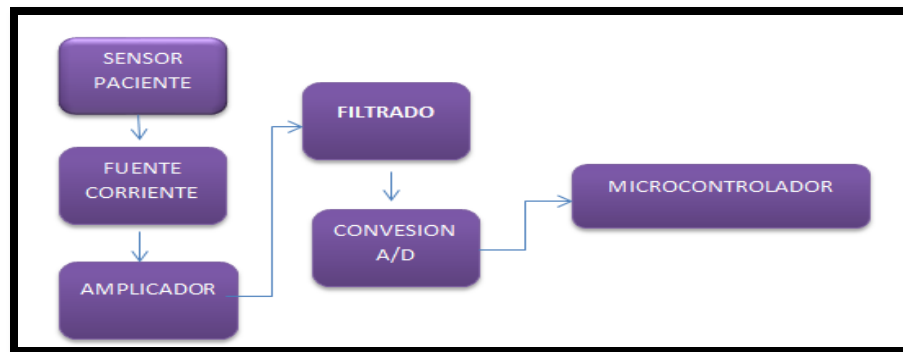
Figura 19 Diagrama de bloques diseño electrocardiógrafo.



Fuente: **Elaborado por el investigador**

- **Circuito temperatura:** se diseñara el circuito paso a paso, permitiendo el almacenamiento y registro de , los datos obtenidos vía inalámbrica

Figura 20 Diagrama de bloques diseño sensor de temperatura.



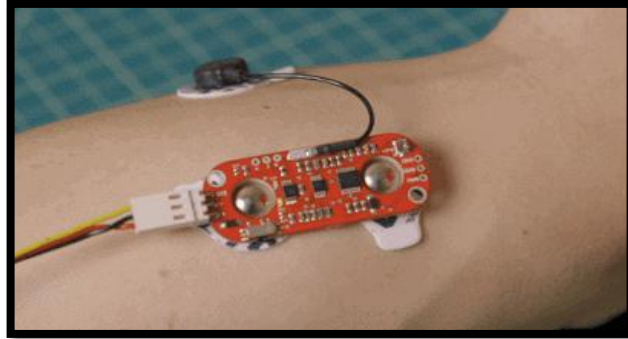
Fuente: **Elaborado por el investigador**

- **Tarjeta adquisición de señales de electromiografía (EMG)**

Se implementara una tarjeta ya existente de EMG, **MyoWare™ Muscle Sensor**, la cual analizará la actividad eléctrica y salida de la señal analógica que es

flexionada en el musculo y los datos serán transmitidos a la Psoc 4, la cual se encargara de enviar los resultados al PC.

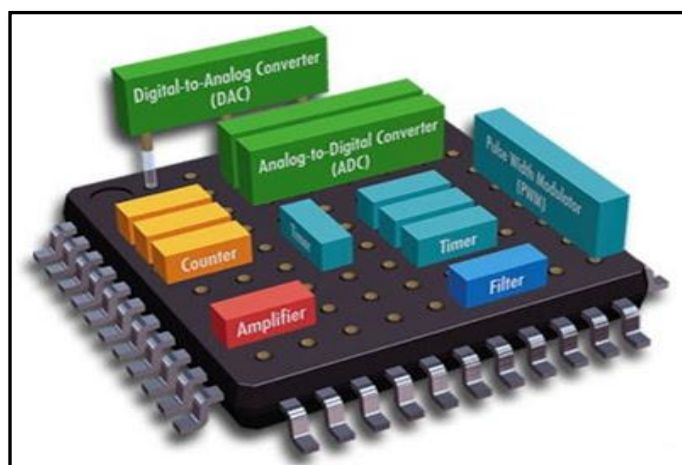
Figura 21 Tarjeta, MyoWare™ Muscle Sensor.



Fuente: <http://digitales-itesi.blogspot.com.co/2010/09/introduccion-los-circuitos-integrados.html>

- **Tarjeta Psoc 4^[33]**: Después de tener diseñados e implementados los circuitos ECG , EMG y Temperatura , las señales adquiridas serán recepcionadas por la Psoc 4,la cual transmitirá las señales a un PC , para que los resultados sean almacenados , registrados y visualizados por medio de una interfaz o plataforma.

Figura 22 Tarjeta Psoc 4.

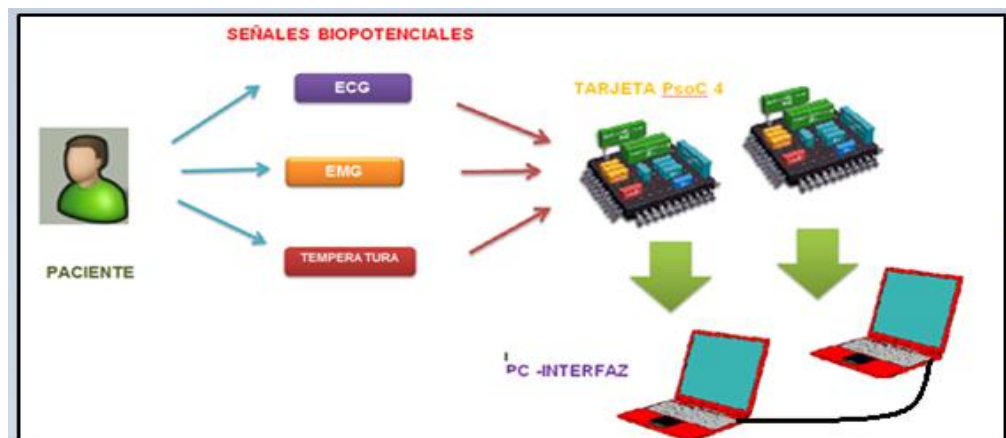


Fuente: <http://digitales-itesi.blogspot.com.co/2010/09/introduccion-los-circuitos-integrados.html>

5.5.3 Software

Para el registro, almacenamiento y visualización de los datos adquiridos en el PC, se realizará una interfaz o plataforma grafica para el usuario que permita observar los resultados, estableciendo una comunicación serial con el sistema de adquisición de las señales de biopotenciales mediante la PsoC 4 al computador.

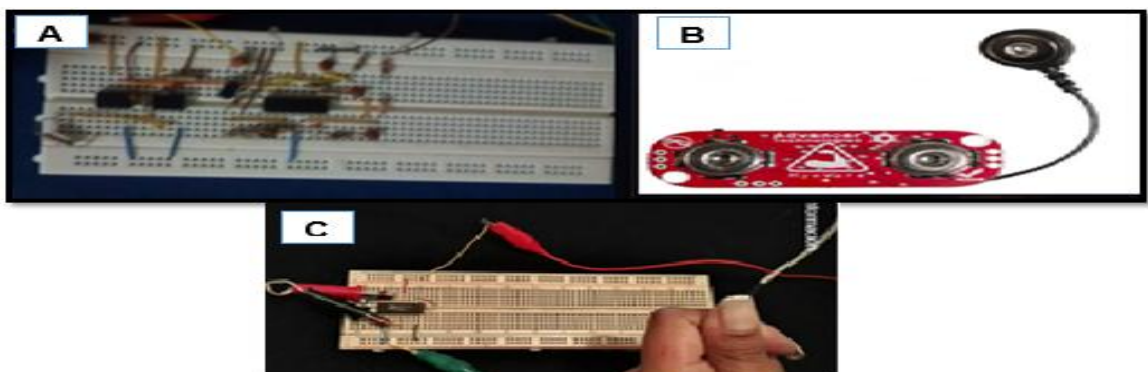
Figura 23 Diagrama proceso del dispositivo.



Fuente: *Elaborado por el investigador.*

5.5.4 Montaje Circuitos electrónicos

Figura 24 Circuitos y modulo empleado



A) Circuito ECG. B) Modulo EMG. C) Circuito de Temperatura.

Fuente: *Elaborado por el investigador*

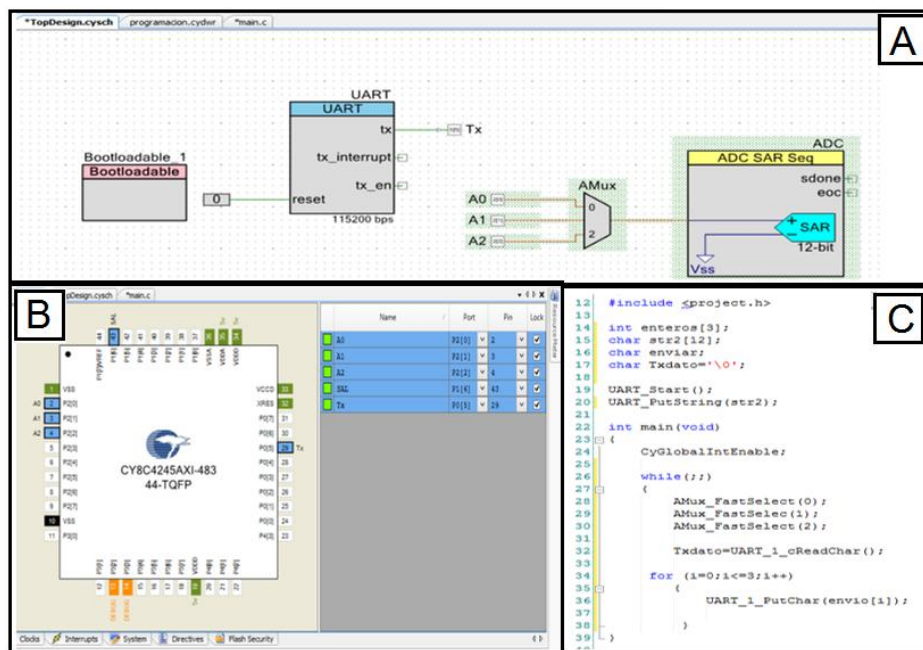
5.5.5 Programación psoc4

Para la programación de la psoc4 creamos dos proyectos en **CREATOR 3.3**, una para el transmisor y receptor de los datos; el TopDesining de forma gráfica seleccionamos los componentes a utilizar (módulo **UART** que es el encargado de la adquisición y transmisión de la señal; el módulo **ADC** que es el encargado de convertir las señales análogas en digital, los pin análogos y digitales para la recepción y transmisión de las señales) y posteriormente se realiza el diagrama; El archivo **main.c** desarrollamos el algoritmo o programa a ejecutar y en el archivo **.Cydwr** asignamos los pines a utilizar en la tarjeta PSOC4 y finalmente se programa cada tarjeta.

La tarjeta PSOC4 será alimentada mediante la conexión del puerto USB al PC.

5.5.6 Transmisión

Figura 25 Diseño y programación de transmisión de la señal



B) Diseño gráfico, diagrama de los componentes a utilizar en el programa. **B)** asignación de los pines de la tarjeta y **C)** código del programa de transmisión.

Fuente: *Elaborado por el investigador*

De un pin de salida de la tarjeta se conectara al pin de entrada del módulo RF ASK TLP433 para la transmisión inalámbrica.

5.5.7 Recepción

Figura 26 Diseño y programación de la recepción de señal

The figure is divided into three sections labeled A, B, and C:

- A) Design Diagram:** Shows a schematic with components: 'Bootloadable_1' (Bootloadable), 'UART_1' (Standard), and 'ADC SAR Seq' (12-bit). A connection 'Pin_ADC' links the UART component to the ADC component. The ADC component has pins 'soc', 'sdone', 'eoc', and 'Vss'.
- B) Pin Assignment:** A table showing the mapping of component pins to physical pins on the CY8C4245AXI-483 44-TQFP chip.

Name	Port	Pin	Lock
UART_1_rxtx	P0[4]	28	<input checked="" type="checkbox"/>
Pin_ADC	P2[9]	2	<input checked="" type="checkbox"/>
- C) Code Snippet:** C code for the main function:

```

10 #include <project.h>
11 #include <stdio.h>
12 int main ( )
13 {
14     char publicar[8];
15     int32 Conversion;
16     float32 advoltaje;
17
18     CyGlobalIntEnable; // Uncomment this line to enable Global Interrupts
19
20     ADC_Start();
21     ADC_StartConversion();
22     ADC_InEndConversion(ADC_WAIT_FOR_RESULT);
23     UART_1_Start();
24
25     for(;;)
26     {
27         Conversion=ADC_GetResult132(0);
28         advoltaje=ADC_CountsTo_Volts(0,Conversion);
29         sprintf(publicar,"%3f ",advoltaje);
30         UART_1_UartPutString(publicar);
31
32         for (i=0;i<=10000,i++)
33         ;

```

A) Diseño gráfico, diagrama de los componentes a utilizar en el programa. B) asignación de los pines de la tarjeta. C) código del programa de transmisión.

Fuente: *Elaborado por el investigador*

Un pin de entrada en la tarjeta psoc4 que estará conectado al pin de salida del módulo RF ASK RLP433A, y utilizando el puente interno de transmisión por el canal USB de la tarjeta enviaremos la señal directamente al PC.

Posteriormente se conecta directamente a la interfaz gráfica.

5.5.8 Base de datos

Mediante el programa MYSQL, se realizó una base de datos con 2 tablas, tabla de registro1 donde se guardan todos los datos de los usuarios que se registren en la aplicación, en el formulario de registro de la interfaz gráfica, simultáneamente se guardaran los datos de usuario y clave en la tabla 2. Login, esta tabla se realizó con el fin de generar la autenticación de los usuarios ya registrados que desean ingresar a utilizar la aplicación.

Figura 27 Base de datos mysql registro datos formulario de ingreso usuarios nuevos (Tabla registro)

The screenshot displays the MySQL Workbench interface. The top section shows the 'Physical Schemas' for 'mydb', 'datos', and 'new_schema1'. Below this, the 'registro' table structure is defined within the 'datos' schema. The table has the following columns:

Column Name	Datatype	PK	NN	UQ	BIN	UN	ZF	AI	Default
idregistro	INT(11)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
NOMBRE	CHAR(15)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
APELLIDO	CHAR(20)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
IDENTIFICACION	VARCHAR(15)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
EDAD	INT(11)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
GENERO	CHAR(10)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
TELEFONO	INT(11)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
CELULAR	INT(11)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
DIRECCION	VARCHAR(45)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
CIUADAD	CHAR(20)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
USUARIO	VARCHAR(15)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

The bottom section shows the 'Result Grid' with the following data:

NOMBRE	APELLIDO	IDENTIFICACION	EDAD	GENERO	TELEFONO	CELULAR	DIRECCION	CIUADAD	USUARIO
CAROLINA	RUBIO	1012354629	28	FEMENINO	7844462	3125417189	CALLE 57B # 87K -47	BOGOTA	CAROLINA
DANIEL	SUAREZ	73456789	34	MASCULINA	9345467	3219786543	carrera 23 No. 32-47	bogota	Daniel9
diana marcela	sarmiento ramirez	1070328564	25	f	3203828	3203688679	cra 34 c - 34 sur	bogota	Disar 19
JULIETH FERNANDA	SALAS CORONADO	1012381994	25	FEMENINO	4490961	3124413595	CARRERA	BOGOTA	JULIETH
JULY	SALAS	11221121323	23	FEMENINO	7750536	3219876543	CARRERA 23 No. 65-87	BOGOTA	JULY76
marcela	sarmiento	13447779	26	femenino	6778899	340245666	cra 56 n°78-90	bogota	dms677
sandra	martinez	1012381994	25	femenino	7789089	3214567898	carrera 10	bogota	sandra11
valeria	sanchez	23456789	23	femenino	2345467	3219876545	carrera 34 No. 32-45	bogota	Vale23

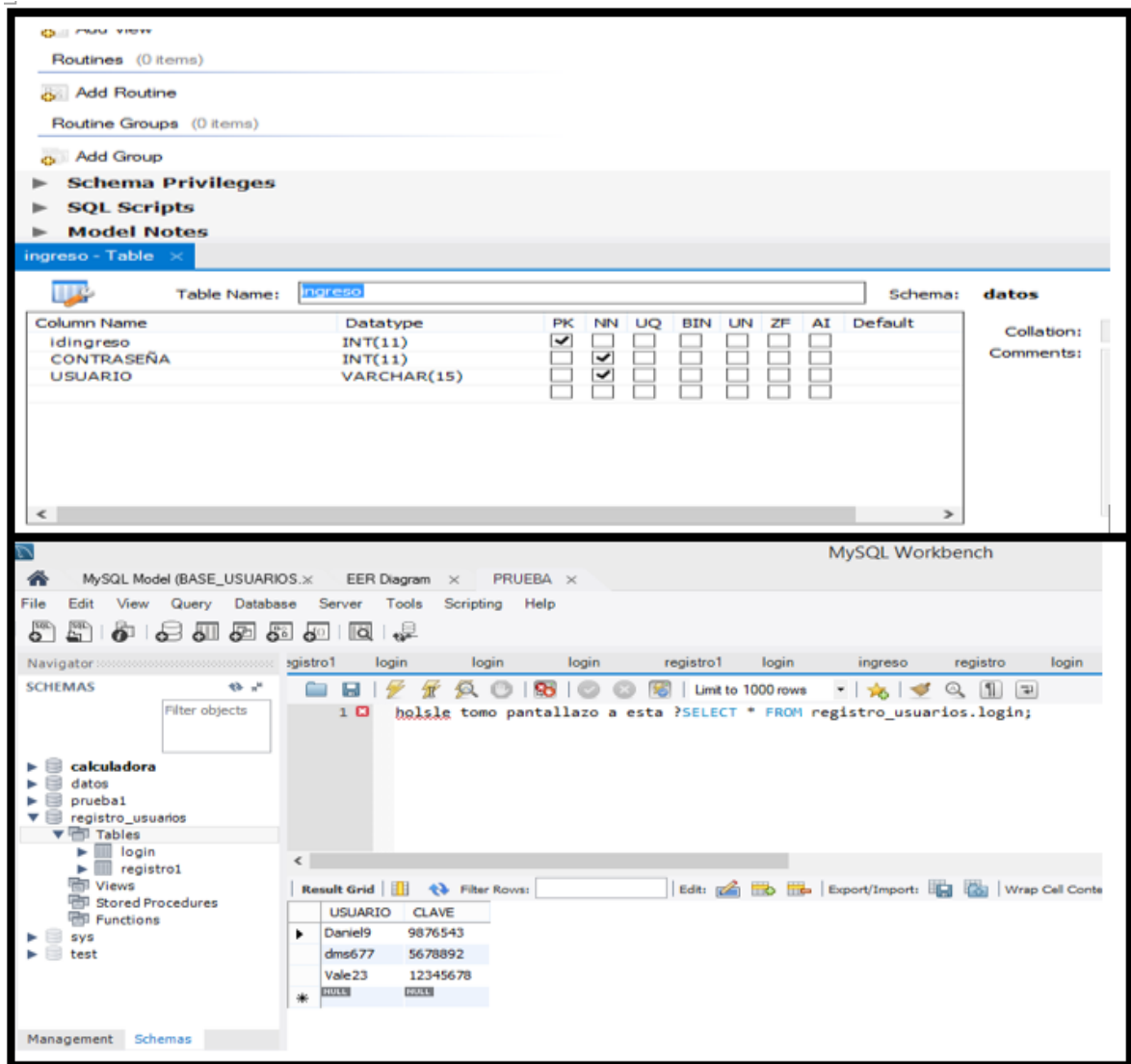
The bottom section also shows the 'Action Output' with the following messages:

Time	Action	Message
1 18:35:07	SELECT * FROM registro_usuarios login LIMIT 0, 1000	3 row(s) returned
2 18:37:29	SELECT * FROM registro_usuarios registro1 LIMIT 0, 1000	8 row(s) returned

Fuente: Elaborado por el investigador

En la imagen de arriba se identifican las características de los datos a guardar, la segunda imagen muestra la base de datos de las pruebas realizadas en el registro de datos.

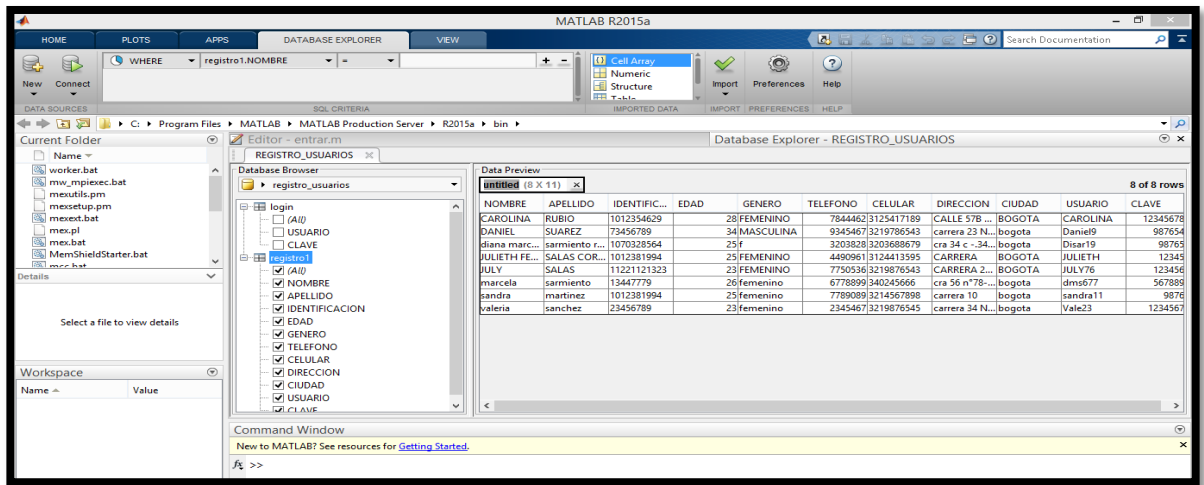
Figura 28 Base de datos mysql registro de datos usuarios y contraseña nuevos (Tabla login)



Fuente: Elaborado por el investigador

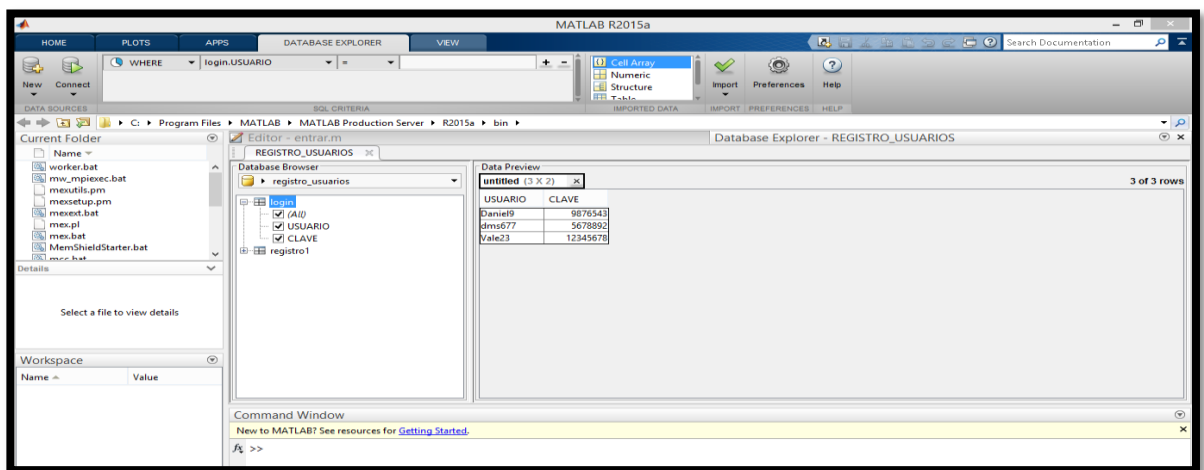
En la imagen de arriba se identifican las características de los datos a guardar, la segunda imagen muestra la base de datos de las pruebas realizadas de usuarios y contraseñas.

Figura 29 Base de datos conectada en Matlab con el registro de usuarios nuevos (tabla registro)



Fuente: Elaborado por el investigador

Figura 30 Base de datos conectada en Matlab con el registro de usuario y contraseña (tabla login)

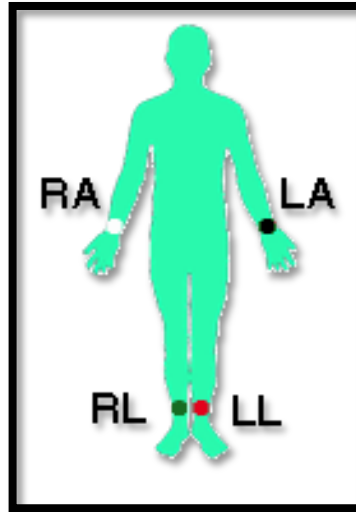


Fuente: Elaborado por el investigador

5.5.9 Integración psoc4 y circuitos electrónicos

➤ ECG

Figura 31 Paciente conectado a circuito de ECG



Fuente: <http://www.blog-electrocardiograma.my-ekg.com/wp-content/uploads/2014/03/electrodos-perifericos-aha1.png>

- La persona que se va a realizar la prueba de ECG debe estar en una posición adecuada y cerca al dispositivo electrónico.
- Se debe Limpiar y desinfectar con alcohol las zonas donde se ubicaran los electrodos, para garantizar un correcto contacto con la piel y una mejor obtención de la señal de ECG.
- Colocar los electrodos para ECG de forma correcta. Es importante ser riguroso en la colocación exacta de los electrodos, para garantizar una correcta lectura del electrocardiograma.

➤ **EMG**

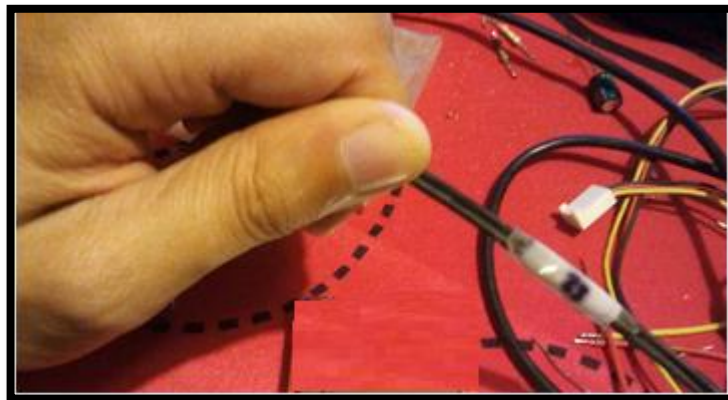
Figura 32 Dispositivo EMG conectado al paciente



*Fuente: **Elaborado por el investigador***

En la figura 41 se muestra el módulo EMG conectado al paciente, se observa una posición cómoda para el paciente, permitiendo cualquier movimiento, Esta posición es apropiada para cualquier dispositivo de monitoreo que requiera uso de electrodos.

Figura 33 Paciente conectado circuito de temperatura



*Fuente: **Elaborado por el investigador***

5.6 DISEÑO DE LA INTERFAZ GRAFICA

La aplicación tiene como finalidad convertirse en una herramienta de uso frecuente para el usuario, donde se puede registrar y visualizar los datos de biopotenciales como ECG- EMG- Temperatura.

Se debe abrir una ventana emergente para que el usuario pueda registrarse si es por primera vez o elegir iniciar sesión si ya está registrado.

Figura 34 Formulario de inicio de sesión.



The image shows a screenshot of a web application window titled "ingreso". The window has a light blue background with a subtle pattern of overlapping circles. At the top left, the text "HEALTHY & HOMECARE" is displayed in a stylized, blue, outlined font. To the right of this text is a logo consisting of a heart shape formed by two blue lines, with a small house icon inside the heart and the letters "HH" below it. Below the header, there are two input fields: the first is labeled "USUARIO" and the second is labeled "CONTRASEÑA". Below these fields are two buttons: "INGRESAR" and "REGISTRARSE". The window has standard Windows-style window controls (minimize, maximize, close) in the top right corner.

Fuente: Elaborado por el investigador

Figura 35 Formulario de Registro.

The image shows a web browser window titled 'registro'. The page has a light blue background with a logo at the top center that reads 'HEALTHY & HOMECARE' in a stylized font. To the right of the logo is a graphic of a heart with an ECG line and a house icon. Below the logo, there are several input fields arranged in a grid-like fashion. The fields are labeled: 'NOMBRE', 'APELLIDOS', 'IDENTIFICACION' (with a dropdown menu for 'TIPO ID'), 'EDAD', 'GENERO', 'TELEFONO', 'CELULAR', 'DIRECCION', and 'CIUDAD'. At the bottom of the form, there are two more input fields labeled 'USUARIO' and 'CONTRASEÑA', followed by a green button labeled 'GUARDAR'.

Fuente: **Elaborado por el investigador**

Luego encontrara el formulario principal, donde está la opción de registrar los datos personales del usuario y la opción del registro de biopotenciales.

5.6.1 Datos de usuario

En esta opción el usuario debe diligenciar los campos en blanco para poder ingresar a la aplicación y visualizar los datos deseados.

Los datos que se deben ingresar son:

- Nombres
- Apellidos
- Tipo de identificación.
- Número de identificación.
- Edad.

- Genero.
- Teléfono.
- Celular.
- Dirección.
- Ciudad.
- Usuario.
- Contraseña.

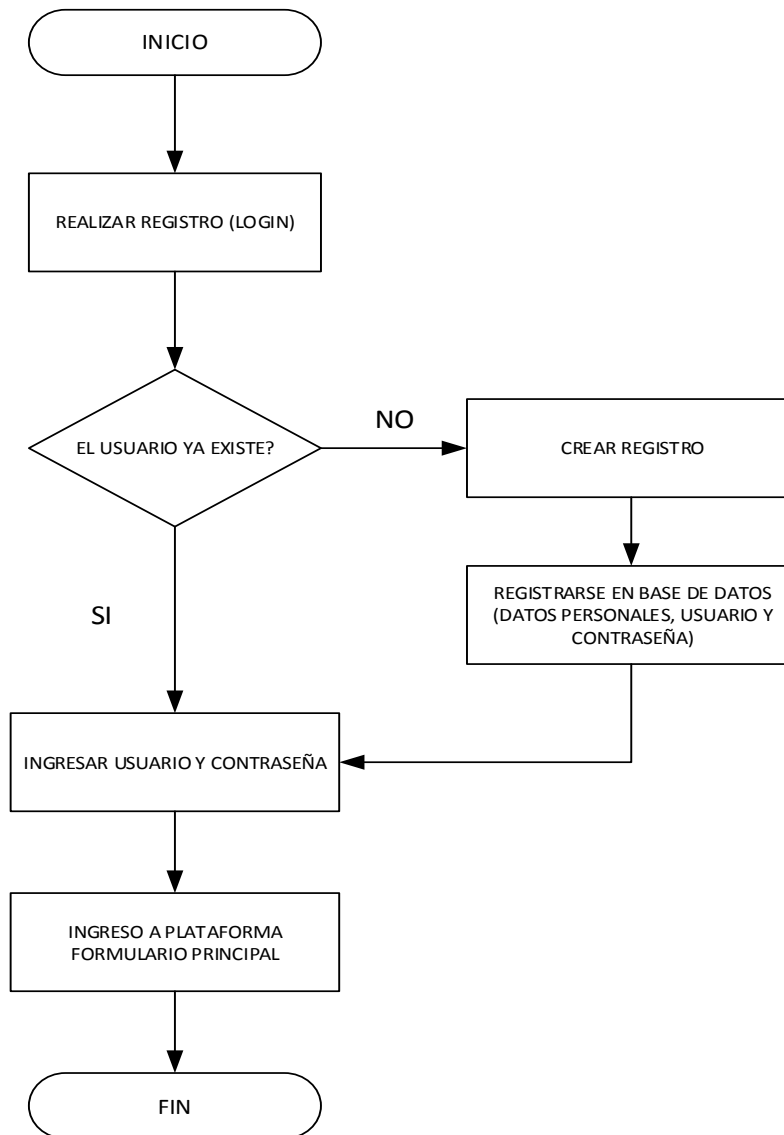
Figura 36 Formulario Principal.



Fuente: Elaborado por el investigador

➤ Ingreso a la plataforma

Figura 37 Diagrama de flujo de ingreso a la plataforma

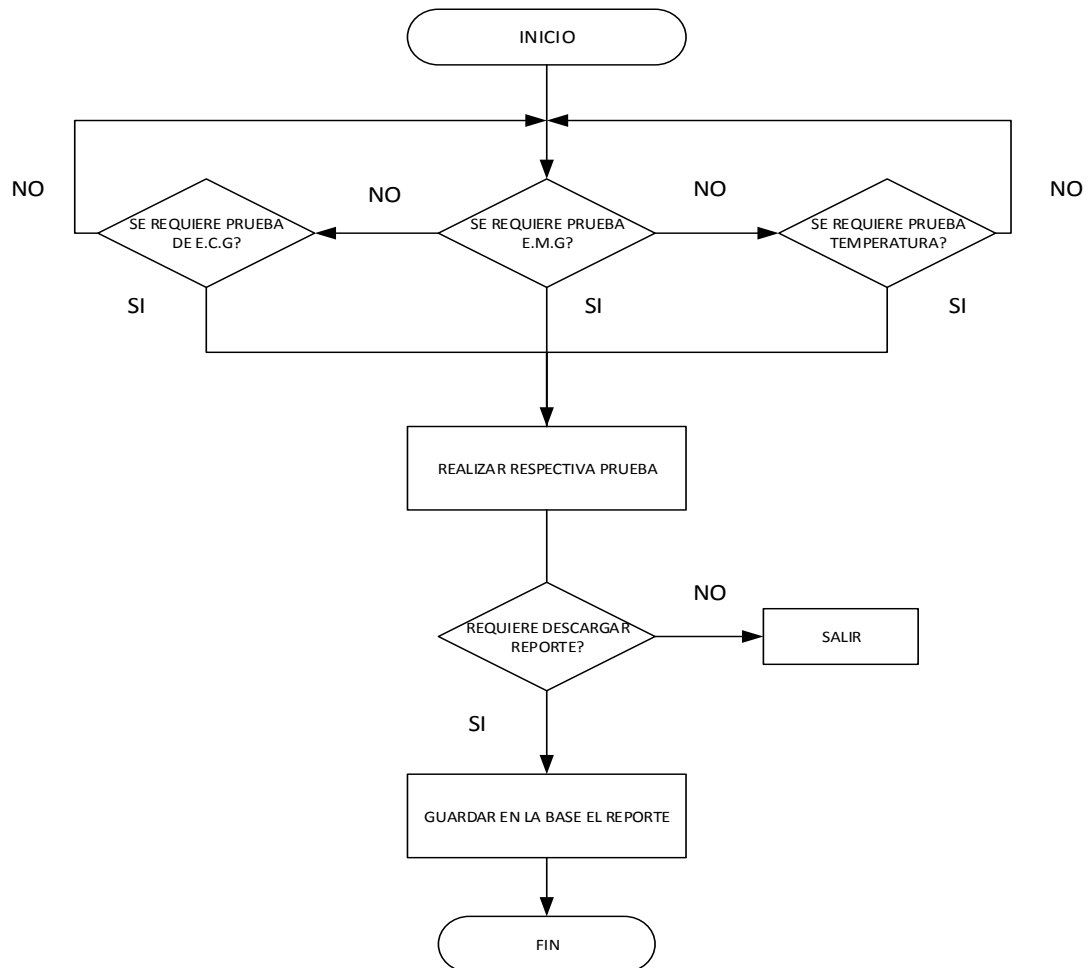


Fuente: **Elaborado por el investigador**

Para ingresar a la plataforma el programa confirmara si el usuario está registrado para permitir el acceso si no se debe registrar datos personales incluyendo usuario y contraseña para poder ingresar a la plataforma y se visualizara el formulario principal donde se podrá seleccionar el tipo de prueba que se desea realizar.

➤ Selección y Ejecución de módulo de señales de Biopotenciales

Figura 38 Diagrama de flujo de Ejecución modulo señales Biopotenciales



Fuente: **Elaborado por el investigador**

No se pueden realizar las tres pruebas al mismo tiempo ya que la programación de la tarjeta Psoc4 y módulos ASK RF434 ejecuta la trasmisión y recepción de datos de 8 bits por canal es decir solo trasmite una señal a la vez la cual es seleccionada por el usuario. La señal adquirida por el sistema podrá será analizada de acuerdo a parámetros establecidos por la aplicación posteriormente se podrá visualizar registrar exportar reporte y si el análisis genera un alerta es debido a que esta fuera de los rangos fisiológicos normales.

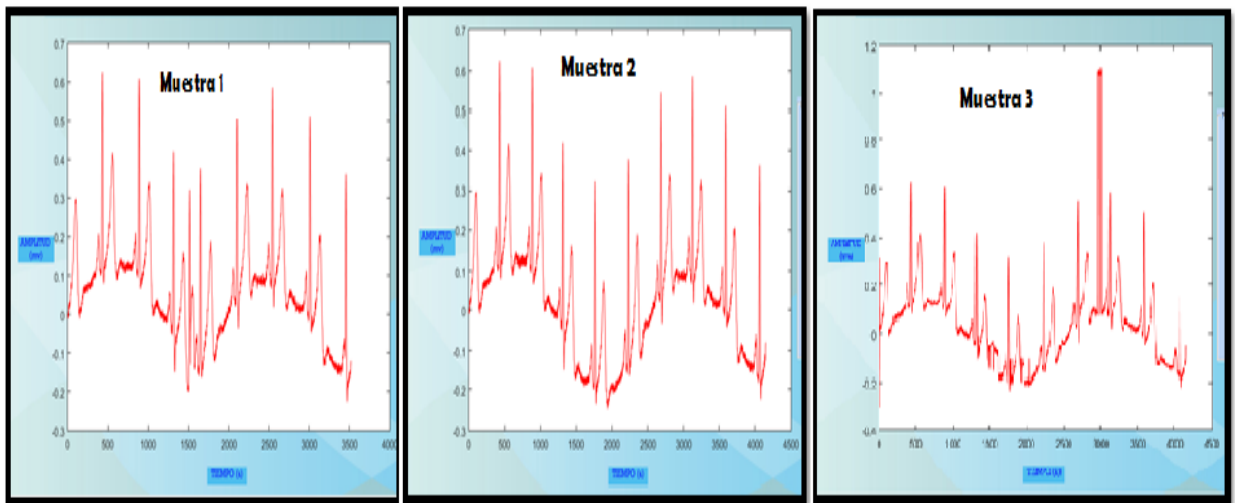
6. Resultados

Una vez diseñado los circuitos (hardware) de adquisición y transmisión de biopotenciales (ECG Y EMG), temperatura, y diseñada la interfaz gráfica de usuario, se realizaron pruebas de desempeño del dispositivo con el propósito de verificar que el sistema cumpliera con los requerimientos de diseño planteados anteriormente.

A continuación se muestran los resultados de forma individual de cada uno de los biopotenciales.

➤ ECG

Figura 39 Señales ECG



Fuente: Elaborado por el investigador

Tabla 2 Valores obtenidos de las muestras realizadas de ECG

Muestra ECG	Promedio	Máximo	Mínimo	Desv. Estándar	Varianza
No. 1	0.0631475	0.6247	-0.2257	0.129747	0.0168322
No. 2	0.0280053	0.6247	-0.2495	0.146251	0.0213895
No. 3	0.0290103	0.6423	-0.2507	0.146379	0.0213623
No. 4	0.0279878	0.6239	-0.2401	0.146087	0.0213206
No. 5	0.0280065	0.6249	-0.2493	0.146249	0.0213893
No. 6	0.0280049	0.6243	-0.2493	0.146247	0.0213892
No. 8	0.0280053	0.6247	-0.2495	0.146251	0.0213895

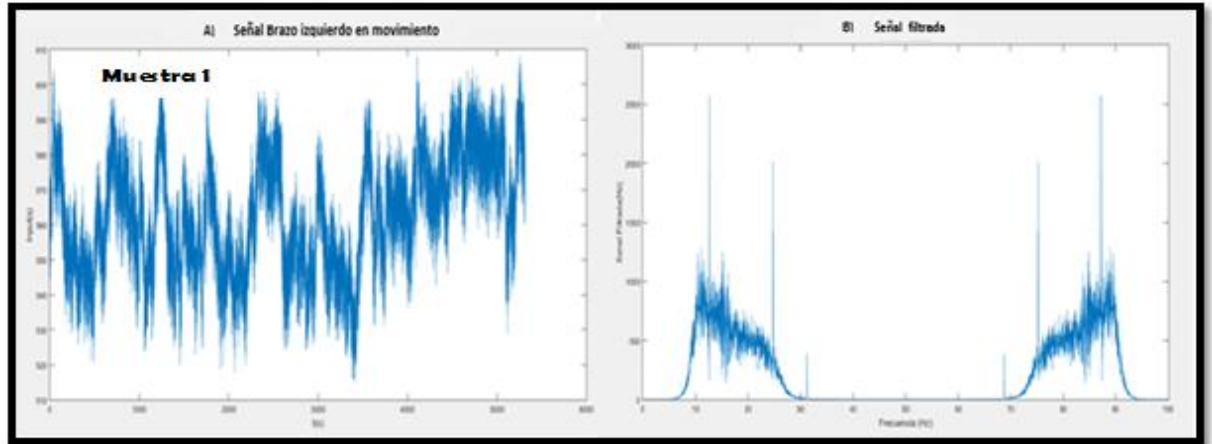
Fuente: Elaborado por el investigador

ANALISIS

- ❖ Como se puede observar en la figura 47, La señal del corazón es fácilmente identificada, la cual se grafica en forma de **voltaje vs tiempo**.
- ❖ Al momento de acoplar el programa realizado se generan las señales de ECG que se muestran gráficamente donde se aprecia claramente el complejo QRS.
- ❖ En la tabla 10, se establece que hay una aproximación en los valores, lo que significa que la adquisición de los datos se realizó de forma clara y precisa, debido a que no se evidencio alteración en los resultados, teniendo en cuenta que ninguna de las personas que fueron objeto de estudio tiene problemas cardiacos.

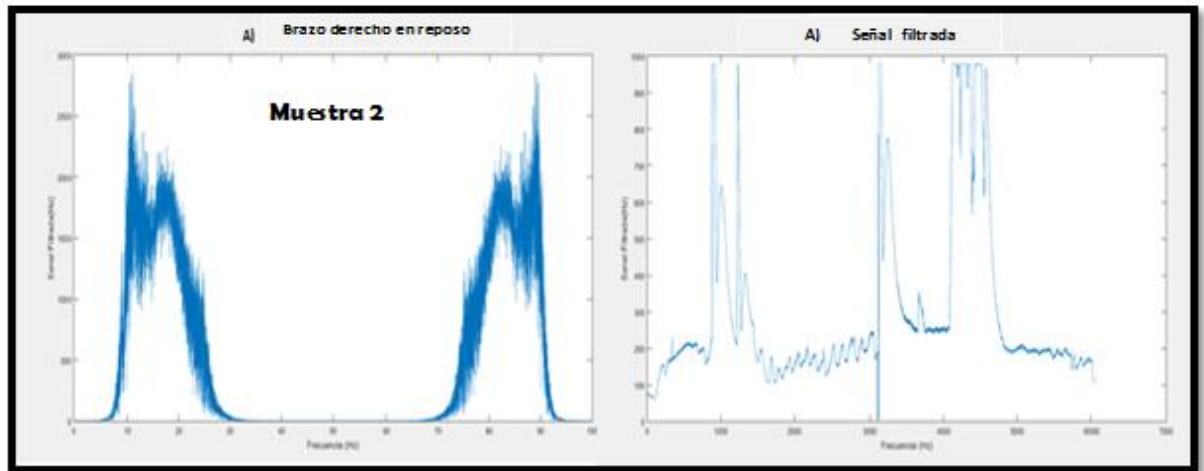
➤ **EMG**

Figura 40 Señal brazo izquierdo en movimiento



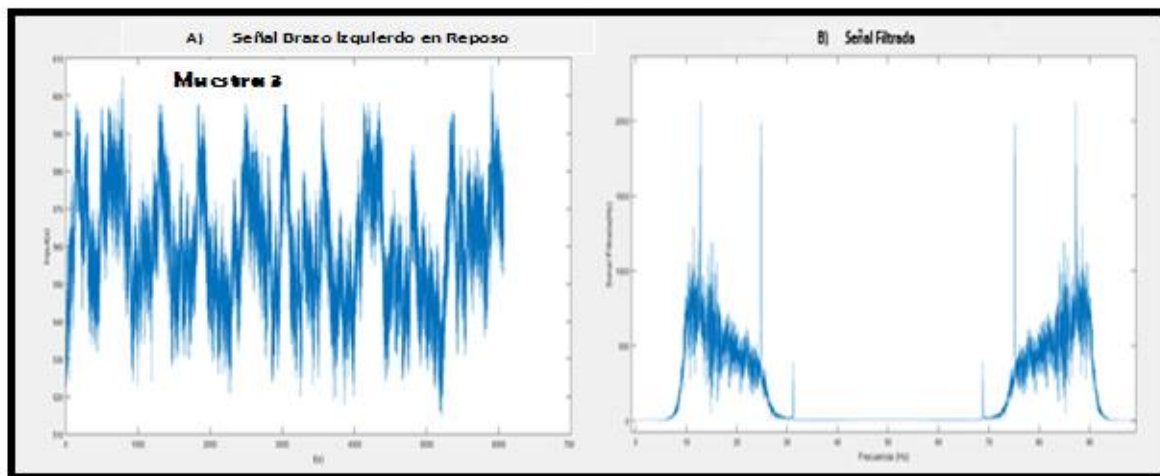
Fuente: Elaborado por el investigador

Figura 41 Señal brazo Derecho en Reposo



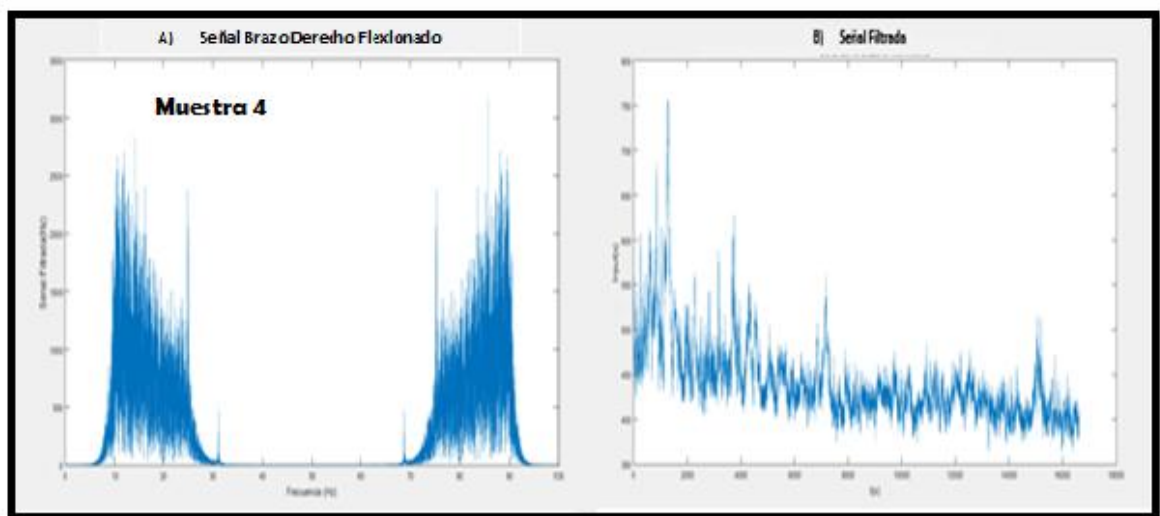
Fuente: Elaborado por el investigador

Figura 42 Señal brazo izquierdo en Reposo



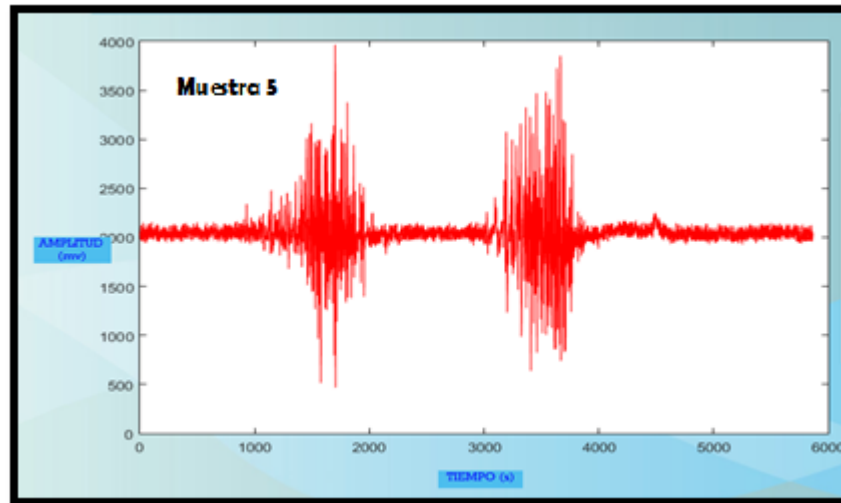
Fuente: *Elaborado por el investigador*

Figura 43 Señal brazo derecho Flexionado



Fuente: *Elaborado por el investigador*

Figura 44 Señal Brazo Flexionado con peso 3 kg



Fuente: *Elaborado por el investigador*

Tabla 3 Valores obtenidos de las muestras realizadas de EMG

EMG	MAXIMO	MINIMO	PROMEDIO	VARIANZA	DESVIACION STANDAR
MUESTRA 1 En constante movimiento	979	0	300.752	57884.6	240.592
MUESTRA 2 Derecho en reposo	608	515	561.587	312.719	17.6839
MUESTRA 3 izq. En reposo	608	515	559.224	278.048	16.6748
MUESTRA 4 Brazo flexionado	756	362	440.461	1866.38	43.2016
MUESTRA 5 Flexionado con peso 3 kg	3966	467	2051.48	46746.8	216.21

Fuente: *Elaborado por el investigador*

ANALISIS

- Al realizar el estudio en las diferentes muestras, se puede decir con certeza que la posición, musculo y estimulación alteran altamente la actividad mioeléctrica, como se evidencia en cada una de las gráficas.
- Al tener el brazo flexionado y con peso de 3 Kg por tal razón vemos que la amplitud de la gráfica muestra picos más altos y una variación más intensa ya que tiene un estímulo directo que hace un esfuerzo en los músculos del brazo generando así una actividad eléctrica mayor.
- De acuerdo a la tabla No.11, donde se encuentran registrados los valores de las muestras de EMG, al analizar la muestra 2 y 3, que pertenecen a la las captadas de cada uno de los brazos tanto el derecho como el izquierdo en total reposo, se identifica que los picos máximos y mínimos coinciden, aunque el promedio que nos indica la muestra tres es un poco más bajo al igual que la varianza y la desviación estándar, lo que indica que hay más pico bajos en la toma de datos del brazo izquierdo en reposo
- Gráficamente se puede visualizar que la señal del brazo en movimiento tiene mayor número de datos y se aprecian los diferentes desniveles de la amplitud de cada ciclo, es la señal con mayor desviación estándar entre las 5 muestras, debido a que los movimientos fueron muy bruscos, influyendo directamente en el cambio de valor del biopotencial en estudio.

➤ TEMPERATURA

Figura 45 Resultado en interfaz de temperatura corporal



Fuente: **Elaborado por el investigador**

Tabla 4 Valores obtenidos de las muestras realizadas de temperatura

MUESTRA	VALOR TEMP °C
1	37.0
2	36.9
3	36.8
4	37.0
5	36.7

Fuente: **Elaborado por el investigador**

Al realizar las pruebas de temperatura corporal, se pudo evidenciar que el valor de adquisición fue constante y verídico ya que este valor fue corroborado con un termómetro digital el cual arrojo el mismo valor, su trazabilidad muestra que los valores fueron reales, teniendo en cuenta que el resultado concuerda con las características y condiciones ambientales en que se encontraban las personas sometidas a esta prueba.

6.1 ANÁLISIS - RESULTADO DE ENCUESTAS

La encuesta se realizó para identificar y conocer el interés de las personas en una nueva tecnología de uso residencial, la cual permita llevar un control de su estado de salud.

6.1.1 Resultados de la encuesta

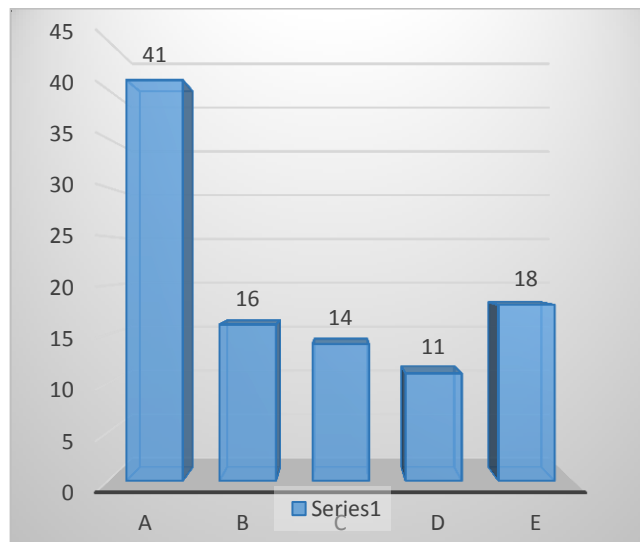
1. ¿Cuántas veces al año se realiza un chequeo médico?

Tabla 5 Resultado de Encuesta Pregunta N° 1

Respuesta	Porcentaje
Ninguna.	41%
1 vez.	16%
2 veces.	14%
Más de tres veces.	11%
Solo cuando lo necesita	18%
TOTAL	100 %

Fuente: Elaborado por el investigador

Figura 46 Resultado Encuesta Pregunta N° 1



Fuente: Elaborado por el investigador

Análisis: Se establece que el 41% de las personas no tienen el hábito de realizarse un chequeo médico anual, es decir que no se dirigen a un centro de salud para obtener un control médico; el 18 % solo se acercan cuando se trata de una necesidad y/o urgencia, ya que para obtener una cita es muy demorado y en ocasiones no hay agenda.

Y un 42 % de los encuestados asisten con regularidad a un chequeo médico dependiendo del control que el medico les asigne, donde se identificó que esto lo realizan personas mayores de los 46 años y personas que tienen alguna deficiencia en su salud.

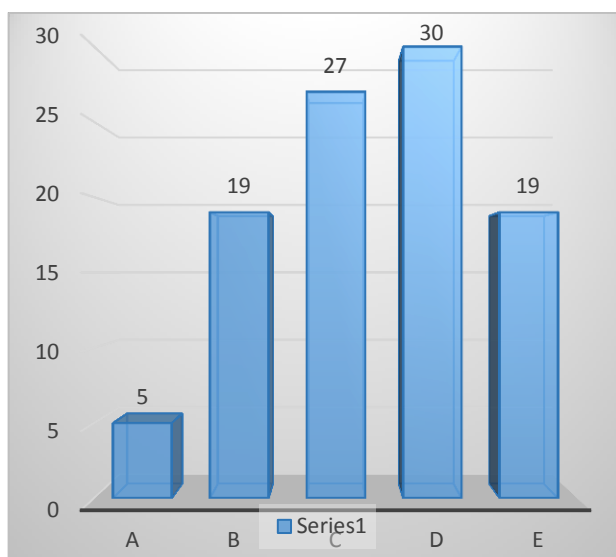
2. ¿Cuánto tiempo le toma llegar al centro de atención médica más cercano a su domicilio?

Tabla 6 Resultado de Encuesta Pregunta N° 2

Respuesta	Porcentaje
Menos de 5 minutos.	5%
Entre 5 y 10 minutos.	19%
Entre 10 y 20 minutos.	27%
Entre 20 y 30 minutos.	30%
Más de 30 minutos.	19%
TOTAL	100 %

Fuente: Elaborado por el investigador

Figura 47 Resultado Encuesta Pregunta N° 2



Fuente: **Elaborado por el investigador**

Análisis: Se identificó que la falta de asistencia a un chequeo médico es debida al desplazamiento que deben hacer las personas, los costos ocasionados y el tiempo que requieren para hacer su seguimiento de salud.

Ya que el 30 % de los encuestados tardan entre 20 y 30 minutos en el desplazamiento, esto sin contar con contratiempos, lo cual hace que se pierda el interés de asistir a un chequeo médico.

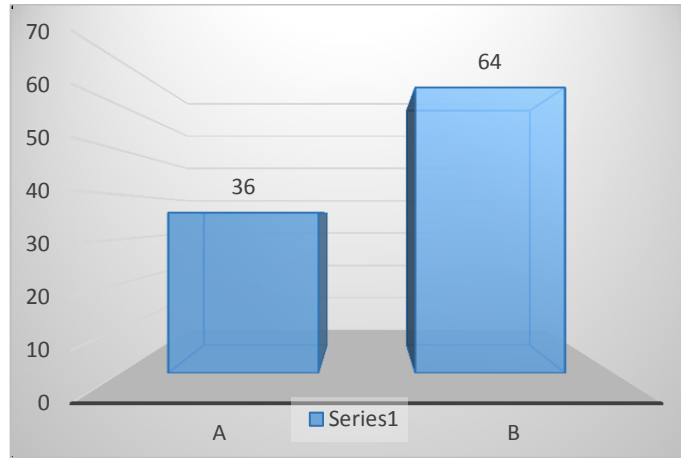
3. ¿Ha visitado un cardiólogo?

Tabla 7 Resultado de Encuesta Pregunta N° 3

Respuesta	Porcentaje
Si.	36%
No.	64%
TOTAL	100 %

Fuente: **Elaborado por el investigador**

Figura 48 Resultados Encuestas Pregunta N° 3.



Fuente: **Elaborado por el investigador**

Análisis: El 36 % de las personas encuestadas han tenido una cita con un Cardiólogo, esto se debe a que presentan alguna alteración cardiovascular y edad ya que requieren de un control de rutina.

El 64% no han asistido a una cita con el cardiólogo, ya que no ven la necesidad de obtener un control o simplemente no han podido obtener una cita, por la gran demanda de pacientes.

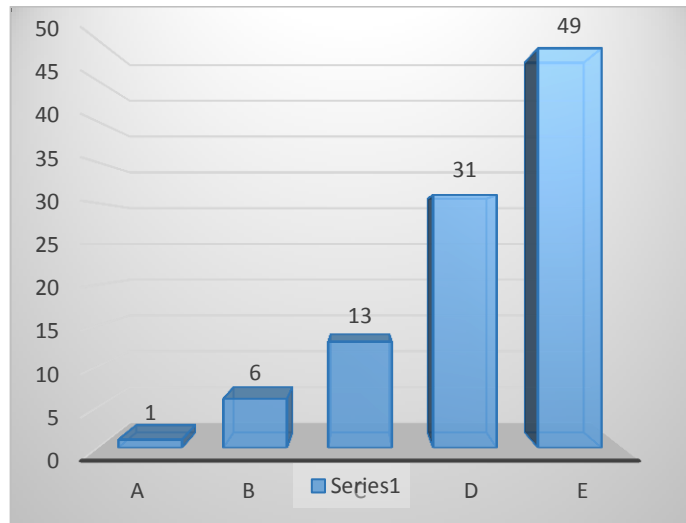
4. Considera usted que es importante tener un registro de su frecuencia cardiaca.

Tabla 8 Resultado de Encuesta Pregunta N° 4

Respuesta	Porcentaje
1	1%
2	6%
3	13%
4	31%
5	49%
TOTAL	100 %

Fuente: **Elaborado por el investigador**

Figura 49 Resultados Encuestas Pregunta N° 4.



Fuente: **Elaborado por el investigador.**

Análisis: El 80 % de los encuestados calificaron entre 4 y 5, ya que consideran que es importante tener un registro de la frecuencia cardiaca, y muestran su interés en obtener dicho registro.

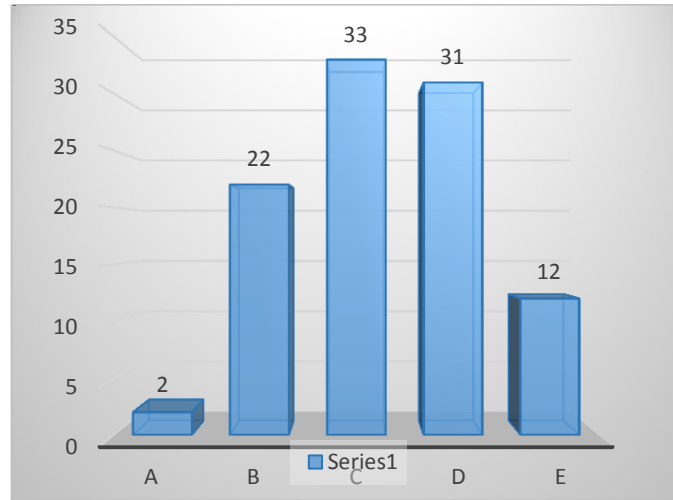
5. Considera usted que es importante tener un registro de su temperatura corporal.

Tabla 9 Resultado de Encuesta Pregunta N° 5

Respuesta	Porcentaje
1	2%
2	22%
3	33%
4	31%
5	12%
TOTAL	100 %

Fuente: **Elaborado por el investigador**

Figura 50 Resultados Encuestas Pregunta N° 5.



Fuente: **Elaborado por el investigador**

Análisis: El 43 % de los encuestados calificaron entre 4 y 5, ya que consideran que es importante tener un registro de la temperatura corporal, el 33 % creen que es importante pero no está dentro de sus prioridades, pero y muestran su interés en obtener dicho registro. Y el 24 % no lo ven como una variable relevante.

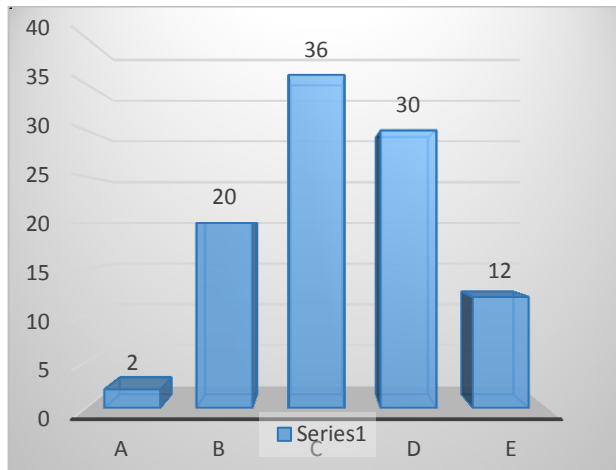
6. Considera usted que es importante tener un registro de su actividad muscular.

Tabla 10 Resultado de Encuesta Pregunta N° 6

Respuesta	Porcentaje
1	2%
2	20%
3	36%
4	30%
5	12%
TOTAL	100 %

Fuente: **Elaborado por el investigador**

Figura 51 Resultados Encuestas Pregunta N° 6.



Fuente: **Elaborado por el investigador**

Análisis: El 42 % de los encuestados calificaron entre 4 y 5, ya que consideran que es importante tener un registro de sus actividad muscular debido a las rutinas a las que se ven enfrentados diariamente, dentro de los encuestados se identificó aquellos que realizan alguna actividad física o deporte son los que mostraron mayor interés en la obtención de este registro.

El 36 % consideran que esta actividad no está dentro de sus prioridades, y no le prestan mayor importancia.

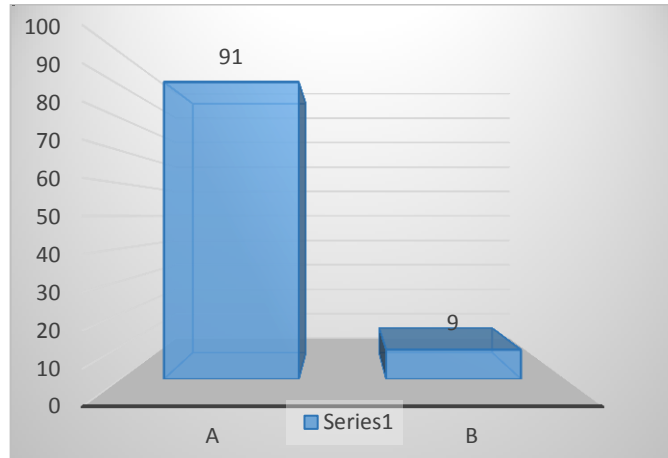
- ¿Consideraría útil contar con una herramienta en su residencia que le permita obtener un registro de su estado de salud?

Tabla 11 Resultado de Encuesta Pregunta N° 7

Respuesta	Porcentaje
Si.	91%
No.	9%
TOTAL	100%

Fuente: **Elaborado por el investigador**

Figura 52 Resultados Encuestas Pregunta N° 7.



Fuente: **Elaborado por el investigador**

Análisis: El 91 % de los encuestados consideran que es muy útil tener una tecnología a su alcance y disponible en su residencia para tener diferentes registros ya sea por su actividad cardiaca, actividad muscular o su temperatura corporal. Ya que reflejan el interés de tener un control en estos diferentes registros de su salud y creen que es una forma para fortalecer un habito en el cuidado de su salud.

El 9% de los encuestados dieron su respuesta negativa, no porque piensen que inútil, ellos basaron su respuesta en tener que aprender a manejar una tecnología que no conocen este factor se ve reflejado en personas mayores de 50 años.

Análisis final de la encuesta

De acuerdo a la encuesta realizada para identificar la viabilidad del proyecto se concluyó que el 90% de la población encuestada está de acuerdo en obtener un dispositivo con las características que se ofrece por cuanto hay un alto grado de aceptación y lograr ser un producto comercial.

7. CONCLUSIONES

- Se diseñó una interfaz funcional de la aplicación, logrando que esta sea sencilla y practica para la manipulación del usuario como parte integral del desarrollo de este proyecto.
- Se realizó el diseño de la parte del algoritmo que permitió transmitir y recibir la información por lo cual se pudo comprobar que cada etapa descrita funciona correctamente.
- La Telemedicina es una herramienta que puede adoptar e incentivar medidas de cuidado en el hogar, generando la posibilidad de tener un registro y trazabilidad del estado de salud de una persona.
- Al Analizar funcionalidad del prototipo desarrollado se obtuvo el funcionamiento de acuerdo a los códigos y la integración de los diferentes circuitos para el registro y posterior visualización de los datos obtenidos de los biopotenciales a estudiar.
- La aplicación de la telemedicina en instituciones hospitalarias, ayudará a la consolidación de un mejor servicio, dentro de los parámetros de eficiencia, efectividad y costo-beneficio, logrando generar satisfacción tanto del personal médico como de los pacientes.

RECOMENDACIONES

- Realizar una interfaz de usuario que permita tener mayores opciones al usuario como poder interactuar con la aplicación o aplicar alguna función y no solo visualizarla.
- Implementar el lenguaje UML para mayor control, permisos y restricciones entre usuarios, administradores y soporte técnico; con el fin de brindar mayor privacidad y confidencialidad de los involucrados con la plataforma.
- Para beneficio de los usuarios se recomienda hacer un proyecto enfocado a la colaboración mutua con un centro de salud o profesionales especializados en áreas directamente relacionadas a los biopotenciales estudiados en este documento a nivel de prevención, diagnóstico y tratamiento.
- Cambiar la tarjeta Psc04 por otra más comercial teniendo en cuenta las especificaciones técnicas ofrecidas por el fabricante en pro al mejoramiento de la adquisición, transmisión y análisis de datos en mención.
- Investigar sobre distintos procesamientos que se puedan hacer a estas señales Fisiológicas, para poder seleccionar de una forma más adecuada el hardware y software a utilizar para mitigar tiempos y costos.
- Si se realiza una siguiente etapa de implementación es importante obtener diferentes simuladores para poder verificar un adecuado funcionamiento, donde las señales a analizar sean transmitidas simultáneamente como una mejoría para el dispositivo electrónico.
- Es importante minimizar datos no deseados que afecten el análisis y vulnerabilidad a la que está expuesto el dispositivo electrónico como interferencias en los circuitos.

REFERENCIAS

- [1] Gómez, L. A. (2011). *Las enfermedades cardiovasculares: un problema de salud pública y un reto global*. *Biomedica*, 31 (4), 469-473. [Online] http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S01204101&lng=pt&nrm=is&tlng=es
- [2]. VERGELES-BLANCA, José María. *La telemedicina. Desarrollo, ventajas y dudas. Tema monográfico, Búsqueda bibliográfica. Internet y las nuevas tecnologías*, 2011.
- [3]. *Historia:01/09/2016 Clinic-Cloud* <https://clinic-cloud.com/blog/historia-de-la-telemedicina/>
- [4]. *EN SALUD, Serie Tecnologías. Volumen 3: Telemedicina. Secretaría de Salud. Subsecretaría de Innovación y Calidad Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud. México, Distrito Federal: CENETEC, 2007.*
- [5] ANGULO KAROL, *Tipos de Telemedicina 2015*.
<http://telemedicinakarolangulo.weebly.com/tipos-de-telemedicina.html>
- [6]. AVELLA MARTÍNEZ, Laura Yaneth, et al. *Tecnologías de la información y la comunicación (TICS) en el sector salud. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Colombia*. <http://www.bdigital.unal.edu.co/11172/1/laurayanethav.2013.pdf>
- [7]. MONTOYA-CARDONA, Juan Camilo, et al. *Sistema de adquisición de biopotenciales para entornos académicos. 2014. Tesis Doctoral. Escuela de Ingeniería de Antioquia*.
- [8]. MARCO ALEJANDRO, *Electrodos Biopotenciales. Departamento Electrónica. Escuela Politecnica del Ejercito (ESPE) Ecuador, 2007.*
- [9]. SEBASTIÁN GÓMEZ, *Anatomía y Fisiología Humana I. Anatomía del músculo cardíaco (s.f.)*, 2011.

[10]. *Teoría del electrocardiograma. Señales ECG e información clínica.* Disponible: http://www.electrocardiografia.es/ondas_ecg.html

[11]. *J. Antonio Hernández, Frecuencia cardiaca. Actividad física.* Disponible: <http://www.mundoatletismo.com/Site/atletismopopular/01d7c4b0dec402.html>.

[12]. *Cabrera Elizabeth; Montes Estefanía. Obtención y análisis de señales electromiográficas de las articulaciones tibio femoral y femororotuliana (2012).* Tesis universidad politécnica salesiana sede cuenca.

[13]. *Salas Fernando, Becerra Alejandro. Análisis de señales mioeléctricas orientadas a la robótica (2007).* Universidad de la Salle facultad de ingeniería de diseño y automatización electrónica Bogotá.

[14]. *LÚZAR, JI Ibarra; ZORRILLA, E. Pérez; GARCÍA, C. Fernández. Electromiografía clínica. Rehabilitación, 2005, vol. 39, no 6, p. 265-276.*

[15]. *Karen Baker, M. C. (22 de Mayo de 2015). UW Health. Recuperado el 06-11-2015.* Disponible: <http://www.uwhealth.org/spanishhealth/topic/medicaltest/temperatura-corporal/hw198785.html#hw198836>.

[16]. *Hernandez Roberto, Carlos Fernandez, Pilar Baptista. Metodología de la investigación, Quinta edición – parte 4- Cap 17 métodos mixtos pag: 544- 593.*

[17]. *UBIQUO* <http://www.ubiquotelemedicina.com.co/PlataformaTelemedicina>

[18]. *Xrol-* <http://www.x-rol.com/telerradiologia.html>

- [19]. <http://notifronteras.com/ultimas-noticias/por-fin-telemedicina-en-zona-rural-de-putumayo-municipio-de-puerto-asis-pionero-de-este-valioso-servicio-de-salud-especializado-para-sus-campesinos/>
- [20]. Murillo, Alejandro Gutiérrez; Colmenares, Nelson Henríquez; Cerón, William Rodríguez. *Sistema Prototipo De Tele monitoreo Para Pacientes, Usando Tecnologías Inalámbricas Semimóviles De Comunicación Trabajo De Grado No: TG 0427.*
- [21]. *Tele salud y Telemedicina, Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud FUCS, Disponible: <http://www.fucsalud.edu.co/index.php/presentacion>.*
- [22]. *Fundación Cardiovascular de Colombia, (2015). Portal FCV. Telemedicina, certificada con el Sello Interamericano de Mejores Prácticas Obtenido de <http://www.fcv.org/site/component/content/article?id=380:telemedicina-beneficia-a-pacientes-pediatricos-con-enfermedades-del-corazon>.*
- [23]. *Centro de Tele salud., Fundación Santafé de Bogotá, Disponible :<http://www.fsfb.org.co/node/217>.*
- [24]. *El Centro de Telemedicina de la Universidad Nacional, a través del grupo de investigación Bioingenium, se ha convertido en un Centro de desarrollo tecnológico (I+D), con resultados concretos y medibles., Universidad Nacional de Colombia. , Disponible:<http://www.telemedicina.unal.edu.co/>*
- [25]. <http://www.esehospitalsanrafaeldevenecia.gov.co/>
- [26]. ABARCA ÁLVAREZ, Antonio; ABRIL DURO, Jesús Manuel. *.Medidor del pulso periférico y el ritmo cardíaco. 2002.*
- [27] Marcos Bolaños, H. N. (2004). *A PDA-based Electrocardiogram/Blood Pressure Telemonitor for Telemedicine. RECIBO No. 0615, (págs. 2169-2172). RECIBO No. 0615.*

- [28] Bava, José Alberto. (2004), *Telemedicina Sobre Móvil IP*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de La Plata. Buenos Aires, Argentina.
- [29] *DISEÑO DE UNA RED INALÁMBRICA PARA APLICACIONES DE TELEMEDICINA* Lugar: Venezuela García, R. A. (2010.). *Diseño De Una Red Inalámbrica Para*. *Universidad, Ciencia Y Tecnología*, 14 (55), 109-118
- [30]. Córdova R. F., (2013). *Desarrollo de un Sistema para la Evaluacion de la Actividad Muscular Mediante Electrodo De Superficie*. (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú.
- [31]. Martin GERDES, Berglind SMARADOTTIR, F. R. (2015). *Telemedicine and Cooperative Remote- Healthcare Services: COPD Field Trial*. *Digital Healthcare Empowering Europeans*, 455,457.
- [32]. Córdova R. F., (2013). *Desarrollo de un Sistema para la Evaluacion de la Actividad Muscular Mediante Electrodo De Superficie*. (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú.
- [33]. ARRAMENDI, JY Saavedra; CRISPI, A. Taboada; RUIZ, A. Falcón. *Sistema de adquisicion de señal ecg con PSoC*.

ANEXOS

Anexo 1 Formato encuestas.

UNIVERSIDAD ECCI
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA BIOMÉDICA

La presente encuesta tiene como objetivo identificar y conocer el interés de las personas en el uso de las Tics a nivel residencial las cuales permitan llevar un control de su estado de salud. Como parte del proyecto de tesis de grado "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO ELECTRÓNICO PARA TRANSMISIÓN INALÁMBRICA DE BIOPOTENCIALES PARA USO RESIDENCIAL".

Nombre: _____

Fecha: _____ Edad: _____ Genero: F () M ()

PREGUNTAS:

1. ¿Cuántas veces al año se realiza un chequeo médico?
 - A. Ninguna.
 - B. 1 vez.
 - C. 2 veces.
 - D. Más de tres veces.
 - E. Solo cuando lo necesita.
2. ¿Cuánto tiempo le toma llegar al centro de atención médica más cercano a su domicilio?
 - A. Menos de 5 minutos.
 - B. Entre 5 y 10 minutos.
 - C. Entre 10 y 20 minutos.
 - D. Entre 20 y 30 minutos.
 - E. Más de 30 minutos.
3. ¿Ha visitado un cardiólogo?
 - A. Si.
 - B. No.
4. Considera usted que es importante tener un registro de su frecuencia cardiaca.
 - A. 1
 - B. 2
 - C. 3
 - D. 4
 - E. 5
5. Considera usted que es importante tener un registro de su temperatura corporal.
 - A. 1
 - B. 2
 - C. 3
 - D. 4
 - E. 5
6. Considera usted que es importante tener un registro de su actividad muscular.
 - A. 1
 - B. 2
 - C. 3
 - D. 4
 - E. 5
7. ¿Consideraría útil contar con una herramienta en su residencia que le permita obtener un registro de su estado de salud?
 - A. Si.
 - B. No.

Para las preguntas de 4 a 6, Califique de 1 a 5 siendo 5 la calificación de mayor importancia y 1 la de menos relevancia.

Fuente: Elaborado por el investigador.

HEALTHY & HOMECARE



FECHA: 12/SEPTIEMBRE/2017

REPORTE No. 001

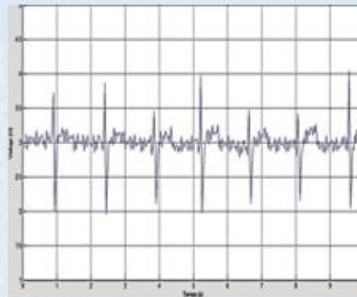
NOMBRE: DANIEL SANTIAGO MARTINEZ ROZO

IDENTIFICACIÓN: C.C. C.E. No. 1.108.453.002 de Bogotá D.C.

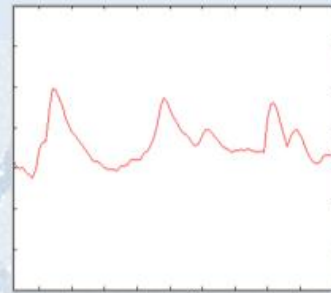
EDAD: 26 años

FECHA REGISTRO: 10-09-2017

1. Resultados:



GRAF. SEÑAL EMG



GRAF. SEÑAL ECG

Temperatura Corporal: 37 °C

Frecuencia Cardiaca: 70 lpm

Si requiere información específica, seleccionarla en el respectivo modulo a consultar.

2. Alertas:



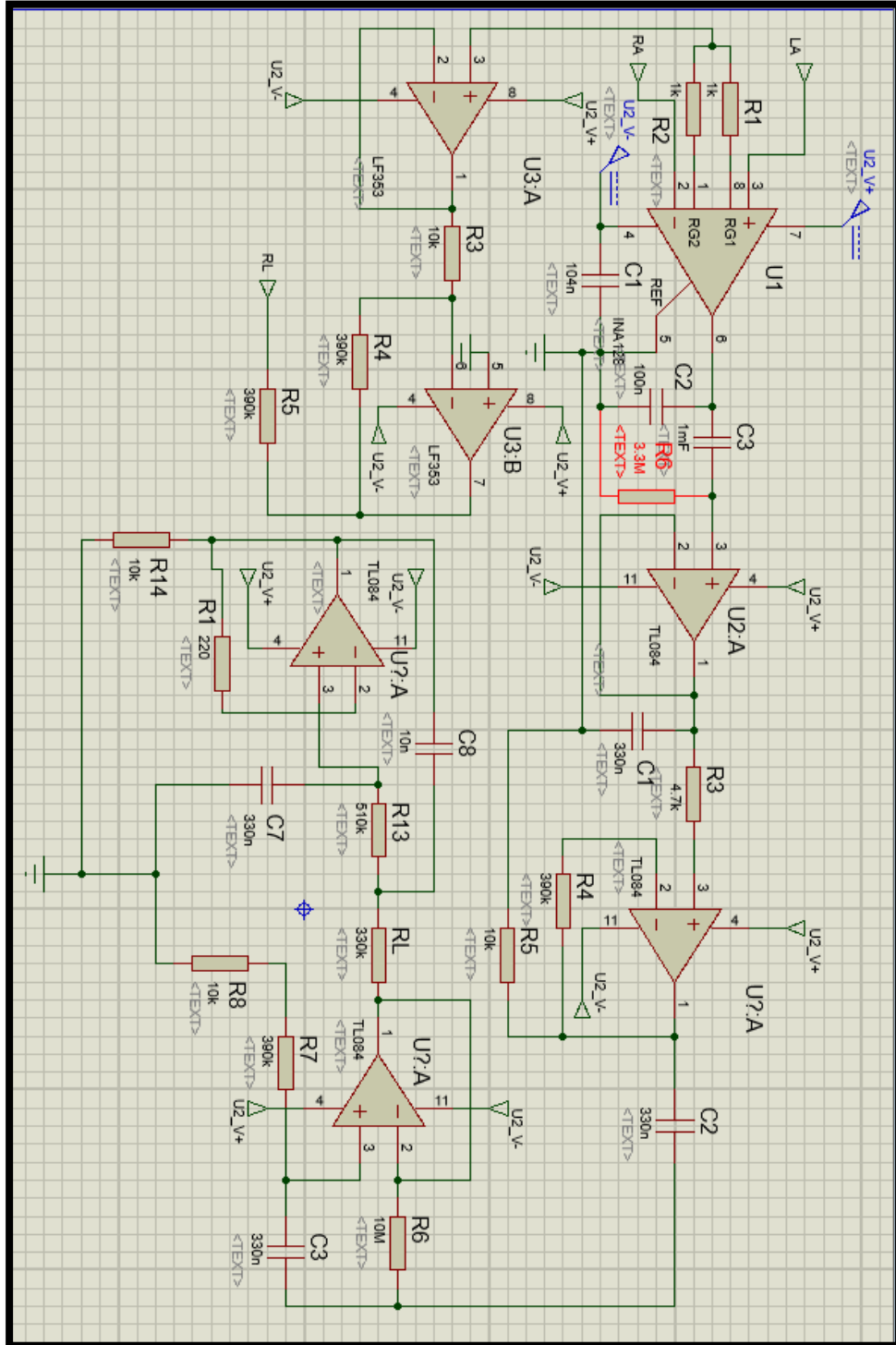
3. Observaciones:

SE ENCUENTRA DENTRO DE LOS PARÁMETROS ESTABLECIDOS

Para un mejor diagnostico consulte con un medico

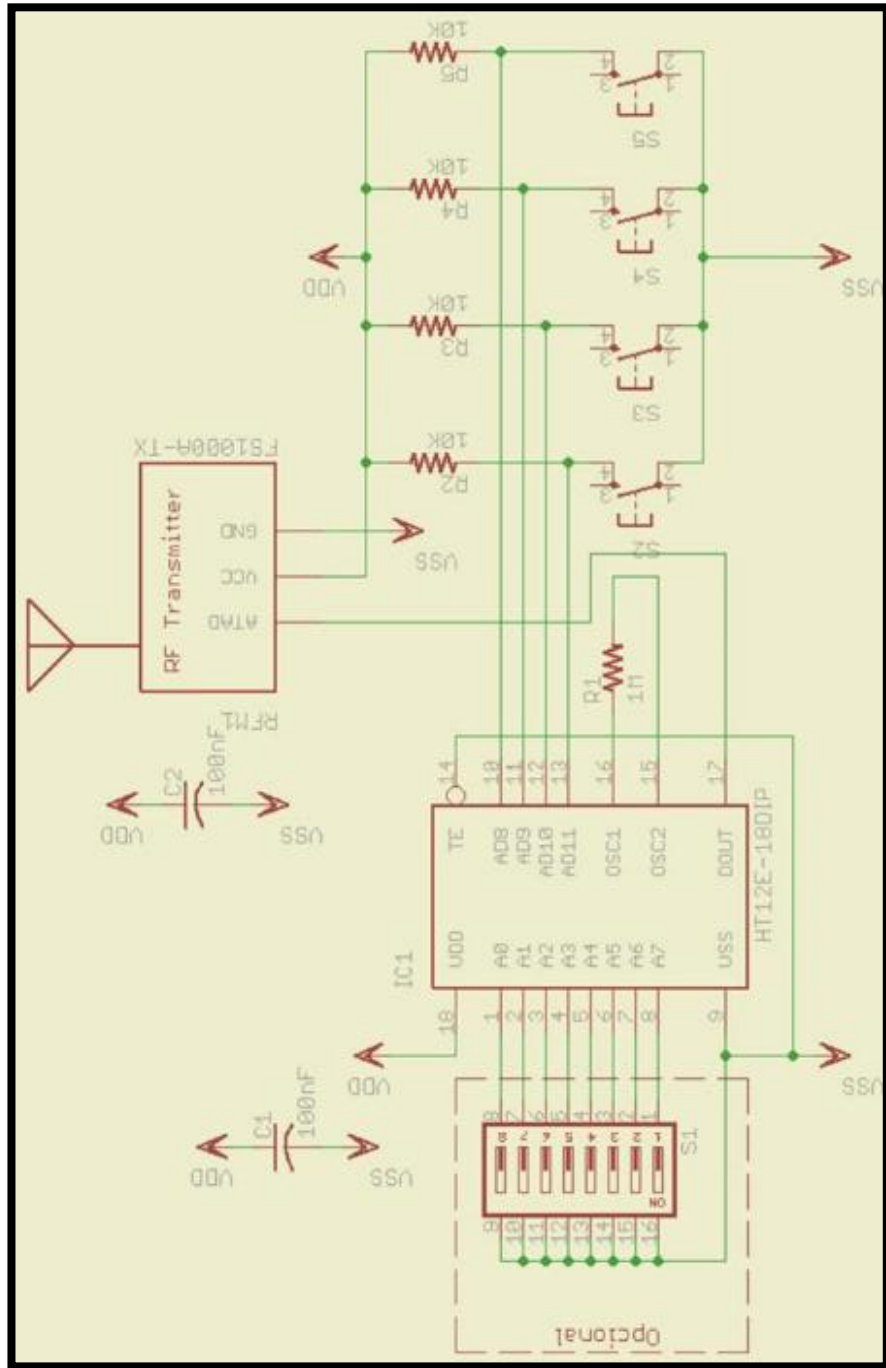


Anexo 3 Circuito ECG



Fuente: Elaborado por el investigador.

ANEXO 6 Circuito RF Transmisor.



Fuente: Elaborado por el investigador.

