



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA DE INGENIERIA EN TELEINFORMÁTICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN TELEINFORMÁTICA**

**ÁREA
TECNOLOGÍA DE ORDENADORES**

**TEMA
“PROTOTIPO DE UN ELECTROCARDIOGRAFO
VISUALIZANDO LA SEÑAL CARDIACA EN UN
DISPOSITIVO MÓVIL”**

**AUTOR
CAZA TIPANTASIG MARCELO JAVIER**

**DIRECTORA DEL TRABAJO
ING. COMP. CASTILLO LEÓN ROSA ELIZABETH, MG**

GUAYAQUIL, SEPTIEMBRE 2018

Agradecimiento

A Dios por sus bendiciones, por darme la perseverancia para llegar hasta esta meta y alcanzar lo esperado, a mis padres por siempre darme un apoyo incondicional para seguir adelante. a mis amigos por su amistad sincera, desinteresada y por el apoyo que siempre me han brindado, un agradecimiento muy especial a mi amigo el Ing. Carlos Quinde por su amistad y su ayuda en este trabajo de titulación mi más sincero agradecimiento.

Dedicatoria

A mis padres, Sr. Wilmer Caza y Sra. Jacqueline Tipantasig por su confianza a pesar de las dificultades siempre velaron por mi bienestar por sus buenos consejos que me han impartido en todo este tiempo.

A mis hermanas, porque son pieza fundamental dentro de mi vida que me han demostrado que nada es imposible si te lo propones.

A mi novia Kimberly Cagua por sus palabras de aliento por todo el cariño y la comprensión que siempre me ha dado.

Declaración de Autoría

La responsabilidad del contenido de este Trabajo de Titulación me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil”

Índice General

N°	Descripción	Pg.
	Introducción	1

Capítulo I El Problema

N°	Descripción	Pág.
1.1	Planteamiento del Problema	2
1.2	Formulación del Problema	2
1.3	Justificación e Importancia	3
1.4	Objetivos	4
1.4.1	Objetivo general	4
1.4.2	Objetivos Específicos	4
1.5	Delimitación	4
1.6	Operacionalización	4
1.6.1	Operacionalización de las Variables	4
1.7	Sistematización del Problema	5

Capítulo II Antecedentes

N°	Descripción	Pág.
2.1	Antecedentes de la Investigación	6
2.2	Marco Teórico	7
2.2.1	Fisiología del Corazón	7
2.2.2	Potenciales de Acción	8
2.2.3	Estructura del Corazón	9
2.2.4	Ciclo Cardíaco	10
2.2.5	Tipos de ondas Cardíacas	11
2.2.5.1	Onda P	12
2.2.5.2	Onda Q.	12
2.2.5.3	Complejo QRS.	12

N°	Descripción	Pág.
2.2.5.4	Onda T	12
2.2.5.5	Onda U	12
2.2.6	Corriente eléctrica en el cuerpo humano	13
2.2.7	Derivaciones del ekg.	14
2.2.8	Señal de un electrocardiograma	16
2.2.9	Enfermedades cardíacas	17
2.2.10	Enfermedades del corazón en el Ecuador	18
2.2.11	PIC16F887	18
2.2.12	Modulo bluetooth	19
2.2.13	Sensor AD8232	19
2.2.14	APP Inventor	19
2.3	Fundamentación legal	19
2.4	Marco Contextual	21
2.5	Marco Conceptual	21

Capítulo III

Metodología

N°	Descripción	Pág.
3.1	Introducción	22
3.2	Métodos de investigación	22
3.3	Tipo de metodología	23
3.4	Población y Muestra	23
3.4.1	Población	23
3.4.2	Muestra	23
3.5	Cálculo de la muestra	24
3.6	Técnicas de investigación	25
3.6.1	La entrevista	25
3.6.2	La encuesta	26
3.7	Procedimiento de la Investigación	26
3.8	Recolección de información	27
3.9	Procedimiento y Análisis	27
3.10	Encuestas	27

Capítulo IV

Desarrollo

N°	Descripción	Pág.
4.1	Placa del sensor AD8232	42
4.1.1	Alimentación	43
4.1.2	Amplificador de instrumentación y filtro pasa-bajo.	44
4.1.3	Masa virtual	46
4.1.4	Digitalización de la señal	46
4.2	Transmisión vía bluetooth	47
4.3	Desarrollo de la aplicación móvil	47
4.4	Configuración y conexión bluetooth	50
4.4	Montaje del prototipo	52
4.5	Recomendaciones	54
4.6	Conclusiones	54
	 ANEXO	 67
	BIBLIOGRAFÍA	69

Índice de Tablas

N°	Descripción	Pág.
1	Causas de muerte en el ecuador	3
2	Operacionalización de las variables	5
3	Personas con alguna enfermedad del corazón.	27
4	Personas con algún motivo de no asistir a su cita médica	28
5	Tiempo de espera para el examen	29
6	Tiempo de espera para la siguiente consulta médica	30
7	Teléfono móvil con bluetooth	30
8	Uso de teléfono móvil	31
9	Peso y tamaño del prototipo	32
10	Funcionamiento del prototipo	32
11	Costo del prototipo	33
12	Recomendación del prototipo	34
13	Importancia del prototipo	34
14	Prescripción de un electrocardiograma	35
15	Uso de dispositivo móvil	36
16	Implementar equipos de bajo costo	36
17	Señal obtenida por el prototipo	37
18	Importancia del prototipo	38
19	Peso y tamaño del prototipo	38
20	Costo del prototipo	39
21	Compra del prototipo	40
22	Uso del prototipo	41
23	Precios de componentes	53

Índice de Figuras

N°	Descripción	Pág.
1	Potenciales de acción	9
2	Estructura del corazón	10
3	Ciclo cardiaco	11
4	Onda típica de un ecg y sus ondas	13
5	Efectos de la corriente macroshock	14
6	Derivaciones bipolares	15
7	Derivaciones monopolares	15
8	Derivaciones precordiales	16
9	Interpretación de la frecuencia cardiaca	17
10	Diagrama pic16f887	18
11	Placa sensor ad8232	19
12	Sistema del electrocardiógrafo	21
13	Diagrama de población y muestra	24
14	Diagrama de población y muestra medicos	25
15	Personas con alguna enfermedad del corazón	28
16	Personas con algún motivo de no asistir a su cita médica	28
17	Tiempo de espera para el examen	29
18	Tiempo de espera para la siguiente consulta	30
19	Teléfono móvil con bluetooth	31
20	Uso de teléfono móvil	31
21	Peso y tamaño del prototipo	32
22	Funcionamiento del prototipo	33
23	Costo del prototipo	33
24	Recomendación del prototipo	34
25	Importancia del prototipo	35
26	Prescripción de un electrocardiograma	35
27	Uso de dispositivo móvil	36
28	Implementar equipos de bajo costo	37
29	Señal obtenida por el prototipo	37
30	Importancia del prototipo	38

N°	Descripción	Pág.
31	Peso y tamaño del prototipo	39
32	Costo del prototipo	39
33	Compra del prototipo	40
34	Uso del prototipo	41
35	Placa de adquisición de señal	42
36	Diagrama funcional en bloques ad8232l	43
37	Regulador de tensión lm317	43
38	Amplificador de instrumentación	45
39	Buffer de referencia	46
40	Página del desarrollador	48
41	Código qr para instalación en teléfono móvil	49
42	Apertura de un nuevo proyecto y conexión con el dispositivo móvil	49
43	Código qr para emparejar dispositivo móvil	49
44	Configuración y conexión del módulo bluetooth	50
45	Verificación y conexión del módulo bluetooth	50
46	Nombre y conexión del módulo bluetooth	51
47	Programación del módulo bluetooth	51
48	Encendido del módulo bluetooth	51
49	Placa ad8232 con modulo bluetooth encendido	51
50	Prototipo terminado	52
51	Programación del sensor ad8232	52
52	Señal obtenida por el prototipo y visualizada mediante el teléfono móvil	53
53	Prototipo finalizado. información adaptada de prototipo	54

Índice de Anexos

Nº	Descripción	Pág.
1	Manual de usuario del proyecto	50
2	Diagrama de adquisición	50
3	Circuito de aplicación	51
4	Circuito de alimentación sensor ad8232	51
No table of figures entries found.5		Diagrama esquemático
52		
6	Código de configuración de bluetooth	53



**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**

UNIDAD DE TITULACIÓN

**PROTOTIPO DE UN ELECTROCARDIOGRAFO VISUALIZANDO LA
SEÑAL CARDIACA EN UN DISPOSITIVO MÓVIL**

Autor: Marcelo Javier Caza Tipantasig

Tutor: Ing. Rosa Elizabeth Castillo León, MG

RESUMEN

En este proyecto de titulación se buscó desarrollar una alternativa a un método tradicional al monitoreo ambulatorio de la señal de electrocardiograma, este prototipo compensará algunas de las desventajas que tiene un equipo actual como por ejemplo el costo del examen para las personas con alguna patología del corazón, generando de una manera más eficiente el trato inmediato y la comodidad tanto para el paciente como para el médico. Se construyó un prototipo de sensor de EKG ambulatorio utilizando componentes de bajo costo como un sensor de adquisición para la señal AD8232 de Sparkfun, un microcontrolador PIC16F887 el cual se encarga de la conversión de la señal y un módulo bluetooth para enviar los datos obtenidos al teléfono móvil. Se desarrolló una aplicación para teléfonos con sistema operativo Android con una interfaz sencilla y de fácil uso, el cual recibe la señal enviada por el bluetooth del prototipo en tiempo real, la gráfica brinda información relativa de los latidos y la frecuencia cardiaca para el control y diagnóstico de las patologías relacionadas con el corazón. Este proyecto relaciona a la medicina con las telecomunicaciones, y así pone en evidencia cuán importante son las telecomunicaciones en la vida diaria del ser humano especialmente en el campo de la salud.

Palabras Claves: Telecomunicaciones, Enfermedades, Señal Cardiaca, EKG, Visualización, Prototipo.



**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**

UNIDAD DE TITULACIÓN

**PROTOTYPE OF A EKG VISUALIZING THE HEART SIGNAL
IN A MOBILE DEVICE**

Author: Marcelo Javier Caza Tipantasig

Advisor: CE Rosa Elizabeth Castillo León, MSIG

ABSTRACT

In this titling project, it was sought to develop an alternative to a traditional method of ambulatory monitoring of the electrocardiogram signal, this prototype will compensate some of the disadvantages of current equipment such as the cost of the exam for people with heart disease generating, in a more efficient way, immediate treatment and comfort for both the patient as well as the doctor. An ambulatory prototype of EKG sensor was built using low cost components such as an acquisition sensor for the AD8232 signal from Sparkfun, a PIC16F887 microcontroller which is responsible for the signal conversion and a bluetooth module to send the obtained data to the mobile phone. An application for phones with Android operating system was developed with a simple and easy to use interface, which receives the signal sent by the bluetooth of the prototype in real time, the graph provides relative information of the heartbeat and the heart rate for the control and diagnosis of pathologies related to the heart. This project relates medicine to telecommunications, and thus demonstrates how important telecommunications are in the daily life of the human being, especially in the field of health.

Key Words: Telecommunications, Diseases, Cardiac Signal, EKG Visualization, Prototype.

Introducción

El uso de las telecomunicaciones en el área de la medicina busca ofrecer servicios de fácil acceso a las personas, disminuyendo costos y reduciendo distancias entre los pacientes y los médicos. Cada día más personas solicitan atención a los centros de salud y debido a los altos costos de atención y tratamiento limitan este acceso.

Las distancias muchas veces son un impedimento para gozar de una atención médica, ya sea porque los centros de salud están ubicados en zonas lejanas y por lo general existe la dificultad que puede comprometer el desplazamiento de un paciente.

Se detalla el diseño y la construcción de un electrocardiógrafo de bajo coste, que monitorea el ritmo cardíaco, se adquieren las señales eléctricas del corazón mediante electrodos, para posterior ser presentadas en un dispositivo móvil. Se propone así, diseñar el prototipo capaz de realizar las 3 derivaciones de las extremidades.

Por lo tanto se mostrara las aplicaciones y las soluciones que pueda brindar las plataformas de desarrollo para uso en la medicina, así también como los recursos tecnológicos que los Smartphone puedan brindar por medio del software libre.

Capítulo I

El Problema

1.1 Planteamiento del problema

Actualmente las enfermedades cardiovasculares están consideradas como la principal causa de muerte en el Ecuador según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Existen métodos por los cuales un médico puede efectuar un electrocardiograma (ECG) a un determinado paciente, mediante este examen se puede detectar y prevenir anomalías que comprometan en el funcionamiento del corazón.

El sistema actual es limitado al atender una cierta cantidad de pacientes en un mismo centro de salud, donde es muy difícil brindar un servicio de calidad por falta de personal perfectamente capacitado y de equipos médicos, inclusive en ocasiones no se cuenta con las herramientas necesarias debido a su elevado coste y es aún más complicado llevar una información constante de este monitoreo para poder diagnosticar un posible problema cardíaco de un paciente.

El riesgo de padecer alguna enfermedad del corazón en las personas oscila en la edad de 40-69 años, la mayoría de estas personas no pueden o no tienen la facilidad de acudir a un dispensario médico, y son cuidados por algún miembro familiar que les ayudan en su tratamiento. Si una persona decide realizarse un electrocardiograma, puede tomárselo en ese mismo momento, pero la misma deberá esperar un tiempo determinado o a la siguiente consulta con el médico tratante. Se puede dar el caso que dicha persona no tenga alguna afectación cardíaca y que no necesite de atención médica de inmediato, en cambio si existiese, este sería un grave problema ya que se requiere del diagnóstico del especialista para tomar el debido tratamiento.

1.2 Formulación del problema

Una de los problemas que mayor continuidad se presenta a las personas y a centros de salud son las enfermedades relacionadas con alguna anomalía del corazón, gran parte de este problema se debe a la falta de equipos para el monitoreo constantes de los pacientes el cual no se abastece en su totalidad con sus necesidades debido a su alto costo.

Al plantear este problema se realizó la siguiente pregunta. ¿Se puede mejorar el monitoreo continuo y en tiempo real de pacientes con afectaciones cardíacas?

1.3 Justificación e importancia

De acuerdo a datos obtenidos por medio de la página del INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos), podemos notar que en el Ecuador en el año 2016 el total de muertes por enfermedades al corazón (enfermedades isquémicas), es de 6.513, esto representa el 19.19% del total de muertes en el país durante 1 año, dando así que la principal causa de muerte en el país son las afecciones con implicación cardíaca.

Tabla 1. *Causas de muerte en el Ecuador*

	Causas de Muerte	Número	%	Tasa
1	Enfermedades isquémicas del corazón	6.513	9.65%	39.40
2	Diabetes Mellitus	4.906	7.27%	29.68
3	Enfermedades cerebrovasculares	4.290	6.35%	25.95
4	Enfermedades hipertensivas	3.487	5.17%	21.10
5	Influenza y neumonía	3.435	5.09%	20.78

Información tomada del Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC), Elaborado por el autor.

Existe poco o nulo conocimiento de las personas y del personal de salud de los beneficios que ofrece el uso de las telecomunicaciones en la medicina. La sociedad está acostumbrada a emplear métodos tradicionales en lo que se refiere a atención médica, siempre hay un temor a nuevas tecnologías, la poca preparación del personal de salud ante estas nuevas tecnologías ayuda a una desinformación en el sector de salud. En consecuencia, a esto, las personas siguen apostando por el sistema tradicional, y por lo tanto no hay algún avance en implementar nuevas tecnologías basadas en telecomunicaciones tanto en hogares como en centros de salud.

Es por esta razón que el presente proyecto tiene como finalidad crear el prototipo de un electrocardiógrafo que emita la señal en un dispositivo móvil para disminuir el tiempo de espera ante la evaluación de un especialista, de esta manera se beneficiarán las personas que tengan o no alguna enfermedad del corazón y que no cuenten con los recursos necesarios para seguir un tratamiento o trasladarse de su domicilio a algún dispensario médico, llevando un control cardíaco diario ayudara a no perder datos que probablemente no sean obtenidos en visitas espontáneas al médico. Esta información podrá ser de gran ayuda para prevenir enfermedades a un futuro paciente.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General.

Diseñar e implementar un prototipo de un sistema de transmisión para señales ECG, que pueda ser aplicado en dispensarios de salud, con el propósito de mejorar el monitoreo de las personas.

1.4.2 Objetivos Específicos.

1. Emplear componentes de bajo costo y de energía para obtener un monitoreo económico y eficiente.
2. Visualizar la señal cardiaca en forma digital en un dispositivo con sistema operativo Android sin la necesidad de contar con equipos tradicionales.
3. Elaborar un prototipo que sea reducido y funcional.

1.5 Delimitación

El Alcance de este proyecto enmarcara el análisis y el diseño de un electrocardiógrafo de bajo costo con el fin de mejorar el servicio existente.

Para la obtención y visualización de la señal ECG, se basará específicamente en herramientas open-source.

Para la prueba del prototipo se hará en algunos centros de salud dentro del sur de la ciudad de Guayaquil que tengan la tecnología necesaria para poder funcionar el prototipo.

1.6 Operacionalización

1.6.1 Operacionalización de las variables.

En este proyecto se separa las variables que constituyen el tema de investigación, dando lugar a la variable independiente la cual seria “Diseño de un prototipo” y su variable dependiente “Aplicada en hogares y centros de salud”, depende de la implementación para resultados precisos. En la siguiente tabla se detalla la Operacionalización de las variables.

Tabla 2. *Operacionalización de las variables*

		Definición	Dimensión	Indicadores
Diseño de Prototipo		Modelo que nos permite confirmar las características planteadas	Redes Inalámbricas de área personal	Tiempo de transmisión de información Visualización de la información en tiempo real
Aplicada en Hogares y Centros de Salud	en Personas y Medicos		Hardware y Software	Seguridad de la información brindada Adaptabilidad de las personas al prototipo

Información tomada del Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC), Elaborado por el autor.

1.7 Sistematización del Problema

¿Cuánto reducirá el tiempo de espera del paciente con este sistema?

¿Es importante el uso de la tecnología en un área como la medicina?

¿Las personas se adaptarán a este sistema en sus hogares.

Capítulo II

Antecedentes

2.1 Antecedentes de la investigación

El corazón es el principal órgano del sistema circulatorio y las enfermedades del corazón están entre la principal causa de muerte según la Organización Mundial de la Salud (OMS). Existen varias circunstancias que afectan el funcionamiento del corazón, tales como obesidad, tabaquismo, colesterol, diabetes, estrés entre otros.

Estos motivos son los síntomas previos más frecuentes que conllevan a alguna afectación cardíaca, para ello el paciente se tiene que realizar un electrocardiograma, se lo define como el examen que verifica gráficamente la actividad eléctrica del corazón. (MORI, 2009)

Debido a este examen el especialista puede brindar su diagnóstico si el corazón del paciente está funcionando correctamente o necesitaría someterse a un tratamiento dado por el mismo, en esto influye la importancia de tener un electrocardiógrafo en todo centro médico.

Las señales que se pueden observar mediante el examen tratan directamente en la actividad eléctrica del corazón, tratándose de una reacción de un ser humano con vida y que muestra funciones elementales del organismo como frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, frecuencia arterial, son los signos vitales que pueden ser medidos con una gran facilidad sin necesidad de invadir el organismo ya que estos son con lo que más frecuencia se monitoriza.

La asistencia a distancia es un sector amplio con un alto crecimiento muy importante con aplicaciones de telemedicina, que están principalmente enfocadas a dar un fácil acceso a las personas de la tercera edad y pacientes crónicos, así como brindar ayuda a hospitalización domiciliaria, evitando costos elevados y desplazamiento. El servicio de internet ha admitido la proliferación de iniciativa pública y privada, una mejora en servicios de telecomunicaciones (radio, celular, cable).

La mayor parte de los centros de salud se caracterizan por ser gratuitos en cuanto se refiere a atención médica, en la mayor parte de los hospitales donde se pueden realizar electrocardiogramas son para personas que poseen algún tipo de seguro de salud, otros centros cobran un alto costo por dicho examen.

En los centros de salud que son gratuitos la mayor parte no cuentan con un cardiólogo o con los equipos necesarios para atender a determinados pacientes, la forma en que se manejan la consulta es reservando cita a los pacientes que necesiten ser atendidos por el doctor en una fecha determinada.

La medicina avanza a la par con la tecnología, se puede indicar que la primera se está volviendo dependiente de la segunda en muchos ámbitos. La telemedicina fluye del resultado de este avance tecnológico en el área de la medicina. Diversos autores determinan los siguientes conceptos:

“El término telemedicina hace referencia a medicina a distancia, por tanto; de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), es entendida como la práctica del cuidado de la salud a través de la interacción de comunicaciones de audio, video y datos.” (OMS, 2018).

“La telemedicina presta un servicio de relevancia y facilidad para el desarrollo de consultas, tratamientos, diagnósticos, y terapias a distancia, sin la necesidad de que el paciente tenga que viajar hasta el lugar de la consulta o especialista. (TELEMATICA, 2016)

Un estudio del INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos), muestra que en los hogares al menos el 90,1% cuenta con un teléfono móvil, 8.4% superando la cifra del año 2012. El contar con dispositivos móviles y aplicaciones orientadas a transmitir información, tales como la telemedicina en el país hace posible conocer en tiempo real la información de pacientes con problemas cardíacos.

Para la realización de este proyecto se ha revisado e investigado en sitios web y artículos relacionados con el uso de teléfonos móvil a nivel nacional durante los últimos años, también se investigó sobre los tipos de enfermedades cardíacas y sus características esto será importante para el presente proyecto.

2.2 Marco Teórico

En esta parte se darán a conocer los conceptos de una forma técnica y los componentes que se utilizarán en el prototipo, las cuales daremos uso en la investigación de esta tesis, los dispositivos que usaremos a mano con el funcionamiento de los mismos de manera básica, para poder verlos de manera más específica en el capítulo IV.

2.2.1 Fisiología del Corazón.

El corazón es el órgano más importante del cuerpo humano y está compuesto por dos bombas mecánicas que funcionan juntas. Bombeo oxígeno y sangre llena con nutrientes que son repartidos por todo el cuerpo humano especialmente a los pulmones.

El corazón está constituido por tres músculos cardíacos; músculo auricular, músculo ventricular y fibras musculares excitadoras y conductoras especializadas, que contienen descargas eléctricas y a su vez conforman un sistema que dirigen el latido cardíaco.

Se sabe que existen dos bombas principales, la del lado derecho del corazón es de menor tamaño por que bombea sangre únicamente hacia los pulmones, y la del lado izquierdo que es de mayor tamaño que el derecho bombea sangre por todo el cuerpo salvo a los pulmones. (BIBLIOTECA DE INVESTIGACIONES, 2018).

Estas dos están formadas por aurícula la cual es la bomba as débil y el ventrículo el cual aporta la fuerza principal para repartir la sangre por el cuerpo.

La aurícula derecha obtiene la sangre de las 2 venas superiores del cuerpo, la vena cava superior y la vena cava inferior. La vena cava superior traslada la sangre que recibe desde las venas de la cabeza y de la parte superior del cuerpo; la segunda vena la vena cava inferior realiza el mismo procedimiento con la sangre, pero con las venas de la parte inferior del cuerpo.

La aurícula derecha tiene una válvula llamada tricúspide la cual mantiene la sangre hasta que sea bombeada hasta el ventrículo derecho, la aurícula izquierda recibe el fluido de sangre de los pulmones y las venas pulmonares regresan la sangre al corazón que ya ha sido oxigena previamente a pasar por los pulmones y son depositadas en la aurícula izquierda

El ventrículo derecho deposita la sangre que no ha sido oxigenada proveniente de la aurícula derecha, su principal trabajo es llevar esta sangre a los pulmones para que pueda ser oxigenada. El ventrículo izquierdo obtiene la sangre que ha sido oxigenada por parte de los pulmones y bombeada por la aurícula izquierda. (Borge, 2011)

Debido a que la sangre sale de él, es la cavidad más potente desde aquí el fluido sanguíneo es llevado a través de la válvula aortica a la arteria aorta, que se encarga en distribuir la sangre por todo el sistema circulatorio. Con esto se puede notar que el corazón cuenta con 4 bombas que derivan sangre a las otras bombas para poder oxigenar la sangre.

2.2.2 Potenciales de Acción.

El potencial de acción cardiaco registrado en una fibra ventricular es de un promedio de 105 mv, esto nos da a entender que el potencial intracelular aumenta de un valor negativo de aproximadamente -85 mv, hasta un valor positivo de +20 mv, mientras dura un latido.

El potencial de acción cardiaco tiene un periodo opuesto más prolongado, que se define como el próximo tiempo a un latido durante el musculo no puede regresar a contraerse. El uno por ciento de las fibras cardiacas se denominan auto rítmicas, quiere decir que tienen la habilidad de despolarizarse naturalmente y manejar el ritmo del corazón. Este está constituido por 5 fases que son enumeradas del 0 al 4.

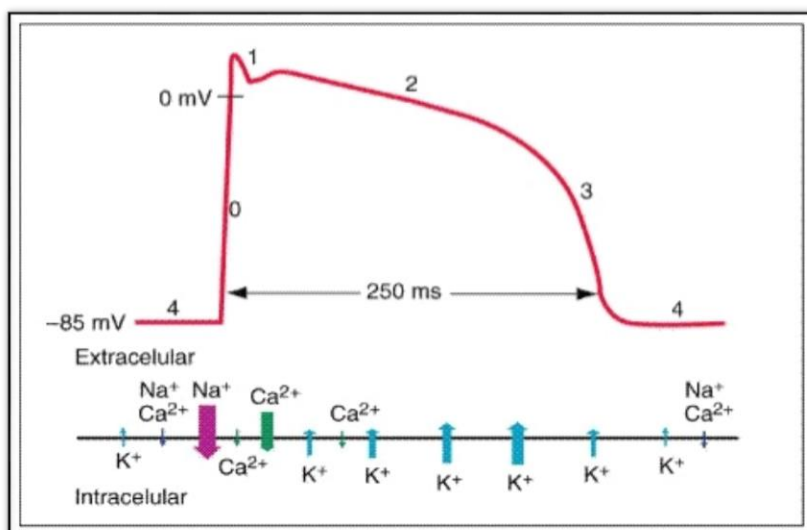


Figura 1. Potenciales de Acción. Información adaptada <http://www.medigraphic.com/pdfs/revmed/md-2009/md093d.pdf>

La fase 0 es la de despolarización, aquí las células auto rítmicas que se despolariza continuamente debido que tienen un descanso potencial inestable, estos potenciales de membrana llamadas potenciales de ritmo son las que activan los latidos del corazón, durante esta fase los canales de las membranas con iones de sodio se abren y a consecuencia a esto los iones de sodio positivo ayudan a despolarizar la célula.

La fase 1 comienza cuando los iones de sodio empiezan a desactivarse el flujo desacelera a la par que la célula pierde potasio e iones de clorídeo.

La fase 2 es la de meseta cuando se llega a acercar aproximadamente -40 mv, los canales que contienen iones de calcio de abren estos se dirigen hacia la célula y da paso a la siguiente etapa del potencial de acción.

En a la tercera fase comienza la repolarización rápida del potencial de acción aquí los canales de potasio de abren fluyen desde la célula y esta se repolariza.

En la última fase todas las células han vuelto al potencial de la membrana de descanso. Después de un tiempo nuevamente será estimulada para comenzar nuevamente desde la fase 0.

2.2.3 Estructura del Corazón.

El corazón se encuentra situado en la parte centro izquierda del pecho encima del diafragma y de los pulmones, su tamaño se puede comparar el puño cerrado de una persona, puede medir entre 12 a 13 cm de alto, con una anchura de 9.5 a 10.5 cm.

Su peso medio es de unos 320 gramos en los hombres y 280 gramos en las mujeres y puede contener aproximadamente de 0.6 a 1 litro de sangre.

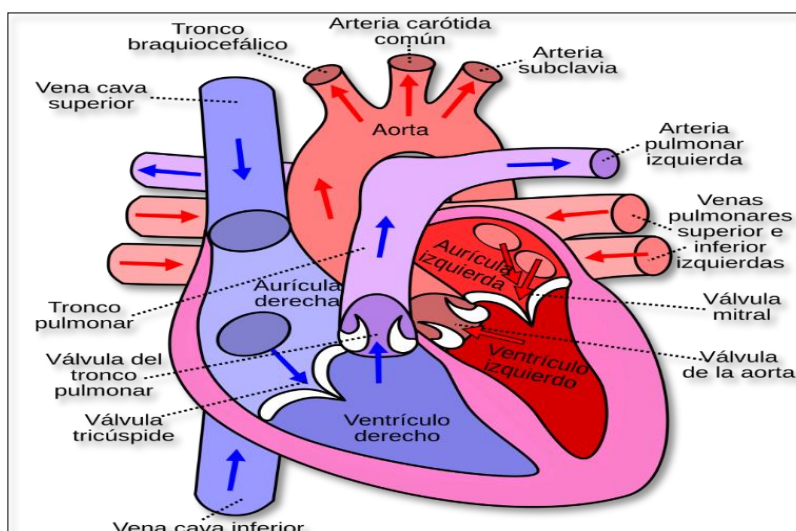


Figura 2. Estructura del corazón. Información adaptada <http://biologiabalmaceda.blogspot.com>, Elaborado por <http://biologiabalmaceda.blogspot.com>.

La anatomía del corazón está conformada por 4 cavidades, dos que son denominadas atrios que se encargan de recibir la sangre que regresa del corazón y dos denominadas ventrículos que se encargan de bombear la sangre para ser distribuida al organismo, por los vasos sanguíneos que a su vez están compuestos por arterias que su función es llevar la sangre del corazón por todo el cuerpo, y las venas que retornan la sangre nuevamente al corazón. (CASTAÑO, 2012).

Tiene 4 válvulas que se ocupan de que la sangre no regrese durante el flujo sanguíneo. El sistema eléctrico el cual está encargado de realizar los movimientos que son necesarios para bombear la sangre que generan pulsaciones entre 60 y 100 por minuto.

2.2.4 Ciclo Cardíaco

Se puede definir que el ciclo cardíaco es el proceso que consiste en cambios repetidamente de volumen y presión durante el latido del corazón. Un latido es la acción que realiza el corazón en dos fases, una cada vez que late envía sangre hacia el cuerpo y los pulmones comprenden las fases de un latido completo hasta una nueva fase de un latido.

Es un proceso de corta duración, cuando se dan el latido las 4 canales del corazón (ventrículos y aurículas), comienzan a contraerse y a relajarse de una forma muy coordinada. Estos movimientos no son más que pulsos musculares que mandan la sangre de las aurículas hasta los ventrículos mediante las válvulas para luego la sangre ser expulsada gracias a la vena aorta y a la arteria pulmonar.

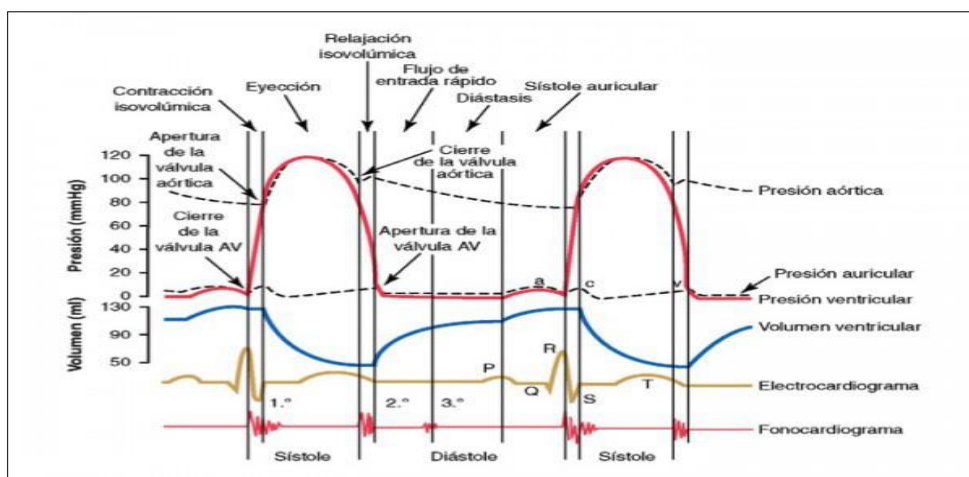


Figura 3. Ciclo Cardíaco, Información adaptada <http://www.bioenciclopedia.com>. Elaborado por <http://www.bioenciclopedia.com>.

A nivel del ECG, se puede observar en la figura No 3 el ciclo QRS o denominado contracción ventricular, se aprecia la presión ventricular sobre la arterial y la válvula mitral se empieza a cerrar, es decir que siempre hay una pequeña diferencia de presión que a su vez causa que las válvulas se abran o se cierran, a continuación, se esclarece el proceso:

Como ya se mencionó el ciclo cardíaco se puede dividir en dos fases, la primera la diástole la cual es la fase de relajación y la sístole o llamada la fase de contracción. La diástole es cuando los ventrículos se relajan su presión descende y las válvulas aórtica y pulmonar empiezan a cerrarse.

En la diástole las válvulas se abren debido a la presión y la sangre que se fue acumulando mediante la fase de la sístole. Esta sangre se va moviendo hasta que regresa al corazón se empieza a mover de las aurículas hasta los ventrículos, y se termina hasta que están casi llenos.

En la fase de la sístole, tanto la aurícula izquierda y derecha se contraen de modo que la sangre que se encuentra en las aurículas pasan a los ventrículos hasta que estos estén llenos. En vista a estas dos fases, se puede comprender que un ciclo cardíaco es el tiempo que demora de pasar de la diástole a la sístole, tomando en cuenta que es un proceso circular continuo y por ende no tiene un inicio ni un fin, durante este ciclo aumenta y disminuye la presión arterial.

2.2.5 Tipos de ondas cardíacas.

Las ondas cardíacas son las diferentes curvaturas que se observa del EKG que van de arriba o hacia abajo, estos se deben a los potenciales de acción que es producido durante la estimulación cardíaca el cual se va repitiendo de un latido a otro. Las ondas cardíacas han sido denominadas en P, Q, R, S, T, U de acuerdo a este orden.

La conductividad del corazón su nodo sinuatrial, el nodo AV y las fibras Purkinje ya que no son transmitidas a la superficie del cuerpo humano, debido a esto no es probable poder observarlas en el ECG.

2.2.5.1 Onda P.

Esta onda se caracteriza por ser la primera onda pequeña del ciclo cardiaco, esto representa la despolarización de la aurícula derecha llegando a su parte final a la aurícula izquierda, está conformada por el trabajo eléctrico de estas dos aurículas. La duración habitual es de 0,10 s, 2,5 mm de ancho y tiene un Vmax (voltaje máximo) de 0.25 mv – 2.5 mm de altura.

2.2.5.2 Onda Q.

La onda Q es pequeña, ni extensa ni profunda y se la puede representar como la primera onda negativa después de la onda P y el final del intervalo QT. Esta onda representa el principio de la activación ventricular.

2.2.5.3 Complejo QRS.

Está conformada por varias ondas la cual representa la propagación del estímulo es decir la despolarización de los ventrículos. El tiempo de duración oscila entre los 0.06 s y 0.10 s. mientras dure la alteración del estado eléctrico de las células de los ventrículos. Esto se puede visualizar con facilidad en el ECG. En esta fase si la primera onda es negativa se la denomina onda Q.

2.2.5.4 Onda T.

Esta onda es muy amplia, gruesa, esta representa la deflexión positiva luego del complejo QRS, al termina la onda T se acaba la acción eléctrica del corazón. Su amplitud no sobrepasa los 5 mm y es menor de 15 mm. Después de una breve pausa se da inicio al siguiente ciclo, cuanto mayor sea la frecuencia cardiaca menos durara el intervalo de tiempo.

2.2.5.5 Onda U.

Es habitualmente positiva y pequeña de poco voltaje aparece posteriormente de la onda T, no siempre será visualizada en un ECG.

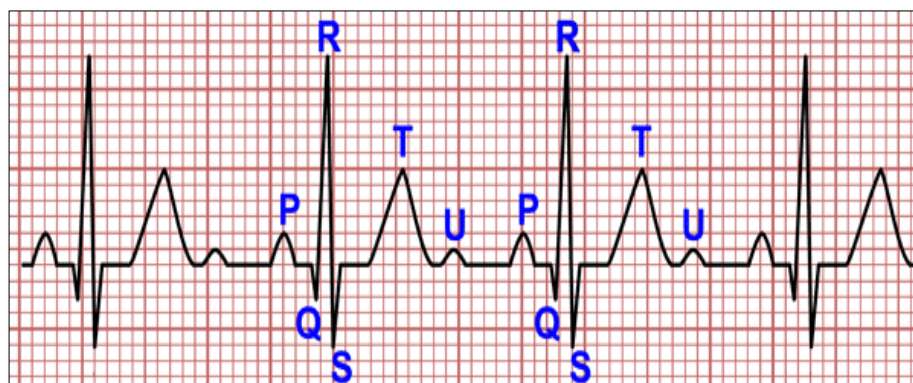


Figura 4. Onda típica de un ECG y sus ondas. Información adaptada de <http://tes.juanjosemillan.es>. Elaborado por <http://tes.juanjosemillan.es>.

2.2.6 Corriente eléctrica en el cuerpo humano.

Se puede explicar cómo corriente eléctrica al flujo de electrones que transita en un material conductor durante un determinado tiempo debido a su diferencial de potencial, la corriente eléctrica en el cuerpo humano es una electricidad innata ya que es lo que hace que el corazón funcione, estas pueden ser medidas tomando en cuenta que el cuerpo está conformado por un 70% de H₂O (Agua) y sales como el Na (sodio) – K (Potasio).

Para que el cuerpo humano produzca energía la célula usa un mecanismo que es denominado la compuerta sodio – potasio, cuando es necesario que el cuerpo envíe un mensaje esta compuerta comienza a abrirse y los átomos y moléculas de sodio y potasio se trasladan libremente de la célula.

Los átomos y moléculas de potasio son cargados negativamente y salen de la célula y los iones que serán saturados positivamente se introducen en la célula, como resultado de este fenómeno se produce una especie de chispa eléctrica.

Las células cardiacas poseen propiedades electrofisiológicas como es la excitabilidad la cual permite generar un condicional de acción mediante un estímulo, el automatismo determina la capacidad que posee la célula para generar un potencial de acción por si misma sin ninguna necesidad de un estímulo externo.

La etapa de la conducción consiste en enviar el impulso a las células del corazón la conducción depende del potencial de acción, la refractariedad las células no pueden ser excitables ya que esta depende del periodo de solidez del potencial de conducción. (Cahua, 2015).

Si el cuerpo contrajera una corriente que no es producida por las células cardiacas, el cuerpo trabajara de una forma errática y comenzara a dañar el sistema nervioso y órganos internos. Estas corrientes se la llaman corrientes de Macroshock y Microshock.

La corriente Macroshock comienza cuando se es aplicado en dos puntos sobre la superficie del cuerpo, la corriente Microshock entran en un determinado punto del cuerpo y se difunden, y convergen en una salida igual.

INTENSIDAD	MANIFESTACION
1 mA	Escasamente perceptibles
16 mA	La persona suelta inmediatamente el contacto
20 mA	Parálisis respiratoria
100 mA	Umbral de fibrilación ventricular
2 A	Paro cardíaco y daño de órganos internos
15/20 A	Quemaduras internas y externas

Figura 5. Efectos de la corriente Macroshock. Información adaptada de Urgencias eléctricas. Elaborado por Electrónica médica (Ing. Miguel Yapur).

2.2.7 Derivaciones del EKG.

Las derivaciones cardiacas se define como el registro del diferencial de potencial entre dos puntos en su forma estándar un electrocardiograma cuenta con 12 derivaciones, las cuales 6 de ellas reúnen información desde un plano frontal y están subdivididas en 3 bipolares y 3 unipolares, y 6 derivaciones que adquieren información eléctrica desde un plano transversal, cada una de estas derivaciones se la registran desde un plano de dos electrodos que van conectados a los lados adversos al corazón.

Derivación I (DI), es una derivación bipolar que se registra información que va entre el brazo derecho y el brazo izquierdo, la cantidad de impulsos que viajan hacia la izquierda tienen una forma de onda positiva, mientras los que van hacia la derecha forman una onda negativa.

Derivación II (DII), también es una derivación bipolar que guarda registro entre el brazo derecho y la pierna izquierda, los impulsos que van al pie izquierdo tienen una onda positiva, para que se forme una onda negativa se tiene que generar un impulso que vaya del pie izquierdo hacia el brazo derecho.

Derivación III (DIII), es una derivación bipolar que graba el registro entre el brazo izquierdo y pierna izquierda, los impulsos que se trasladan hacia el pie generan una forma de onda positiva, y si el impulso va del pie hacia el brazo izquierdo formara una onda negativa.

Estas 3 derivaciones bipolares forman el típico triangulo de Einthoven como se ilustra en la figura N° 6.

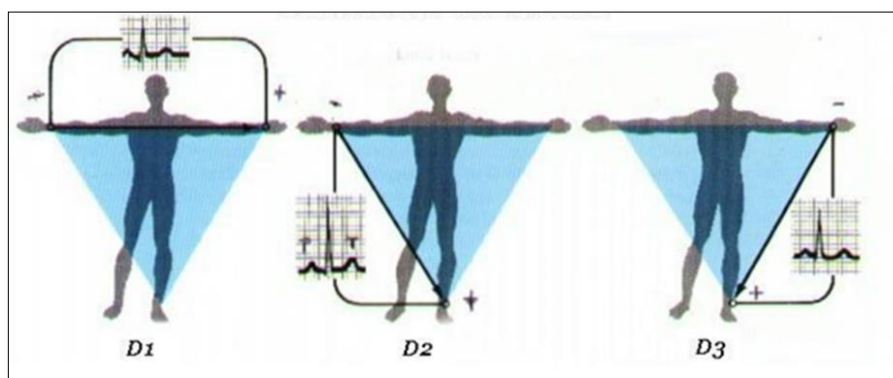


Figura 6. Derivaciones Bipolares, Información adaptada de <http://www.cuidandote.net>. Elaborado por <http://www.cuidandote.net>.

Derivación aVR, es una derivación aumentada monopolar de brazo derecho, esto significa que los impulsos que genera son como si se originaran desde el centro del corazón, si el impulso es dirigido al brazo derecho este formara una onda positiva, una onda negativa es generada si el impulso es dirigido desde el brazo derecho, cabe mencionar que los impulsos principalmente del corazón son dirigidos de derecha a izquierda, la onda P normalmente es negativa. (CARRIÓN, 2015).

Derivación aVL, derivación aumentada monopolar de brazo izquierdo, esta derivación presenta el impulso como si hubiera sido grabado desde el centro del corazón, un impulso si es dirigido hacia el brazo izquierdo producirá una onda positiva, si el impulso viaje fuera del brazo izquierdo la onda será negativa, la onda P será positiva.

Derivación aVF, derivación aumentada monopolar de pie izquierdo, en esta parte el impulso es grabada tal cual se originaria desde el centro del corazón, una onda positiva es realizada mediante el impulso hacia el pie izquierdo, una onda negativa es generado si el impulso es generado desde el pie izquierdo aquí la onda P es positiva.

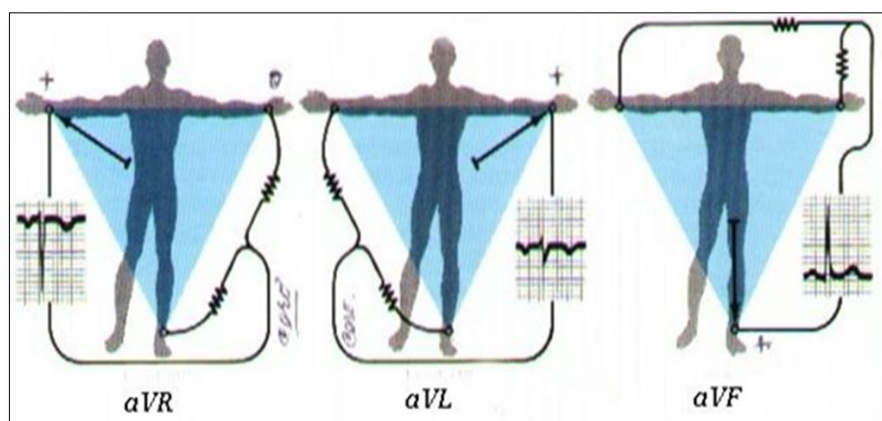


Figura 7. Derivaciones Monopolares. Información adaptada de <https://unascosasdesimon.blogspot.com>. Elaborado por <https://unascosasdesimon.blogspot.com>.

Las derivaciones del pecho o derivaciones precordiales están compuestas desde V1 hasta V6, estas también son monopolares y son colocadas en puntos sucesivos que comienza del lado derecho del pecho de la persona hasta el lado izquierdo, estas derivaciones cubren el corazón y enviando un impulso hacia la derivación precordial siempre generara una onda positiva.

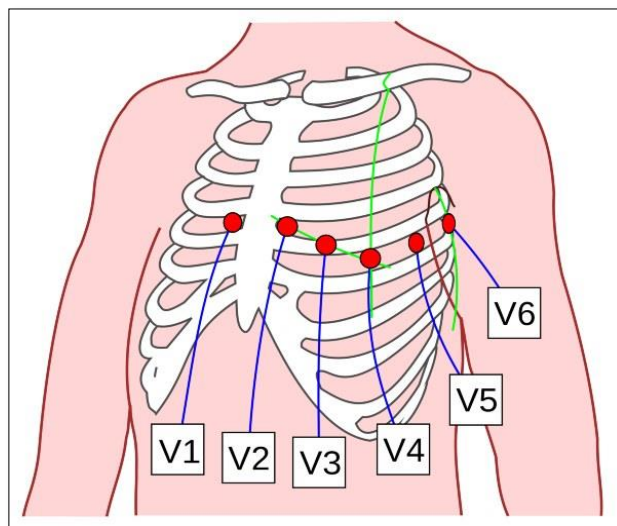


Figura 8. Derivaciones Precordiales. Información adaptada de <https://unascosasdesimon.blogspot.com>. Elaborado por <https://unascosasdesimon.blogspot.com>.

2.2.8 Señal de un Electrocardiograma.

Para la interpretación de un electrocardiograma, es necesario considerar primeramente la frecuencia la cual se lee dependiendo de los ciclos por minuto, posteriormente se evaluará dónde y cómo se origina la frecuencia del corazón.

Cabe recalcar que las ondas que son visualizadas en el EKG, reflejan la actividad eléctrica que proviene de las células del miocardio, la actividad de células como el marcapasos no son generalmente vistas con el EKG, esto se debe que estas células no generan el suficiente voltaje para poder ser visualizadas y a su vez registradas con los electrodos, algunas características son:

- Amplitud (se mide en mv)
- Duración (se mide en fracciones de segundos)
- Configuración (Forma de la onda)

La frecuencia puede ser analizada mediante un gráfico, se identifica la onda R que es el pico de la señal y dibuja líneas gruesas que sigan hasta la línea inicial, cada una de estas líneas deberán tener un intervalo de 100, 75, 60, 50, cuando caiga la siguiente onda R, se determina la frecuencia.

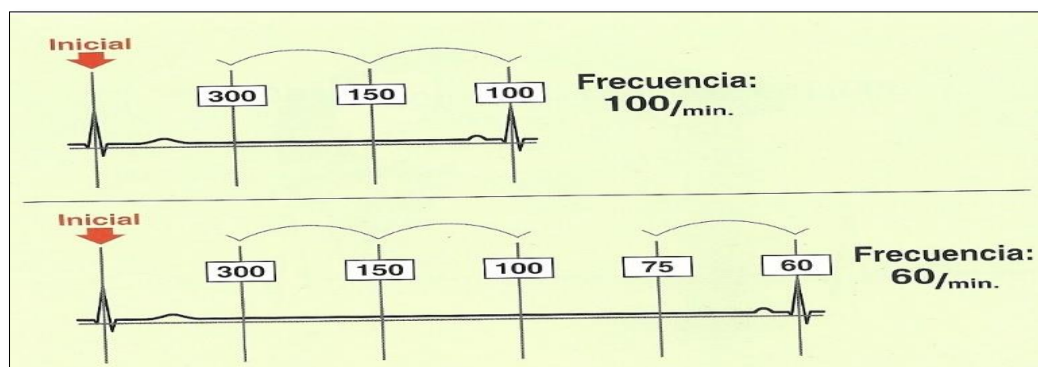


Figura 9. Interpretación de la frecuencia cardíaca. Información adaptada de <http://medicocardio.blogspot.com>. Elaborado por <http://medicocardio.blogspot.com>.

2.2.9 Enfermedades Cardiacas.

Las afecciones cardiacas o comúnmente llamadas cardiopatías, son el primordial motivo de mortalidad en el mundo, esto se debe a gran parte a los malos hábitos alimenticios y la falta de un control de salud por parte de la misma persona, muchas de estas enfermedades son hereditarias, la mayor parte de estas se desarrollan durante el periodo de vida.

Mediante un EKG se puede descubrir estas enfermedades, a continuación, se detalla en grupos las enfermedades más comunes:

Hipertrofia, se produce cuando la cámara ventricular o atrial se engrandece, causa hipertensión y desorden al musculo cardiaco, puede ser hereditaria o desarrollada puede afectar directamente al corazón, un examen de electrocardiograma puede detectar este problema.

Arritmia cardiaca, son problemas que provienen directamente de la frecuencia cardiaca (pulso), comienza a causar problemas cuando el sistema eléctrico del corazón no funciona correctamente puede ir de un pulso acelerado o lento, es una enfermedad de mayor herencia en las personas y también una de las mayores causas de ingresos a casas de salud.

Insuficiencia cardiaca, ocurre cuando el miocardio comienza a volverse rígido o débil, causa que no pueda bombear suficiente sangre oxigenada la cual afecta a todo el organismo, en el corazón puede causar problemas tanto en el sístole y diástole.

Isquemia miocardio e infarto, identificar estas enfermedades es uno de los roles más importantes para el EKG, existen varias razones por las cuales una persona puede presentar dolores en el corazón e utilizando el EKG se puede ayudar a verificarlos. (Azcona, 2018)

Efectos de droga, los electrolitos son los que depende el sistema eléctrico del corazón, un desorden de los mismos puede causar la muerte súbita, la alteración de los valores de un EKG se debe comúnmente medicamentos, antidepresivos. (: Guirao Torres, 2016).

2.2.10 Enfermedades del corazón en el Ecuador.

En el año 2016, la OPS (Organización Panamericana de la Salud), elaboro un estudio en el Ecuador sobre las sociedades en riesgo de sufrir enfermedades cardiacas dicha encuesta fue hecha a 2.231 personas entre 19 y 69 años. Dichos resultados arrojaron que el 30 por ciento de la población adulta que oscila entre 40 y 69 años tiene algún riesgo de padecer enfermedades asociados con el mal funcionamiento del corazón.

El Dr. Freddy Pow Chong Long, cardiólogo del Hospital Luis Vernaza, menciona que esas cifras siguen en aumento en el país. El costo anual llego a \$ 65 millones de dólares las enfermedades que más atacan a los ecuatorianos son insuficiencia cardiaca, infarto de miocardio, fibrilación auricular, arritmia e hipertensión.

2.2.11 Pic16f887.

Esta pic es parte de una gran variedad de productos muy reconocidos por parte de la compañía Microchip, este pic está compuesto de todos los elementos que en gran parte contiene los microcontroladores modernos. Debido a su bajo costo, rango amplio para aplicaciones, su alta calidad y disponibilidad, se lo puede definir una solución conveniente y lo podemos aplicar para controlar diferentes sistemas de procesos en las industrias.

Este microcontrolador posee la arquitectura llamada RISC y contiene solo 35 instrucciones diferentes, estas instrucciones son uniciclo. La frecuencia para operar esta pic está entre los 0 a 20 MHz, tomando en cuenta que el voltaje de la fuente de alimentación esta entre los 2v a 5v.

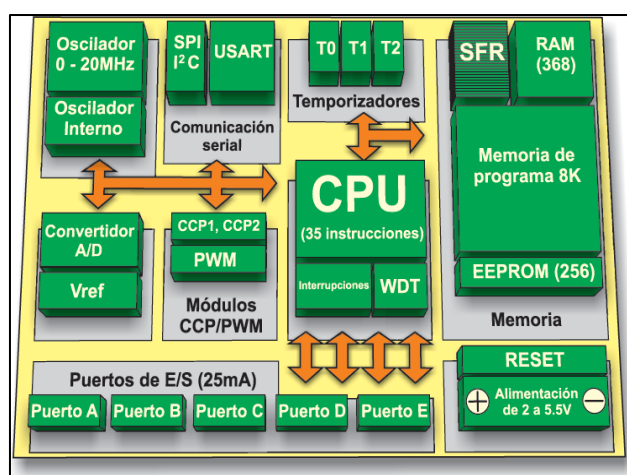


Figura 10. Diagrama PIC16F887. Información adaptada de <https://www.mikroe.com>. Elaborado por <https://www.mikroe.com>.

El Pic16f887 tiene como propósito leer la señal que proviene de la salida analógica del sensor, y así poder realizar el proceso de digitalización, debido a que este microcontrolador tiene un convertidor analógico digital interno.

2.2.12 Modulo Bluetooth.

Este módulo va conectado directamente a la pic a través de los pines TX Y RX, para poder utilizar la transmisión inalámbrica, actúa de modo transparente ya que toda la programación necesaria es implementada en la pic.

2.2.13 Sensor AD8232.

Como una alternativa al uso de diferentes placas que se pueden adaptar al microcontrolador se diseñó una placa con el chip AD8232, dicha placa actúa como un amplificador operacional para ayudar a obtener una señal digital clara. Posee 3 electrodos el cual obtendrá la señal cardiaca, lo más interesante de esta placa es de bajo consumo.

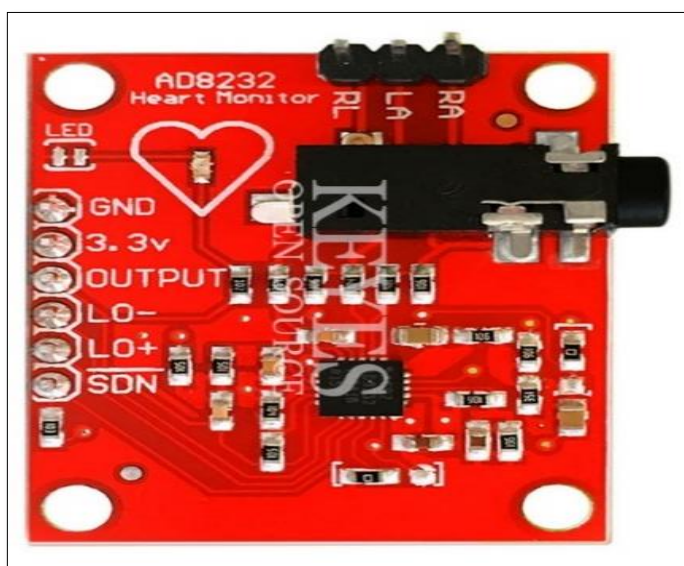


Figura 11. Placa sensor AD8232. Información adaptada de Aliexpress. Elaborado por Aliexpress.

2.2.14 APP Inventor.

La plataforma App inventor fue desarrollada por Google Labs para aplicaciones orientadas y destinadas para el sistema operativo Android. Su entorno es simple y de herramientas básicas, el método de programación de esta herramientas es ir entrelazando por bloques para crear la aplicación. Una de las ventajas que tiene este software es que es gratuito y se puede descargar de la web con facilidad.

2.3 Fundamentación Legal

Como se menciona en el estatuto establecido en la constitución del Ecuador en su art. 32 sección número siete del segundo capítulo “Derechos del Buen Vivir”, menciona que la salud es un derecho que garantiza el estado, a esto existe una relación que se asocia al ejercicio de

otros derechos, como el derecho al agua, alimentación, educación, a la seguridad social y otros que afirman el buen vivir. En donde cualquier persona sin importar su raza, cultura y religión podrá ser partícipe de la asistencia sanitaria.

Según lo que se establece en la constitución del Ecuador debe garantizar la prevención, recuperación y rehabilitación en todos los niveles, los procedimientos como diagnóstico, tratamientos, entrega de medicamentos sea gratuitamente brindado. Pero dicho cumplimiento de derecho a tenido graves inconvenientes ya que la atención medica al ser gratuita a generado una mayor demanda de pacientes dando como resultado una saturación a los centros de salud, generando malestar e insatisfacción de las personas al no cumplimiento de su derecho.

En la ley de amparo del paciente, menciona los derechos que debe cumplir toda entidad sanitaria como atender al paciente oportunamente de acuerdo a la dignidad que todo ser humano se merece y tratarlo con respeto, esmero y cortesía, sin ninguna discriminación dándole toda la información que el mismo requiera con libertad de negar o aceptar el tratamiento a desarrollarse en un entorno de confidencialidad.

La constitución de la República del Ecuador; 2008; capítulo dos, sección séptima Art. 32 Constitución de la República del Ecuador; 2008; capítulo dos; sección séptima Art. 39 Ley de amparo del paciente; 2006, por otra parte el plan nacional del Buen Vivir, (Semplades 2009), alineado a los derechos dispuestos en la Constitución de la República del Ecuador busca de alguna manera mejorar la calidad de vida de sus habitantes, por lo tanto se busca en entidades de salud se enfoque en una atención integral del paciente, buscando como esto se eleve el índice de satisfacción.

Propone como objetivo acciones públicas con un enfoque intersectorial que a su vez es concretado a través de sistemas de protección de servicios integrales. Entre estas políticas de enriquecer la calidad de vida en el ámbito de la salud se resalta lo siguiente:

- Incentivar prácticas de vida saludable en las personas.
- Fortalecer el control, prevención y la vigilancia de la enfermedad
- Garantizar una atención integral de salud oportuna y sin costo para los usuarios.

En la constitución de la República del Ecuador del “Régimen del Buen Vivir”, en su capítulo uno inclusión y equidad sección octava: Ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales menciona en el art. 385 que el sistema nacional de ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales, tendrá como propósito el de generar, adaptar y comunicar conocimientos científicos y tecnológicos, recuperar saberes ancestrales para potenciarlos, desarrollar tecnologías e innovaciones que promuevan la producción nacional y esto eleva la eficiencia y productividad mejorando así a la calidad de vida y que contribuyan a la realización del buen vivir.

En la ley orgánica de la salud en su art. 69 establece la atención integral de las enfermedades no transmisibles, crono-degenerativas, congénitas, hereditarias y de los problemas declarados primordiales para la salud, se la realizara a través de una acción organizada de todos los miembros del Sistema Nacional de Salud y además de la colaboración de la población. Los integrantes garantizaran los recursos disponibles y el ingreso a programas y medicamentos para dichas enfermedades, enfatizando a medicamentos genéricos, priorizando a los grupos más delicados.

2.4 Marco Contextual

El presente proyecto se desarrollará en ciertos hogares y centros de salud de la parroquia Letamendi al sur de la ciudad de Guayaquil que cuenta con un número de habitantes de 10.3019. El prototipo estaría en la cuarta semana del mes de diciembre, en aquella semana se explicará su funcionamiento y se procederá a la toma de muestras para beneficio de las personas. En los centros de salud, entre algunas causas para entender esta necesidad se ve la falta de un lugar adecuado y falta de implementos necesarios para el mismo.

Este proyecto se basar en el análisis de las necesidades de las personas cuando no se han sentido satisfechas con su visita al médico, con el fin de brindar una herramienta indispensable para su correspondiente análisis. Esto permitirá recuperar la confianza de los pacientes que tengan un alto nivel de satisfacción desde la primera revisión médica.

2.5 Marco Conceptual

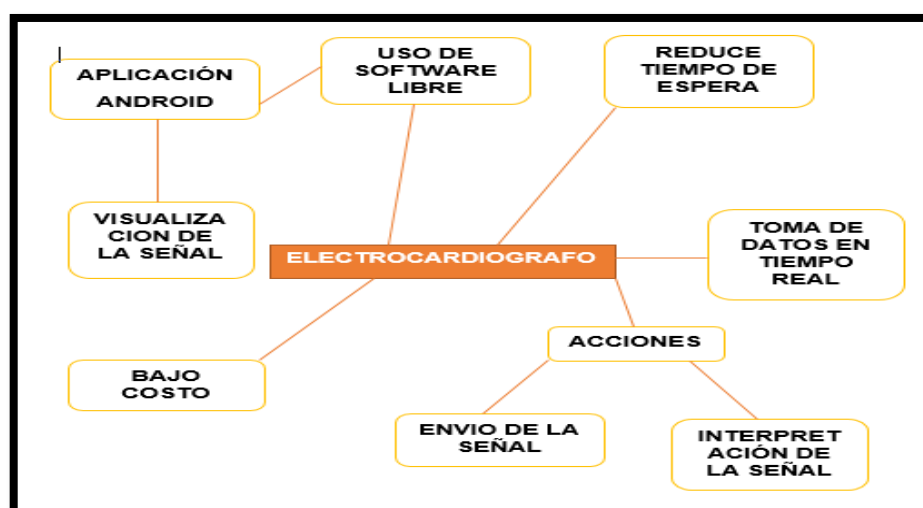


Figura 12. Sistema del Electrocardiógrafo. Información adaptada de *Sistema electrocardiógrafo*. Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier.

Capítulo III

Metodología

3.1 Introducción

Para la elaboración de este prototipo se inició con la idea de fabricar un dispositivo que pueda ser innovador y al mismo tiempo sirva de ayuda a la sociedad, como es el caso de las personas con alguna enfermedad del corazón. Luego se buscó la forma de diseñar y construir este prototipo con los elementos que mejor se acoplen para cumplir con las exigencias del proyecto.

Para poder tomar la señal cardiaca en la persona se consideró varias opciones con las cuales se llevaron a cabo algunas pruebas, y al final se decidió en usar un sensor que consiste en una placa pequeña con 3 electrodos para tomar la señal cardiaca que proviene del corazón.

Luego se estudió la mejor forma para controlar el prototipo, es decir el cerebro del sistema que fue elaborado, entonces se tomó en cuenta la gran versatilidad de algunos controladores, como es el caso de las pic en el cual para este proyecto se usó un pic16f887, con el cual se realizó la conversión de A/D por medio de la programación basado en lenguaje C, además fue incorporado un módulo bluetooth,

Por último, se tomaron en consideración los dispositivos encargados de presentar los resultados para los usuarios, este aparato es el teléfono celular a través el cual se visualiza a señal obtenida y según el intervalo de la señal cardiaca el prototipo definirá el tipo de enfermedad, enviado desde el prototipo por medio del módulo bluetooth.

3.2 Métodos de Investigación

Investigación de campo: Esta investigación se la realizo una percepción de los datos, como el lapso de tiempo que actualmente puede demorar una atención y examen médico y además la elaboración de encuestas a los pacientes y a expertos en la salud para asemejar y evaluar la calidad de atención brindada.

Investigación proyectiva: Para esta investigación se pudo observar que la atención en cuanto a enfermedades del corazón no estaba alcanzando un grado de satisfacción hacia el paciente desaprovechando la tecnología actual para mejorar la atención de lo que se refiere a atención médica y debido a ese enfoque se requiere modificar esos factores para satisfacer a las personas con una atención medica de calidad apoyándose en la tecnología.

3.3 Tipo de Metodología

Metodología cuantitativa. - En este tipo de investigación su objetivo es recolectar los datos para luego ser analizados para probar la factibilidad del proyecto a realizar, para establecer con exactitud la adaptación de las personas con el proyecto.

Este tipo de metodología nos permite tener respuestas concretas a preguntas específicas y los datos son exactos.

3.4 Población y Muestra

3.4.1 Población.

Se denomina como población a la totalidad de un fenómeno de estudio, donde incluye en su totalidad de unidades de análisis o entidades que integran dicho fenómeno y que debe cuantificar para dicho estudio.

La población considerada para el análisis del prototipo propuesto, fueron personas que padecen alguna enfermedad del corazón y especialistas dentro de la ciudad de Guayaquil donde se dirigían a consulta médica.

3.4.2 Muestra.

Se puede definir como un subconjunto muy representativo de la población, la cual la validez de la generalización depende del tamaño de la muestra.

Según la extensión del estudio se clasifica en:

Muestreo aleatorio. - Esta es una de las formas más comunes de obtener una muestra es seleccionando al azar. Es decir, cada uno de los miembros de la población tiene la misma posibilidad de ser elegido e incluido. Si no se cumple esta política se puede decir que la muestra está viciada. Para que no ocurra este inconveniente debe emplearse una tabla de números aleatorios.

Muestreo estratificado. - Una muestra estratificada es cuando el investigador divide en subgrupos. La presencia de un determinado elemento en un subgrupo excluye su presencia en otro. Se divide la población con el fin de dar importancia a los distintos factores que integran en estudio.

Para la selección de los elementos o subgrupos representativos, se utiliza el método de muestreo aleatorio. Para tomar en consideración mencionado tipo de investigación como la muestra se debe de seguir una técnica de muestreo.

3.5 Cálculo de la muestra

Para obtener el tamaño de la muestra de pacientes se verifico un total de 2.116 personas en la cual se verifico una muestra de 392 personas donde 292 son persona con alguna anomalía en el corazón y 50 medicos especialistas, con la finalidad de conocer las necesidades al momento de acudir a una cita médica o de realizar un examen de electrocardiograma el resultado de la muestra se obtuvo aplicando la siguiente formula:

$$n = \frac{N \sigma^2 Z^2}{(N-1)e^2 + \sigma^2 Z^2}$$

- **n.-** Equivale a tamaño de la muestra
- **N.-** Equivale a tamaño de la población.
- **σ .-** Equivale a la desviación estándar, se toma de 0.5 (me permite saber que tan lejos está de mi media, es decir cuánto se separan los datos del promedio)
- **Z.-** Valor obtenido mediante niveles de confianza, es un valor constante que si no se tiene se toma el 95% que equivale a 1.96 o bien el 99% que equivale a 2.58.
- **e .-** Limite aceptable de error de muestra que generalmente cuando no se tiene valor se utiliza un valor que entre el 1% (0.01) y el 9% (0.09), por lo general esto se lo deja a criterio del encuestador.

$$n = \frac{2116 * (0.5)^2 (2.58)^2}{(690-1)0.09^2 + (0.5)^2 (2.58)^2}$$

$$n = \frac{832.05}{7.25}$$

$$n = 291.8$$

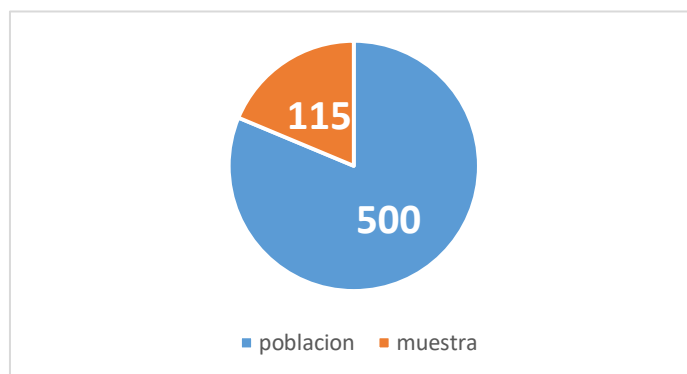


Figura 13. Diagrama de Población y Muestra. Información adaptada del Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC). Elaborado por **Caza Tipantasig Marcelo Javier**

Cabe mencionar que esta es la muestra de usuarios, ya como se menciona en el capítulo 1 también las encuestas serán realizadas a médicos y para esto se toma datos del inec (Instituto Nacional de Estadísticas y censos), donde mencionas que en la ciudad de Guayaquil existen 216 cardiólogos este dato se toma para el cálculo de la muestra.

$$n = \frac{216 * (0.5)^2 (2.58)^2}{(690-1)0.09^2 + (0.5)^2 (2.58)^2}$$

$$n = \frac{359.45}{7.25}$$

$$n = 49.78$$

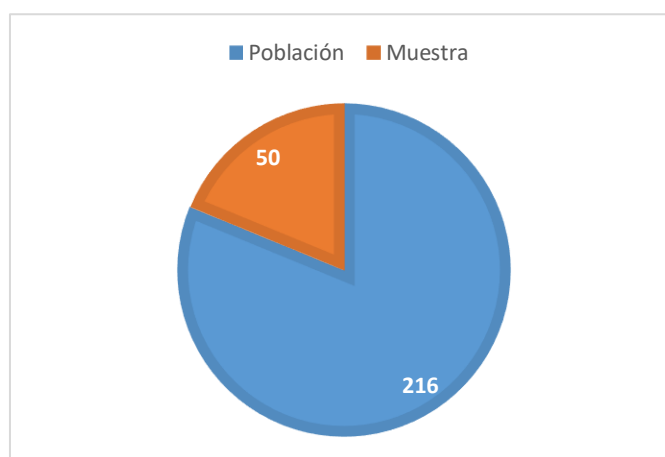


Figura 14. Diagrama de Población y Muestra Medicos. Información adaptada del Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC). Elaborado por **Caza Tipantasig Marcelo Javier**.

3.6 Técnicas de Investigación

La observación es la captación previamente planeada y el registro controlado de datos con una determinada finalidad para la investigación, mediante la percepción visual o acústica de un acontecimiento, (Heinemann, 2003). Al momento de realizar las encuestas previamente se pudo observar gestos de agrado y desagrado en el servicio que se ofrecía al usuario.

3.6.1 La entrevista.

Se puede decir que es la forma específica de interacción social que tiene como objetivo recolectar datos de una indagación. El investigador formula las preguntas a los usuarios que son

capaces de aportar datos de interés, se establece un dialogo cordial, donde el fin de una parte es buscar, recolectar información y la otra es la fuente de esa información.

Una de las ventajas de la entrevista reside en que son los mismos actores quienes proporcionan opiniones, actitudes y expectativas. Esta técnica de investigación se la realizo de manera presencial a médicos y pacientes que tuvieron mayor predisposición al momento de llenar las encuestas.

3.6.2 La encuesta.

La encuesta se puede definir como una técnica primaria de obtención de información sobre la base de un conjunto objetivo, coherente y articulado de preguntas, que garantiza que la información proporcionada por una muestra pueda ser analizada mediante métodos cuantitativos y los resultados sean extrapolables con determinados errores y confianzas a una población, (Elena Abascal, 2005).

Esta es una de las técnicas más usadas por los investigadores, las encuestas para este proyecto se verifico una población de 220 personas donde están incluidos médicos y pacientes, donde la muestra nos dio como resultado solo 50 personas a encuestar, las mismas se las realizo de manera presencial a los pacientes que acudían a cita médica y a los médicos tratantes que se encontraban de guardia en ese preciso momento.

3.7 Procedimiento de la investigación

En este proyecto el desarrollo de la investigación se planteó de la siguiente manera:

- 1) Seleccionar los lugares donde se realiza el estudio.
- 2) Solicitar permiso a los médicos y pacientes el permiso respectivo para realizar la investigación.
- 3) Recolectar información importante para la elaboración del informe.
- 4) Ejecutar las encuestas respectivas a los médicos y pacientes de los centros de salud.
- 5) Realización de manera gráfica y tabular el resultado obtenido de las encuestas.
- 6) Elaboración de conclusiones y recomendaciones dependiendo de la información obtenida de las encuestas.
- 7) Confianza, aceptación de los pacientes en permitir el diagnosticarse bajo una herramienta basado en telecomunicaciones.

3.8 Recolección de información

Para poder recaudar toda la información necesaria para una investigación, depende mucho el método elegido por el investigador y de las preguntas que se formule, en este proyecto se escogió la encuesta en la cual se procedió a realizar cierto proceso.

- 1) Encuestas efectuadas a los médicos y pacientes.
- 2) Observación de actividades realizadas en el campo de la institución.
- 3) Reunir toda la información específica para efectuar el estudio.

3.9 Procedimiento y análisis

Se planteó la realización de encuestas para dicha recaudación de datos a los médicos y pacientes se enfocó solo a 292 personas. El cuestionario fue elaborado mediante preguntas objetivas mediante este procedimiento se da a conocer y tener presente las necesidades que solicita el paciente para su diagnóstico o tratamiento y para el médico para un mejor servicio.

Se usó la herramienta Microsoft Excel para realizar la tabulación de los datos, en la cual se realizó: ingreso, procesamiento y presentación de los datos obtenidos de las encuestas.

El análisis de la información se la realizara con relación a la necesidad del paciente durante su tratamiento, cita médica.

Dichos resultados serán tabulados y presentados de manera gráfica por diagrama de pastel. En base a los resultados se realizará un análisis de cada una de las preguntas para dar a conocer de una manera más explícita los resultados obtenidos.

3.10 Encuestas

Las siguientes encuestas fueron realizadas a personas que padecen alguna patología al corazón y a personas que tengan un familiar con una determinada enfermedad del corazón.

Encuestas a usuarios

1.- ¿Posee o tiene un familiar con alguna enfermedad del corazón?

Tabla 3. Personas con alguna enfermedad del corazón.

Opciones	Nº de Personas	Porcentaje
Si	197	67%
No	95	33%
Total	292	100%

Información tomada mediante encuestas a usuarios, Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier.

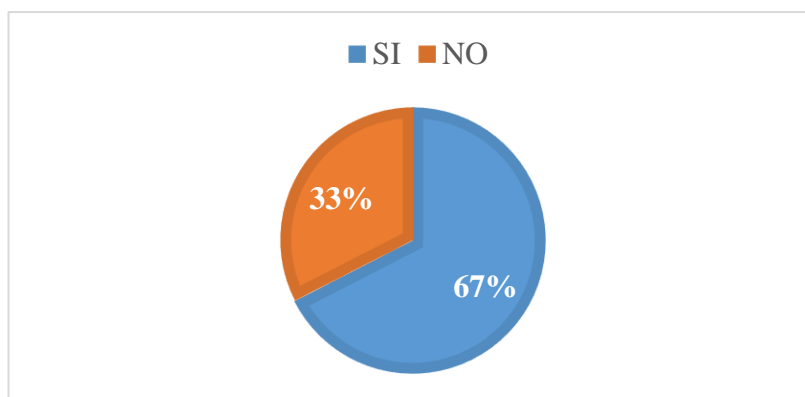


Figura 15. Personas con alguna enfermedad del corazón. Información adaptada mediante encuestas a usuarios. Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier

Análisis: Como resultado se puede analizar que más del 50% de personas encuestadas poseen una enfermedad relacionada con el corazón o tienen un familiar con este problema, también se puede concluir que las enfermedades del corazón siguen siendo una de las principales enfermedades que sufren las personas, el resto de personas solo indicaban que se dirigían por primera vez al especialista para una revisión.

2.- ¿Cuál considera usted como el principal motivo para que las personas no asistan a una cita médica?

Tabla 4. Personas con algún motivo de no asistir a su cita médica.

Opciones	n° de Personas	Porcentaje
Distancia	129	44%
Costo de Consulta	100	34%
Desconfianza	29	10%
Desinteres de Salud	34	12%
Total	292	100%

Información tomada mediante encuestas a usuarios, Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier.

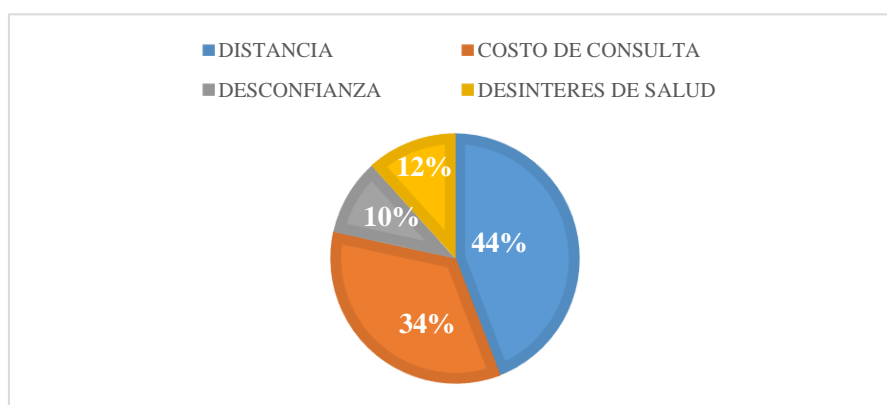


Figura 16. Personas con algún motivo de no asistir a su cita médica. Información adaptada mediante encuestas a usuarios. Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier

Análisis: Como resultado se pudo constatar que los dos principales motivos por el cual las persona no acuden a una cita médica es la distancia y el costo que esta amerita, ya que las personas encuestadas mencionaban que los centros de salud quedaban muy alejados de sus respectivas viviendas, y cuando podían acudir al centro de salud la cita y los exámenes que necesitaban eran de muy alto costo y debido a esto no podían acceder a un tratamiento.

3.- ¿Cuál es el tiempo estimado que usted espera para un examen de electrocardiograma?

Tabla 5. *Tiempo de espera para el examen.*

Opciones	nº de Personas	Porcentaje
1 Semana	92	32%
3 Dias	76	26%
1 Mes	124	42%
Total	292	100%

Información tomada mediante encuestas a usuarios, Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier.

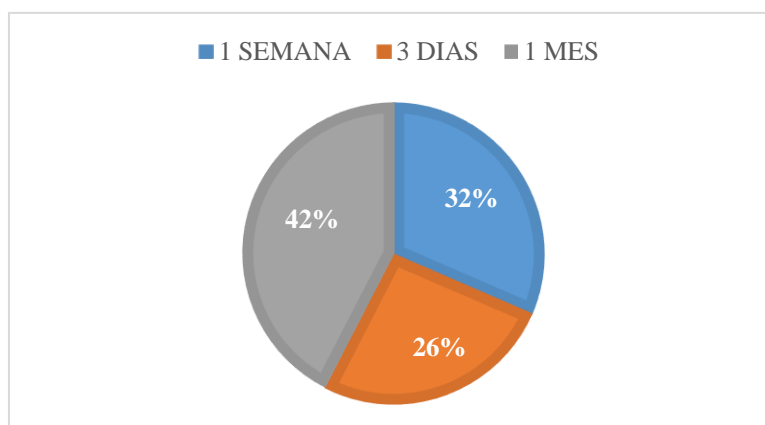


Figura 17. *Tiempo de espera para el examen. Información adaptada mediante encuestas a usuarios. Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier*

Análisis: Como resultado se pudo constatar que le temo mucho tiempo a las personas realizarse un examen de electrocardiograma siendo 30 días el periodo de mayor porcentaje en esta encuesta ya que las personas mencionaron que esperaban el cobro del sueldo, el periodo de tiempo de 7 días debido que este era el tiempo que tenía que esperar el paciente (en centros de salud) debido a la demanda que había por este examen.

4.- ¿Cuántos días pasaron desde la primera vez que trató de ver a su médico y el momento en que efectivamente lo vio a este profesional en su consultorio?

Tabla 6. Tiempo de espera para la siguiente consulta médica.

Opciones	Nº de Personas	Porcentaje
1 Día	40	14%
2-19 Días	134	46%
Mayor a 20 Días	118	40%
Total	292	100%

Información tomada mediante encuestas a usuarios, Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier.

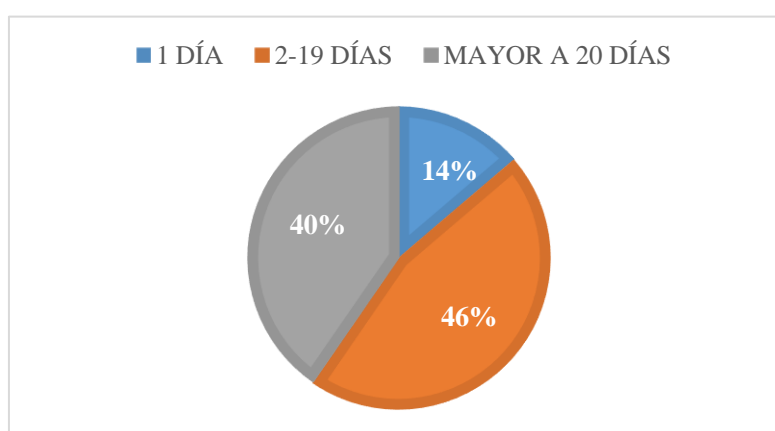


Figura 18. Tiempo de espera para la siguiente consulta. Información adaptada mediante encuestas a usuarios. Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier

Análisis: En esta pregunta se puede constatar que el periodo de tiempo para la siguiente consulta con el especialista es de 2-19 días, pero los pacientes indicaron que era de 15 días máximo, ya que dependían de cuanto se demoraba en realizarse el examen, los pacientes que indicaron un tiempo mayor a 20 días indicaban que era por el motivo de no tener el recurso para su segunda consulta con el especialista.

5.- ¿Posee un teléfono móvil con conectividad a bluetooth?

Tabla 7. Teléfono móvil con bluetooth.

Opciones	Nº de Personas	Porcentaje
Si	267	91%
No	25	9%
Total	292	100%

Información tomada mediante encuestas a usuarios, Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier.

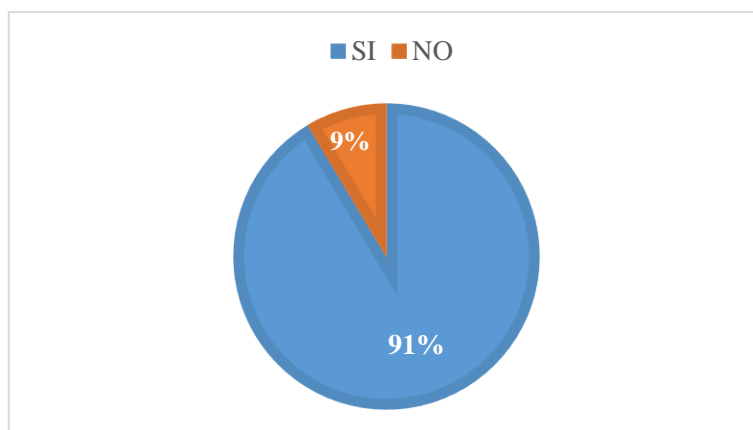


Figura 19. Teléfono móvil con bluetooth. Información adaptada mediante encuestas a usuarios. Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier.

Análisis: Se puede constatar que la mayor parte de los pacientes mantienen un teléfono móvil con tecnología bluetooth y tenían conocimiento como usarlo, y la menor parte indicaron que si tienen uno, pero sin bluetooth, con esta pregunta se verifica que el prototipo si tiene alcance para poder ser usado por la mayor parte de las personas que tienen alguna enfermedad del corazón.

6.- ¿Utilizaría un teléfono móvil como herramienta Medica?

Tabla 8. Uso de teléfono móvil.

Opciones	Nº de Personas	Porcentaje
Si	281	96%
No	11	4%
Total	292	100%

Información tomada mediante encuestas a usuarios, Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier.

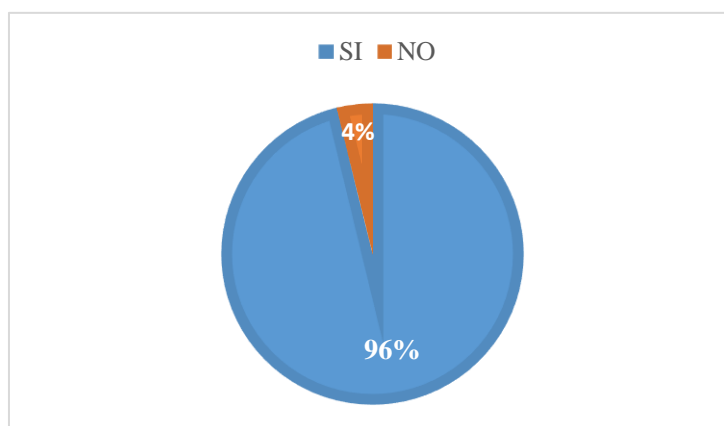


Figura 20. Uso de Teléfono móvil. Información adaptada mediante encuestas a usuarios. Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier.

Análisis: Se pudo constatar que la mayor parte de los pacientes indicaron usar un teléfono móvil para ser usado como una herramienta médica para poder llevar a tiempo y un control de su enfermedad, con un porcentaje menor las personas indicaron que no podían usar debido a no tener conocimiento y no tener un familiar o persona quien lo ayude.

7.- El peso, tamaño y forma del prototipo es agradable?

Tabla 9. *Peso y tamaño del prototipo.*

Opciones	Nº De Personas	Porcentaje
Si	187	64%
No	105	36%
Total	292	100%

Información tomada mediante encuestas a usuarios, Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier.

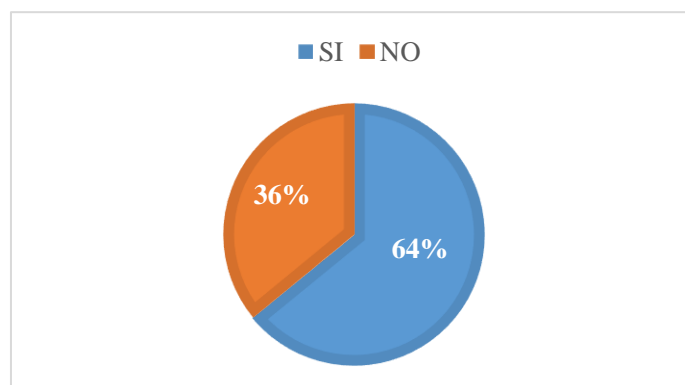


Figura 21. *Peso y tamaño del prototipo. Información adaptada mediante encuestas a usuarios. Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier.*

Análisis: Con esta pregunta quedo en constancia que el peso y tamaño del prototipo fue de agrado para los usuarios ya que mencionan que era fácil de llevar en un bolso, los usuarios ven necesario este aparato para su tratamiento. Es recomendable realizar sistemas médicos de fácil movilidad y de acceso para los pacientes.

8.- Con respecto al prototipo que se le mostro el funcionamiento estaría dispuesto a utilizarlo en su domicilio?

Tabla 10. *Funcionamiento del prototipo.*

Opciones	Nº De Personas	Porcentaje
Si	200	68%
No	92	32%
Total	292	100%

Información tomada mediante encuestas a usuarios, Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier.

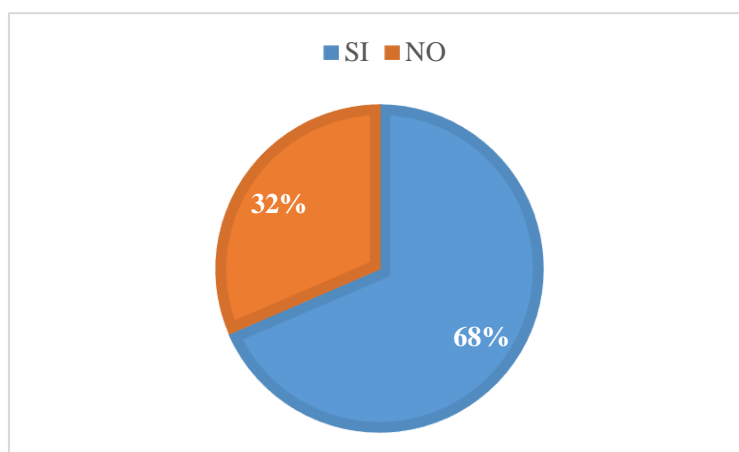


Figura 22. Funcionamiento del prototipo. Información adaptada mediante encuestas a usuarios. Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier.

Análisis: En esta pregunta se analiza que los usuarios en los cuales se hizo la prueba del prototipo tuvo una aceptación, logrando observar que el manejo del mismo no es muy difícil, observando esto se tomó la decisión de realizar un manual de usuario para que las personas no tengan ninguna duda al momento de a empezar usar el prototipo.

9.- ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por el prototipo?

Tabla 11. Costo del prototipo.

Opciones	Nº De Personas	Porcentaje
\$100	83	28%
\$150	96	33%
\$170	67	23%
\$200	46	16%
Total	292	100%

Información tomada mediante encuestas a usuarios, Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier.

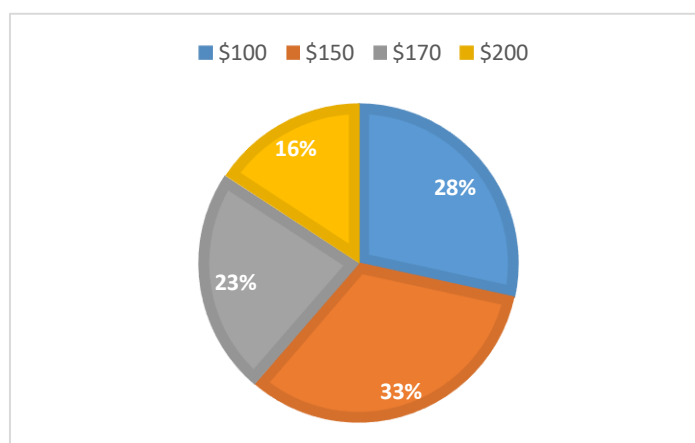


Figura 23. Costo del prototipo. Información adaptada mediante encuestas a usuarios. Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier.

Análisis: En esta pregunta se analiza que los usuarios están de acuerdo con el valor a pagar por un prototipo que permita que el medico examine para así poder agilizar las consultas para pacientes que presenten alguna afectación al corazón. Ya que el valor de \$150 dólares es mucho menor al invertido para la construcción del prototipo.

10.- ¿Recomendaría este equipo a sus familiares o amigos?

Tabla 12. Recomendación del prototipo.

Opciones	Nº De Persona	Porcentaje
Si	195	67%
No	97	33%
Total	292	100%

Información tomada mediante encuestas a usuarios, Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier.

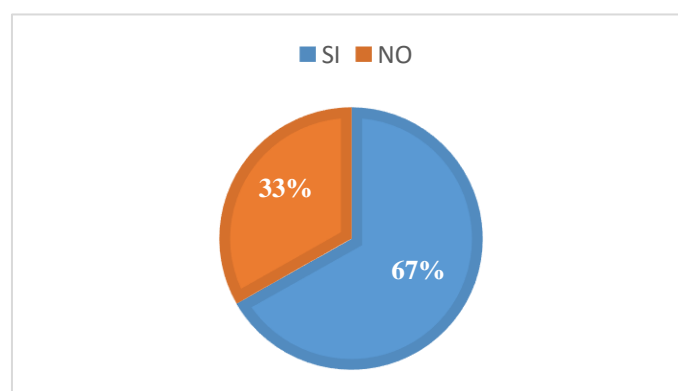


Figura 24. Recomendación del prototipo. Información adaptada mediante encuestas a usuarios. Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier.

Análisis: En esta pregunta se analiza que más del 50% de las personas recomendarían el uso de este sistema a familiares o amigos que tuvieron alguna enfermedad del corazón, quedando constancia que se debe incentivar más en equipos portátiles y de bajo costo en el área de la medicina.

Encuesta a Médicos

1.- En la siguiente escala que tan importante es un electrocardiógrafo en el consultorio.

Tabla 13. Importancia del prototipo.

Opciones	Nº De Personas	Porcentaje
Nada Importante	4	92%
Importante	46	8%
Total	50	100%

Información tomada mediante encuestas a usuarios, Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier.

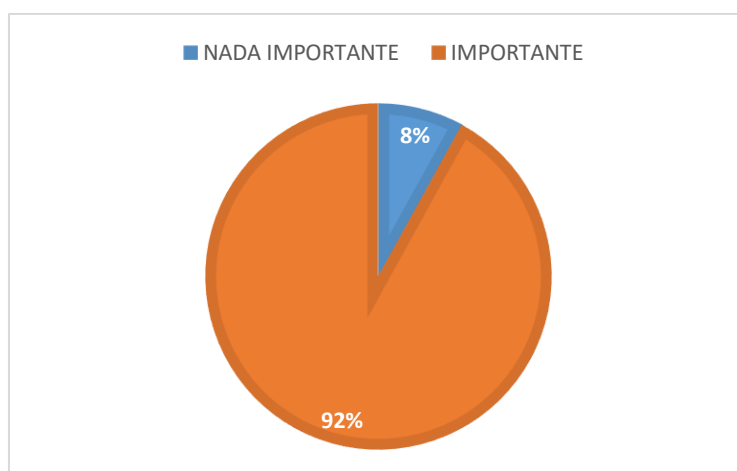


Figura 25. Importancia del prototipo. Información adaptada mediante encuestas a usuarios. Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier.

Análisis: En esta pregunta se analiza que más del 50% de los médicos, notan la importancia de un electrocardiograma para un consultorio, dando así a notar que los médicos no cuentan con las herramientas necesarias para este tipo de enfermedad.

2.- Que tan seguido prescribe un examen de electrocardiograma

Tabla 14. Prescripción de un electrocardiograma.

Opciones	Nº De Personas	Porcentaje
Diariamente	39	78%
Semanalmente	8	16%
Mensualmente	3	6%
Nunca	0	0%
Total	50	100%

Información tomada mediante encuestas a usuarios, Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier.

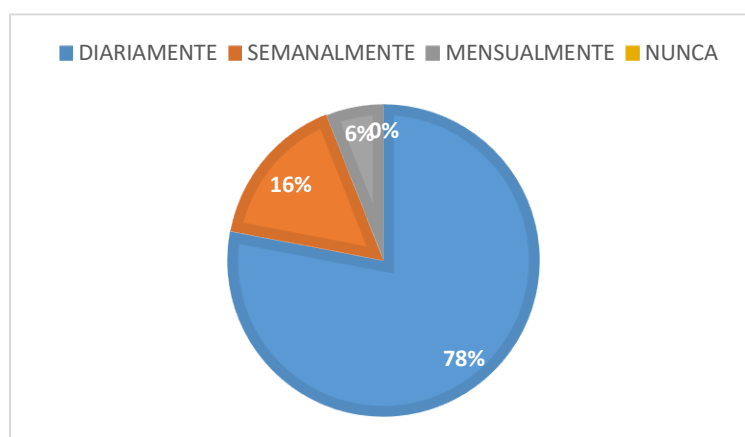


Figura 26. Prescripción de un electrocardiograma. Información adaptada mediante encuestas a usuarios. Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier.

Análisis: En esta pregunta se puede analizar que de forma diaria es donde los especialistas indican a los pacientes que se tienen que realizar un electrocardiograma, es donde se inicia la alta demanda de equipos necesarios para poder realizar este examen.

3.- ¿Utilizaría su teléfono celular como herramienta laboral?

Tabla 15. *Uso de dispositivo móvil.*

Opciones	Nº De Personas	Porcentaje
Si	28	56%
No	22	44%
Total	50	100%

Información tomada mediante encuestas a usuarios, Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier.

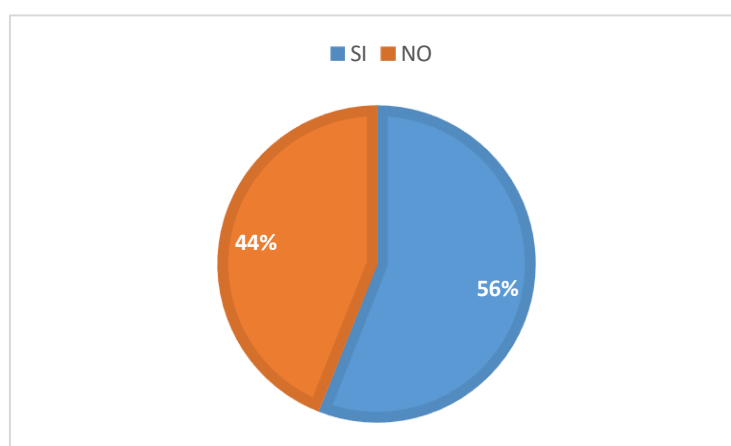


Figura 27. *Uso de dispositivo móvil. Información adaptada mediante encuestas a usuarios. Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier.*

Análisis: Se analiza que más de la mitad de los médicos encuestados estarían dispuestos a utilizar su teléfono móvil para su labor debido a que no le generaría un gasto, por otro lado, con un porcentaje considerable algunos médicos indicaron no usar su teléfono móvil ya que indican que es de uso personal mas no laboral.

4.- ¿Considera usted que se debería de implementar más equipos médicos de bajo costo para los pacientes?

Tabla 16. *Implementar equipos de bajo costo.*

Opciones	Nº De Personas	Porcentaje
Si	46	92%
No	4	8%
Total	50	100%

Información tomada mediante encuestas a usuarios, Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier.

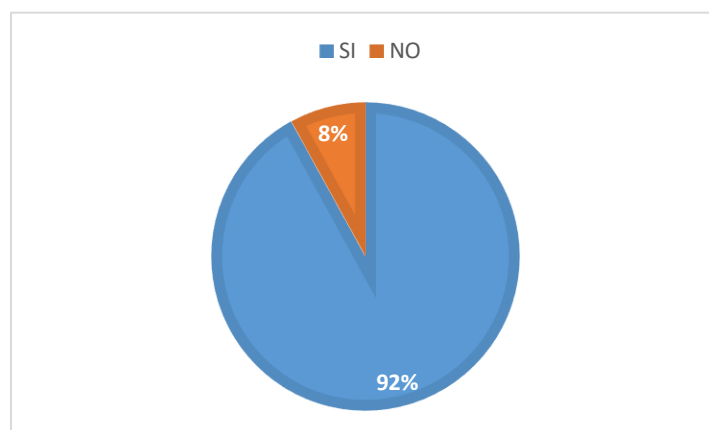


Figura 28. Implementar equipos de bajo costo. Información adaptada mediante encuestas a usuarios. Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier.

Análisis: En esta pregunta se puede notar que los especialistas están de acuerdo con la fabricación e implementación de equipos médicos de bajo costo, ya que indican que disminuiría la demanda por parte de los pacientes a este examen y agilizaría los resultados provenientes de dicho examen, y no sería de muy difícil acceso por parte de los especialistas en adquirir estos equipos.

5.- ¿Al observar el funcionamiento del prototipo la señal obtenida ayudaría para el diagnóstico del paciente?

Tabla 17. Señal obtenida por el prototipo.

Opciones	Nº De Personas	Porcentaje
Si	33	66%
No	17	34%
Total	50	100%

Información tomada mediante encuestas a usuarios, Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier.

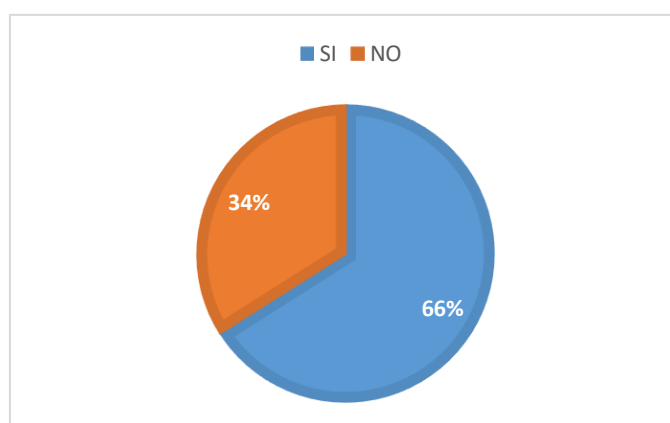


Figura 29. Señal obtenida por el prototipo. Información adaptada mediante encuestas a usuarios. Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier.

Análisis: Esta pregunta es muy importante, más del 50% de los médicos indicaron que la señal enviada por el prototipo sirve para poder diagnosticar y verificar el funcionamiento del corazón del paciente, por otra parte, con un 34% indicaron que no es tan completa la señal como la de un equipo de alto costo.

6.- Cree usted que sería beneficioso este prototipo para los pacientes.

Tabla 18. *Importancia del prototipo.*

Opciones	Nº De Personas	Porcentaje
Si	31	62%
No	19	38%
Total	50	100%

Información tomada mediante encuestas a usuarios, Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier.

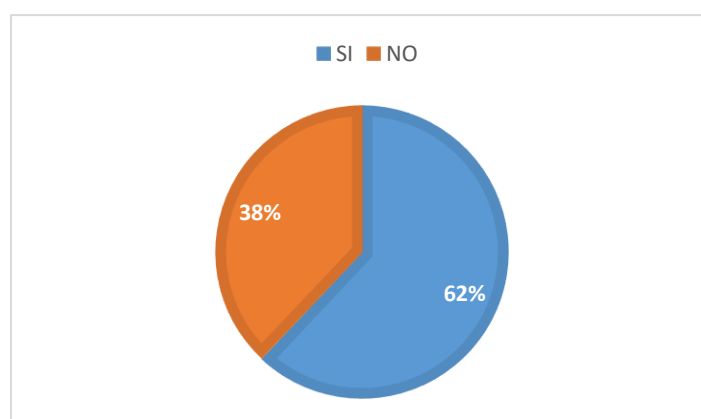


Figura 30. *Importancia del prototipo. Información adaptada mediante encuestas a usuarios. Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier.*

Análisis: Esta pregunta la mayor parte de los médicos indican que un equipo como este sería de gran ayuda para la vida diaria del paciente, los especialistas indicaron que ya no tendrían que esperar un largo tiempo para seguir su tratamiento y se estaría cubriendo la necesidad por parte del paciente y para el médico tratante.

7.- El peso y el tamaño del prototipo es agradable?

Tabla 19. *Peso y tamaño del prototipo.*

Opciones	Nº De Personas	Porcentaje
Si	42	84%
No	8	16%
Total	50	100%

Información tomada mediante encuestas a usuarios, Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier

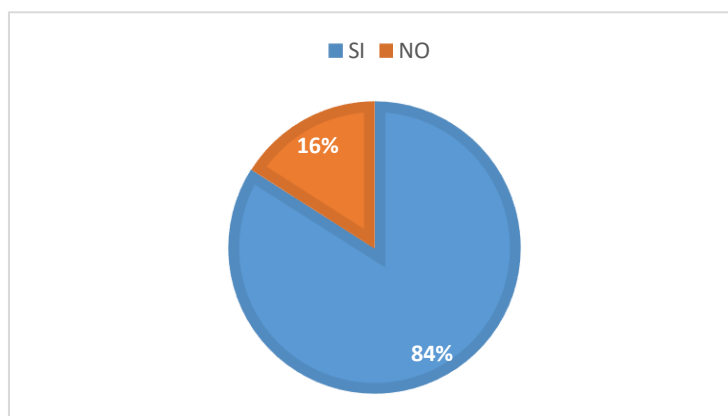


Figura 31. Peso y tamaño del prototipo. Información adaptada mediante encuestas a usuarios. Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier.

Análisis: En esta pregunta los especialistas indican que no tienen inconvenientes del prototipo porque no es muy pesado y se puede movilizar y usar con facilidad, a diferencia de un equipo convencional que se tiene que usar una carretilla para movilizar el electrocardiógrafo.

8.- Cuanto estaría dispuesto a pagar por el prototipo?

Tabla 20. Costo del prototipo.

Opciones	Nº De Personas	Porcentaje
\$100	10	20%
\$150	19	38%
\$170	21	42%
\$200	0	0%
Total	50	100%

Información tomada mediante encuestas a usuarios, Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier.

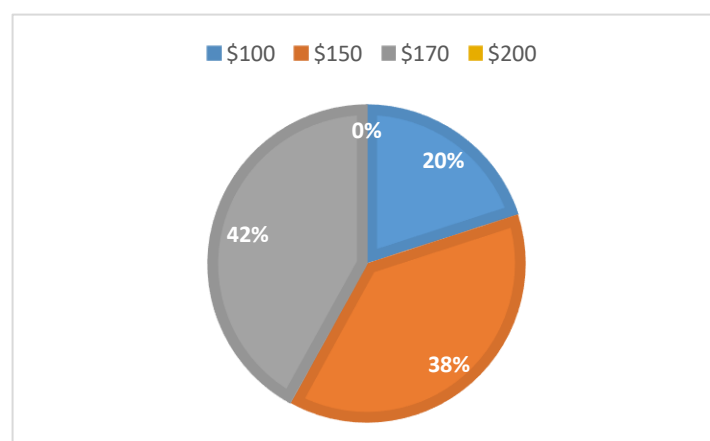


Figura 32. Costo del prototipo. Información adaptada mediante encuestas a usuarios. . Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier.

Análisis: En esta pregunta se analiza que el costo que tiene un mayor porcentaje es accesible para los especialistas, indicaron que no es muy costoso comparándolo con un equipo en el mercado y que la fabricación del mismo es menor al precio que han elegido los médicos. Algunos médicos indicaron que le interesaría adquirir este sistema ya que mencionan tener un consultorio propio.

9.- Estaría dispuesto a comprar este prototipo?

Tabla 21. *Compra del prototipo.*

Opciones	Nº De Personas	Porcentaje
SI	27	84%
NO	23	16%
TOTAL	50	100%

Información tomada mediante encuestas a usuarios, Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier.

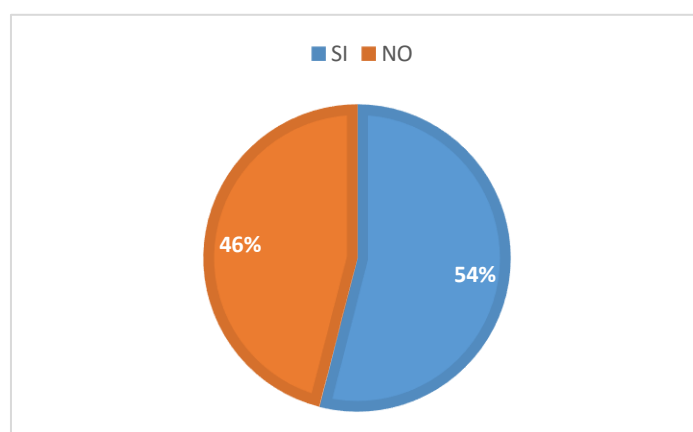


Figura 33. *Compra del prototipo. Información adaptada mediante encuestas a usuarios. Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier.*

Análisis: En esta pregunta con solo una pequeña diferencia los médicos estarían dispuestos a adquirir este prototipo por sus propios medios, la otra parte nos indica que no estarían dispuestos a adquirirlo debido a que el centro de salud donde laboran les debería otorgar los implementos necesarios. El análisis se basa a relación con la pregunta anterior donde los especialistas tienen un consultorio propio ya que los equipos que usan pertenecen al centro de salud.

10.- Si tuviera que usar este equipo para la toma de la señal cardiaca a un paciente lo usaría?

Tabla 22. *Uso del prototipo.*

Opciones	Nº De Personas	Porcentaje
Si	32	64%
No	18	36%
Total	50	100%

Información tomada mediante encuestas a usuarios, Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier.

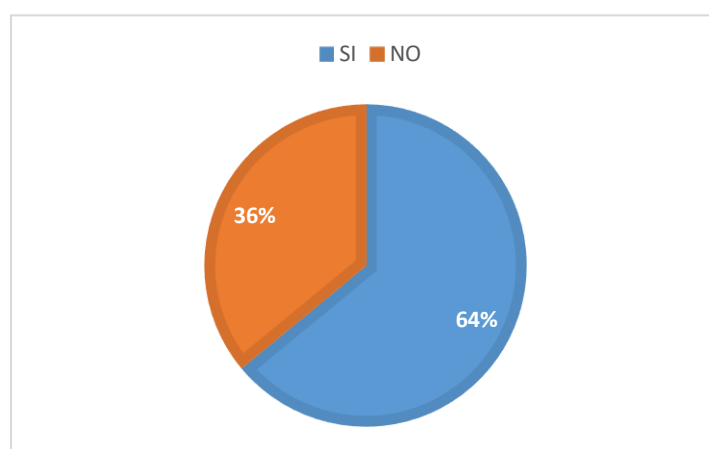


Figura 34. *Uso del prototipo. Información adaptada mediante encuestas a usuarios.*

Análisis: En esta pregunta se analiza si el medico estaría dispuesto o no a usar este dispositivo para su jornada laboral, indicaron que si lo usarían ya que se a cortaría el tiempo de espera del paciente y agilizaría al especialista a tomar un diagnóstico para el paciente, y se estaría cubriendo la necesidad de proveer el dispositivo necesario para este tipo de especialidad.

Se puede deducir en las encuestas realizadas a personas, dentro de las instituciones de salud se pudo notar inconformidad al momento de salir de la cita médica por los motivos de tiempo, larga espera para la realización de un examen etc. cuando se realizaron las pruebas en los pacientes se pudo observar interés con el prototipo de igual manera con los médicos, el resultado de están encuesta dieron una buena acogida al proyecto viendo de lado del paciente una solución a los inconvenientes cada vez que van al centro de salud y al médico una alternativa para acelerar el diagnostico de un determinado paciente.

Capítulo IV

Desarrollo

El diseño para la adquisición, digitalización y transmisión de la señal obtenida por bluetooth se compone de electrodos, un cable para los mismos conectados a una placa que es el sensor que se encarga de filtrar y amplificar la señal, un microcontrolador PIC16F887 que la digitaliza y un módulo bluetooth que permite enviar la señal al teléfono móvil.

4.1 Placa del sensor AD8232

Para realizar la obtención de la señal cardiaca se procedió a utilizar una placa desarrollada por Sparkfun, se trata de una placa (sensor), que permite medir la actividad eléctrica del corazón. Tiene un chip AD8232 elaborado por Analog Devices, desarrollado para extraer, amplificar y filtrar señales cardiacas en condiciones ruidosas.

Como se puede observar en la figura N° 35, la placa cuenta con un conector de 3.5 mm para el cable con los electrodos. Solicita una tensión de alimentación de 2 a 3.5v (lo recomendable es de 3.3 v), en la placa tiene un LED indicador de la frecuencia y seis pines dos para la alimentación, uno que se encarga de la salida analógica, dos para la detección de desconexión de electrodos y uno para poner el chip en modo stand.by (bajo consumo de corriente). Para este prototipo solo se utilizaron 3 pines los que corresponden a la alimentación y a la salida.

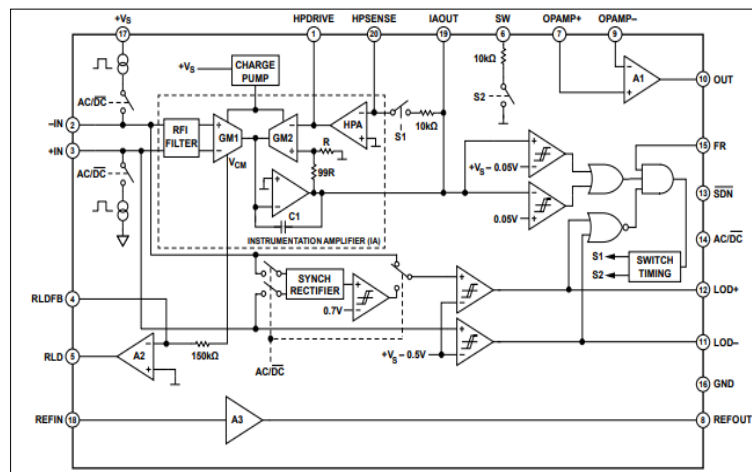


Figura 35. Placa de adquisición de señal. Información adaptada de <http://tdrobotica.co/monitor-de-ritmo-cardiaco-ad8232/358.html>.

El integrado AD8232 cuenta con un amplificador de instrumentación, nos permite realizar el filtrado tanto pasa-alto como pasa-bajo, también cuenta con un amplificador operacional que se puede utilizar para una mayor amplificación de la señal entre otras características. La parte más relevante de esta placa es su bajo consumo de corriente de solo 170 Amperios algo que

resulta muy útil en dispositivos de alimentación por batería, el diagrama en bloques del integrado funcional se puede visualizar en la figura N° 36.

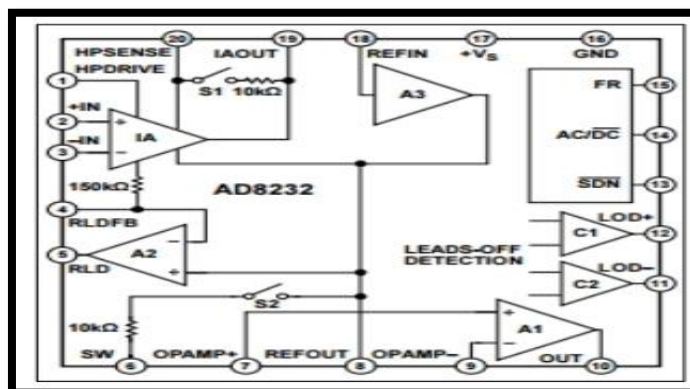


Figura 36. Diagrama funcional en bloques AD8232I. Información adaptada de <http://tdrobotica.co/monitor-de-ritmo-cardiaco-ad8232/358.html>.

A continuación, se detallarán las distintas etapas del circuito correspondiente a la placa Sparkfun, el diseño de este circuito es uno de los recomendados por el fabricante AD8232 en la hoja de datos del autor, para la configuración del monitor cardíaco.

4.1.1 Alimentación.

Como se detalló, la tensión de alimentación recomendada para el AD8232 es entre 2 y 3.5v, en este caso se utilizó una batería de 12v , para la tensión mediante batería se utilizó un regulador de tensión LM317. Se estableció en R1 en 220 ohmios y R2 en 330 ohmios y la tensión de salida del regulador (Vout) está dada por:

$$V_{OUT} = 1.25 V \left(1 + \frac{R2}{R1} \right) = 3.125 V$$

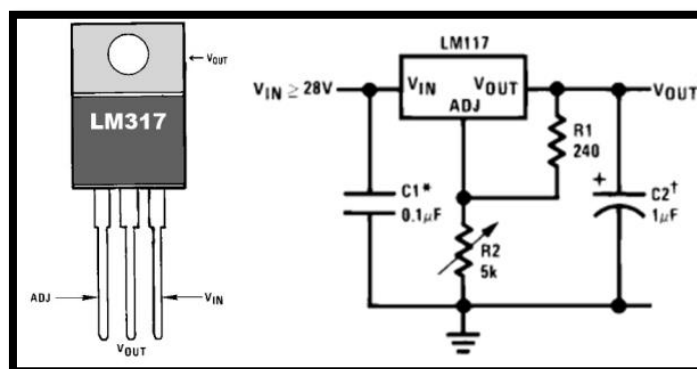


Figura 37. Regulador de tensión LM317. Información adaptada de <http://tdrobotica.co/monitor-de-ritmo-cardiaco-ad8232/358.html>.

4.1.2 Amplificador de instrumentación y filtro pasa-bajo.

La etapa primordial del AD8232 es el amplificador de instrumentación se define como el circuito que amplifica la diferencia entre las tensiones de entrada entre los electrodos, al mismo tiempo rechaza las señales comunes (ruido e interferencia), se constituye de una etapa de entrada y un amplificador. Todos estos componentes son internos del dispositivo. Algunas de las características fundamentales que debería tener un amplificador instrumental. CMRR Alto: tiene como propiedad cancelar las señales de modo común y amplificar las diferenciales se mide como el coeficiente de rechazo al modo común, se define como:

$$CMRR (dB) = 20 \log_{10} \left(\frac{A_d}{A_c} \right)$$

Se define con una frecuencia específica, este parámetro debe ser lo más alto posible y en el caso de este amplificador suele estar entre los 70 y 100 Db en corriente continua CC.

Tensión offset y deriva bajos: Esta tensión debe ser sumamente baja igual a cualquier amplificador. Esta tensión está dada por la ganancia multiplicada por el offset de las entradas a esto se le suma el offset de salida.

Impedancia de entrada alta y simétrica: ambas entradas del amplificador deberán ser altas y ser lo más parecidas posibles. Si hay un valor alto de voltaje de entrada evita cargar la señal de entrada, esto podría causar una atenuación.

Corriente de polarización de entrada baja: Son las que fluyen hacia las entradas del amplificador, la diferencia de estas dos corrientes se las denomina corriente offset de entrada. Las corrientes de polarización cuando son multiplicada por las resistencias producen una tensión. Por lo tanto la diferencia entre estas corrientes deben ser lo más baja posible y está entre los valores de 1 Pa y 50 Na. El amplificador puede saturarse cuando no existe camino resistivo para las corrientes de polarización.

Bajo ruido: Como el amplificador maneja señales de bajo amplitud, no debe generar ruido propio en la figura N° 37, se puede visualizar el amplificador instrumental que trae incorporado el AD8232. Este tiene un CMRR de 80 db para un determinado rango de frecuencia de 0 y 60hz la impedancia de entrada es 10Gohmios.

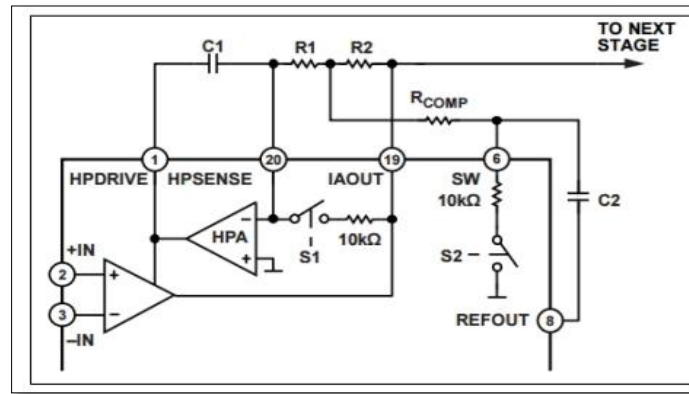


Figura 38. Amplificador de instrumentación. Información adaptada de <http://tdrobotica.co/monitor-de-ritmo-cardiaco-ad8232/358.html>.

En esta etapa se incorpora un amplificador que permite realizar un filtrado pasa-alto y con esto se eliminan las corrientes continuas. Con esto se eliminarían los offsets de los electrodos de hasta 300mv y señales de baja frecuencia como la línea de base. Conectando un circuito RC en medio de la salida del amplificador y de la entrada inversora, se forma un integrador que realiza la función de retroalimentación de las señales de baja frecuencia, eliminándola sin saturar ningún nodo y manteniendo la ganancia. En el caso de la placa Sparkfun el filtro es de dos polos, en la hoja de datos del AD8232 se observa recomendaciones de diseño con respecto a los valores de resistencias y de los capacitores que componen el filtro:

$$R1 = R2 > 100 \text{ k}\Omega$$

$$C1 = C2$$

$$R_{COMP} = 1.4 R1$$

La placa de Sparkfun lleva estas recomendaciones y en el circuito los valores de resistencia y de los capacitores se figaron en:

$$C1 = C2 = 0.33 \text{ }\mu\text{F}$$

$$R1 = R2 = 10 \text{ M}\Omega$$

$$R_{COMP} = 1.4 \text{ M}\Omega$$

La frecuencia de corte del filtro está dada por la siguiente ecuación:

$$F_c = \frac{10}{2\pi\sqrt{C1 R1 R2 C2}} \approx 0.438 \text{ Hz}$$

4.1.3 Masa virtual.

El AD8232 opera con una sola fuente. Esta incorpora un buffer de referencia para la creación de una masa virtual entre la tensión que hace de alimentación y la más común. La masa virtual hace referencia a la señal de salida del amplificador siempre y cuando haya una tensión diferencial de 0 voltios. El nivel de tensión es establecido en el pin REFIN, en el caso de la placa logra un divisor de tensión.

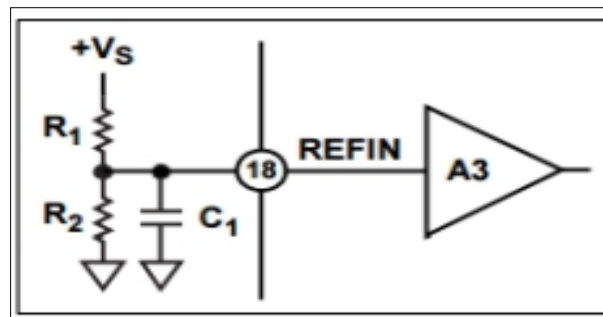


Figura 39. Buffer de referencia. Información adaptada de <http://tdrobotica.co/monitor-de-ritmo-cardiaco-ad8232/358.html>.

Las resistencias del buffer son de igual valor y por lo tanto con esto se obtiene como tensión de referencia la mitad de corriente de alimentación:

$$V_{REF} = \frac{R2}{R1 + R2} 3.125 \text{ V} = \frac{1}{2} 3.125 \text{ V} = 1.5625 \text{ V}$$

Con esto se logra que el rango de tensiones que es posible su amplificación sea simétrico para corrientes positivas y negativas.

4.1.4 Digitalización de la señal.

Una vez obtenida la señal de ECG respectivamente filtrada y amplificada por el sensor, es necesario la conversión de esta señal analógica a una digital que se pueda enviar mediante bluetooth. Para este proyecto se utilizó una PIC 16F887 uno para la conversión de A/D que

trae incorporado el microcontrolador, este también es muy importante para la transmisión de la señal vía bluetooth.

El microcontrolador necesita una alimentación de 3v a 5v, pero en los parámetros establecidos en la hoja de datos para el funcionamiento del prototipo se considera una tensión de 5v. por eso se realizó un regulador de tensión para poder obtener los 5v de la batería de 12v.

4.2 Transmisión vía bluetooth

El prototipo cada vez que se termina de convertir una muestra de señal analógica a digital es necesario él envía de esta señal a la aplicación móvil para que esta pueda graficar y ofrecer la información sobre dicha señal lo más rápido posible. Dicha comunicación se realiza por ondas de frecuencia en la banda de los 2.4ghz, se decidió usar este medio de envía por las siguientes ventajas:

- En la actualidad todos los teléfonos móviles cuentan con conectividad bluetooth
- Esta conectividad es permanente a diferencia de la conexión wi-fi que está disponible en lugares específicos.
- No representa costos al contrario del GPRS.

Para la transmisión, se envían los valores de los datos registrados correspondientemente a la conversión a un módulo del microcontrolador llamada UART o comúnmente llamado puerto serie este puerto se encarga de enviar o recibir de una manera serial hacia o desde un dispositivo.

4.3 Desarrollo de la Aplicación móvil

Para la aplicación móvil se desarrolló con el software escogido en el capítulo 3 de este proyecto el cual es App inventor, el cual se configura mediante un navegador web, si se usa un telefono se trabaja con el mismo conectándolo mediante un cable usb, la aplicación aparecerá en la pantalla del teléfono mediante se vaya desarrollando la aplicación, una de las ventajas si no se mantiene un teléfono móvil se puede usar un emulador que viene incluido en el paquete de instalación de App inventor, antes de comenzar conviene asegurar que el software y hardware son los indicados:

Pc y Sistema Operativo:

- Macintosh (con procesador Intel): Mac OS X 10.5, 10.6
- Windows: Windows XP, Windows Vista, Windows 7
- GNU / Linux: Ubuntu 8 +, 5 + Debia

Navegador:

- Mozilla Firefox 3.6 o superior
- Apple Safari 5.0 o superior
- Google Chrome 4.0 o superior
- Microsoft Internet Explorer 7 o superior

Teléfono móvil:

Las aplicaciones que son desarrolladas mediante App Inventor puede funcionar en cualquier dispositivo Android, el entorno de desarrollo de instalación se apoya directamente de los teléfonos siguientes:

- Google: Nexus S, Nexus One, ADP1, ADP2, Ion
- T-Mobile: * G1, myTouch 3G *
- Motorola: Droid

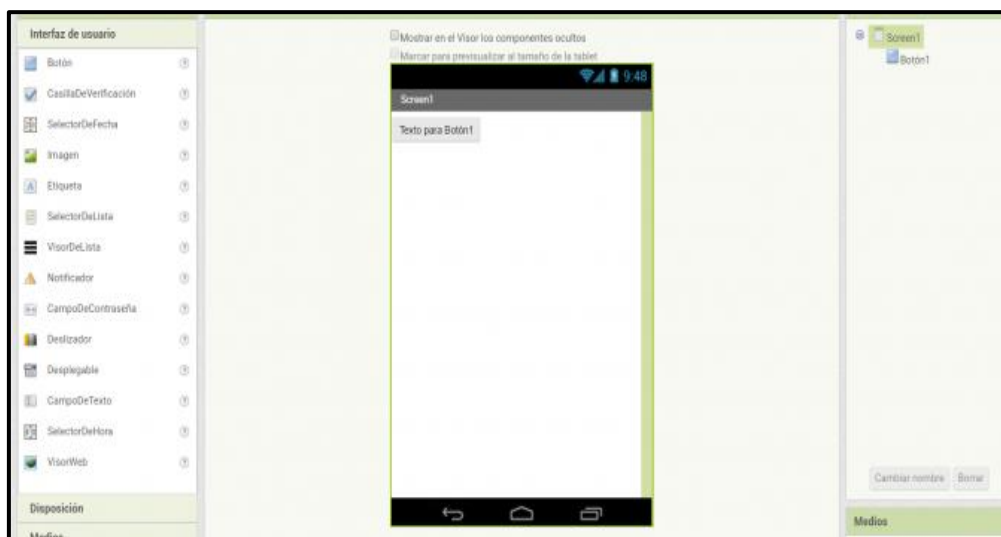


Figura 40. Página del desarrollador. Información adaptada de <http://appinventor.edu/html>.

Después de haber descargado el archivo, se procede a instalarlo se sigue las instrucciones del asistente de configuración de App Inventor y las herramientas, se tiene que tomar en consideración que puede existir un inconveniente con el sistema operativo Windows.

Para que la app también funcione también se tiene que instalar en el teléfono móvil en la página del desarrollador tendremos que instalar la aplicación MIT AI2 Companion en el teléfono, se abre código QR como se muestra en la figura N° 41.

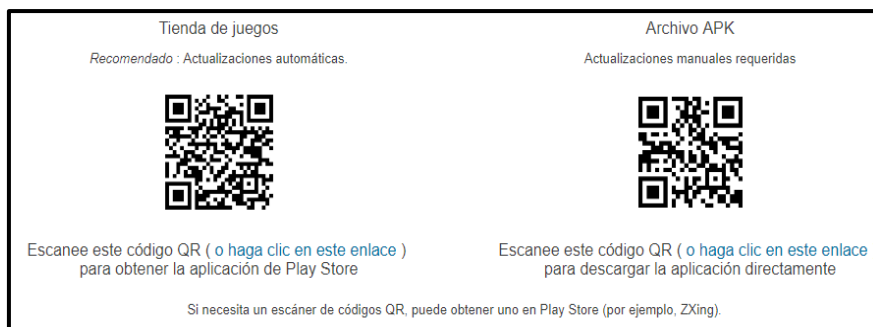


Figura 41. Código QR para instalación en teléfono móvil. Información adaptada de <http://appinventor.edu/html>.

Luego tendremos que conectarnos a la red wi-fi, app inventor nos mostrara automáticamente la aplicación que estamos creando siempre y cuando la computadora y el teléfono móvil estén conectados en la misma red wi-fi.

Abrimos un nuevo proyecto de App inventor y conectamos al dispositivo móvil como se muestra en la siguiente imagen:

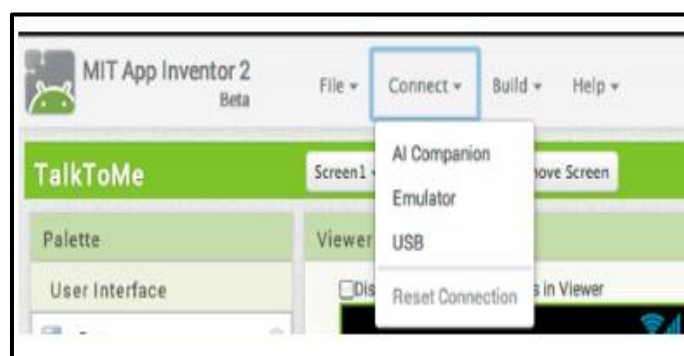


Figura 42. Apertura de un nuevo proyecto y conexión con el dispositivo móvil. Información adaptada de <http://appinventor.edu/html>.

Luego aparecerá un cuadro de dialogo con un nuevo código QR de la pantalla de la Pc, se escanea con el teléfono móvil, brevemente se podrá ver la aplicación que se está desarrollando en el dispositivo mediante vayamos desarrollando la app en la Pc también se podrá visualizar los cambios en el teléfono móvil.

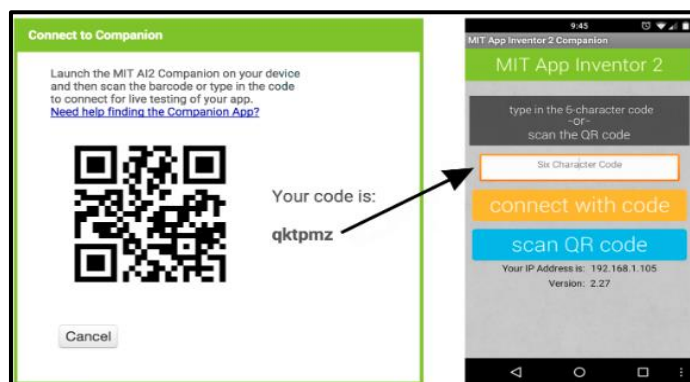


Figura 43. Código QR para emparejar dispositivo móvil. Información adaptada de <http://appinventor.edu/html>.

4.4 Configuración y Conexión Bluetooth

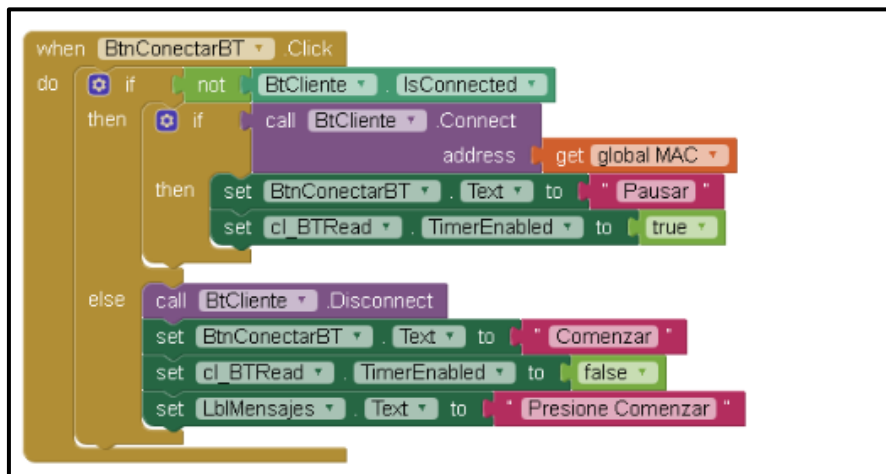


Figura 44. Configuración y conexión del módulo bluetooth. Información adaptada de <http://www.appinventor.edu/html>. Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier

Para esta configuración se usaron varias clases e interfaces disponibles para la conexión de bluetooth, lo primero que se configuro fue la solicitud de permiso ya que este nos permite establecer cualquier comunicación como por ejemplo solicitar o aceptar una conexión entre dispositivos. La siguiente línea de configuración se usó para esta parte.

Es recomendable verificar que sea compatible con nuestro dispositivo, como primer paso debemos programar para verificar la funcionalidad del bluetooth y luego se verifica que el bluetooth este activado:



Figura 45. Verificación y conexión del módulo bluetooth. Información adaptada de Pruebas con Prototipo. Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier

Para comenzar a detectar dispositivos, en el diseño de la app se configuro un botón de búsqueda denominado “Elije”, al seleccionarlo se mostrará los dispositivos bluetooth que se encuentran cerca del teléfono móvil, como nuestro modulo bluetooth es el módulo HC-06, nos aparecerá la mac address del módulo y su nombre como se muestra en la siguiente imagen:



Figura 46. Nombre y conexión del módulo bluetooth. Información adaptada de Pruebas con Prototipo. Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier

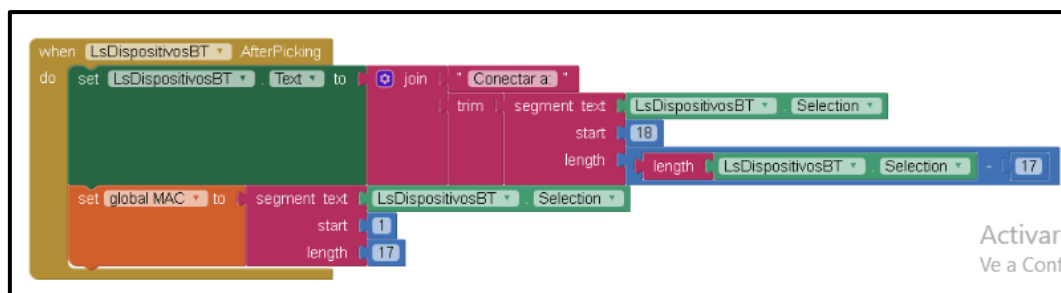


Figura 47. Programación del módulo bluetooth. Información adaptada de Pruebas con Prototipo. Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier

Se verifico como prueba solo el encendido del bluetooth como se puede apreciar en la siguiente imagen, donde vemos que la programación una vez subido a la placa automáticamente manda la orden para el encendido del bluetooth.



Figura 48. Encendido del módulo bluetooth. Información adaptada de Pruebas con Prototipo. Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier

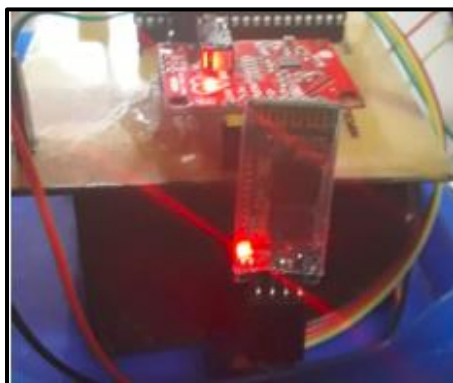


Figura 49. Placa AD8232 con modulo bluetooth encendido. Información adaptada de Pruebas con Prototipo. Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier

Cuando ya se verifico que la conexión a bluetooth funciona se procedió a adjuntar el sensor AD8232 a la PIC y se realizaron pruebas ya con el sensor en funcionamiento y se constató la recepción de los datos por parte del sensor y la conversión de analógica a digital por parte de la PIC16F887 y finalmente él envió de los datos por la placa bluetooth. En la imagen se comprueba los datos para la prueba del envío de la señal.

4.5 Montaje del prototipo

En la Figura N° 49 se puede observar el prototipo ya armado con sus respectivos componentes al ensamblar el prototipo se tuvieron varios inconvenientes, al momento de enviar la señal al teléfono móvil solo se la puede mostrar y no clasificar debido a que las señales de las enfermedades que se escogieron para este proyecto trabajaban en la misma frecuencia donde se complicó su desarrollo para que la aplicación móvil las pueda identificar ya que esa interpretación se necesitaba de un especialista (cardiólogo).

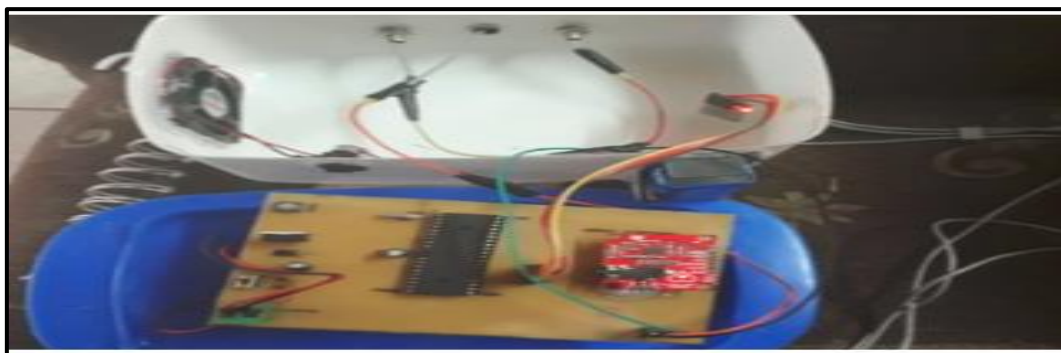


Figura 50. Prototipo terminado. Información adaptada de ensamblaje final del prototipo. Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier

Para el sensor AD8232 se configuro como indica el desarrollador, este condigo es el que permite que los electrodos para este prototipo se usó potenciómetros para generar la señal.

```
// Disable the Global Interrupts
//INTERRUPT_GlobalInterruptDisable();

// Enable the Peripheral Interrupts
//INTERRUPT_PeripheralInterruptEnable();

// Disable the Peripheral Interrupts
//INTERRUPT_PeripheralInterruptDisable();

while (1)
{
    //if(PORTBbits.RB1!=1 && PORTBbits.RB2!=1){
    if(!PORTBbits.RB1){
        analogico=ADC_GetConversion(channel_AN12);
        sprintf(msj,"%d%c",analogico,10);
        envia_cadena_usart(msj);
        __delay_ms(5);
    }

    // Add your application code
}

*
end of File
```

Figura 51. Programación del sensor AD8232. Información adaptada de Software de programación MicroC PIC. Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier

Una vez realizado la respectiva programación se realizó pruebas primero en la siguiente imagen se puede visualizar la señal obtenida por el prototipo.

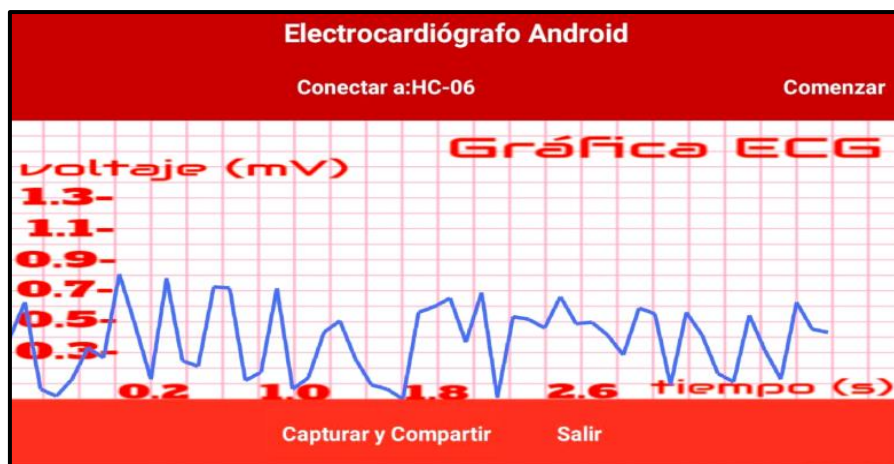


Figura 52. Señal obtenida por el prototipo y visualizada mediante el teléfono móvil. Información adaptada de Prueba con el prototipo. Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier

Se obtiene una señal cardiaca generada por los electrodos conectados al paciente, se puede observar que como el sensor es muy sensible ay ruido en la señal, se eliminó el ruido y las interferencias de la señal para obtener una señal mucho más clara para su interpretación.

Cuando se está realizando las pruebas, se pudo observar que el ruido no solo era del alrededor del prototipo también venia de la batería y del cable conectado del pickit 3 que generaba una pequeña interferencia con el sensor ad8232.

Para este proyecto se cumplió con el gasto estimado para el prototipo generando así un dispositivo de bajo costo a comparación con otros electrocardiógrafos en el mercado donde la mayoría no permite la visualización al teléfono móvil.

Tabla 23. Precios de componentes.

Componentes	Precio
Sensor AD8232	\$ 50.00
PIC16F887	\$ 8.00
Modulo Bluetooth HC-06	\$ 12.00
Baquelita	\$ 15.00
Pickit 3	\$ 23.00
TOTAL	\$ 108.00

Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier

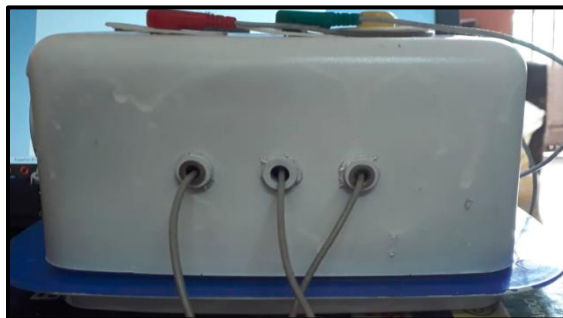


Figura 53. Prototipo Finalizado. Información adaptada de Prototipo. Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier

Se obtiene un dispositivo portable de bajo costo, de fácil manejo y económico, todavía en desarrollo con solamente una PIC, una placa AD8232 y un dispositivo de comunicación bluetooth.

4.6 Recomendaciones

Para tener una buena adquisición de las señales ECG mediante el prototipo es necesario el uso de electrodos nuevos para cada medición ya que estos pierden la capacidad para la toma de señales, de la misma forma se recomienda siempre limpiar el área donde se va a colocar los electrodos para tener una buena conducción.

El desarrollo del proyecto debe ejecutarse en etapas de acuerdo al diagrama de actividades, esto permite que el diseño sea metódico, evitando confusiones y errores en la programación.

Se puede utilizar un lenguaje de programación más rápido que el App inventor, con lenguajes de programación menos elevados y complejos que permitan mejorar la señal obtenida haciendo al momento de la visualización más lenta y un poco más clara.

Antes de poder clasificar la señal es recomendable un estudio profundo de estas señales con un especialista para evitar atrasos en la configuración y ensamblaje del prototipo.

4.7 Conclusiones

La operacionalizacion del prototipo no está limitada al médico, ya que una enfermera o enfermero se pueden capacitar para su uso.

Se seleccionó los componentes adecuados y de bajo costo que se logró cumplir con el objetivo específico de este proyecto.

La señal obtenida en la aplicación es aceptable, debido que es muy similar a la obtenida en un osciloscopio y también se compara con la señal con un equipo avanzado, teniendo del prototipo una señal limpia y similar.

Tener en consideración al momento de la elaboración de la PCB ya que un mal diseño o calculo puede ocasionar la presencia de ruido en la señal motivo por el cual se recomienda realizar la PCB apegado a las normas de diseño.

ANEXOS

Anexo 1

Manual de Usuario del Proyecto

“Prototipo de un electrocardiógrafo con visualización de la señal cardiaca en un dispositivo móvil”

Se describen los pasos a seguir para realizar un uso correcto del “Prototipo de un electrocardiógrafo con visualización de la señal cardiaca en un dispositivo móvil”. Cada sección de este documento representa un paso del proceso. Al final de este manual se encuentra un resumen de las acciones a seguir en caso de no necesitar instrucciones detalladas.

Advertencia médica

La información generada por el sistema aquí descrito y su manual no sustituyen de ninguna manera las recomendaciones médicas, diagnósticos o tratamientos profesionales. La información generada por el sistema y su manual únicamente debe ser utilizada con propósitos informativos. El usuario jamás debe descartar consejo médico profesional debido a las razones que haya podido generar a partir del uso de esta aplicación.

Advertencia general

. El usuario será responsable de comprender y aplicar las medidas de seguridad requeridas por las regulaciones vigentes en materia de dispositivos médicos. El usuario también velará por comprender y aplicar todas las medidas de seguridad necesarias para el correcto funcionamiento y uso del sistema. Las guías aquí descritas únicamente deben de ser utilizadas con propósitos informativos.

Requisitos

Para poder crear el electrocardiógrafo y utilizarlo son necesarios los siguientes componentes:

- PIC 16F887
- Placa Sensor AD8232 de Sparkfun
- Electrodo de la placa AD8232

- Dispositivo Android con la versión 4.2.X o superior del sistema operativo

Paso 1 : Colocación y conexión de los electrodos

Los electrodos deben colocarse en ambas muñecas y en el tobillo de la pierna derecha del sujeto de pruebas. Ha de comprobarse que la adherencia de los electrodos es correcta, sobre todo es importante que la parte central, la cual contiene el gel conductor, esté en contacto total con la superficie de la piel del sujeto.

A continuación, deberán conectarse los cables de la placa sensor AD8232 a los electrodos de la siguiente manera:

- Cable etiquetado como L conectado al electrodo de la muñeca izquierda.
- Cable etiquetado como R conectado al electrodo de la muñeca derecha.
- Cable etiquetado como D conectado al electrodo situado en el tobillo.

Paso 2: Preparación y activación del sistema

El primer paso para ensamblar el sistema electrónico es montar la placa AD8232 ECG Shield sobre el microcontrolador. Para ello deben alinearse los conectores de la placa AD8232 con los de la PIC y unir ambas placas con cables jumper. Ya que el número de conectores es diferente en ambas placas, éstas deben alinearse en la zona opuesta a donde están los conectores para los electrodos y el conector USB.

Llegado este momento compruébese que el LED ON de la placa y el LED PWR de la placa del sensor estén encendidos. En caso contrario comprobar las conexiones del pack de baterías.

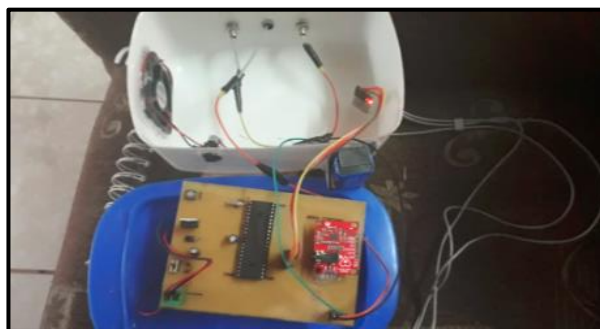


Figura 54. Prototipo Encendido. Información adaptada de Prototipo. Elaborado por *Caza Tipantasig Marcelo Javier*

Paso 3: Acoplamiento Bluetooth

Si es la primera vez que se usa el electrocardiógrafo con el dispositivo Android elegido, entonces los dispositivos deben de ser emparejados. Si desconoce el procedimiento, consúltase el Anexo 1 de este manual. En caso de no ser necesario el emparejamiento, continúese la lectura de esta sección.

El primer paso para establecer una conexión con el electrocardiógrafo ensamblado en la sección anterior es establecer una conexión entre dicho dispositivo y la aplicación. Para ello ejecútase la aplicación Android generada en el proyecto “Prototipo de un electrocardiógrafo visualizando de la señal cardiaca en un dispositivo móvil”. Aparecerá un listado de dispositivos Bluetooth emparejados con el Smartphone o Tablet Android, selecciónese el correspondiente al módulo Bluetooth conectado al prototipo.

Paso 4: Aplicación móvil

Si se han cumplido todas las indicaciones correctamente hasta el momento deberá visualizarse en el dispositivo Android.

- Asegurar que el sujeto de pruebas se encuentra en reposo, el sujeto debe evitar cualquier movimiento o el habla
- Comprobar que los cables están en buen estado y que no se han desconectado de los electrodos
- Comprobar que los cables están correctamente conectados a los electrodos correspondientes

En caso de que siguiendo las anteriores indicaciones el electrocardiograma siga siendo defectuoso repítanse los pasos de la sección 2. Si aun así el ECG sigue siendo defectuoso entonces contactar con el creador de este manual.

Paso 5: Diagnostico Automatizado

Para realizar el diagnóstico debe desplegarse el menú lateral desde la izquierda. Para ello debe arrastrarse el dedo desde el borde izquierdo del dispositivo hacia el centro de la pantalla. En dicho menú seleccionar la opción Diagnóstico. Explicar al

sujeto de pruebas que debe mantenerse inmóvil durante los siguientes diez (10) segundos y pulsar el botón Comenzar.



Figura 55. Señal de Prototipo. Información adaptada de Prototipo. Elaborado por Caza Tipantasig Marcelo Javier

Aparecerán en pantalla una serie de datos relativos al ECG del sujeto y un breve diagnóstico de las alteraciones cardíacas que pudiera estar sufriendo. Si la lista está vacía, entonces el sujeto no debería sufrir ninguna patología cardíaca.

Resumen

- Adherir electrodos al sujeto de pruebas
- Conectar los cables del sensor a los electrodos correctamente
- Ensamblar el sistema electrónico: Unir placas de la PIC y el sensor, conectar módulo Bluetooth, conectar baterías. Seguir el diagrama 2
- Emparejar módulo Bluetooth con el dispositivo Android (únicamente necesario la primera vez)
- Iniciar app
- Seleccionar módulo Bluetooth correspondiente al PIC en la app
- Para iniciar el diagnóstico automatizado síganse los pasos de la sección 5.

Anexo 2

Diagrama de Adquisición

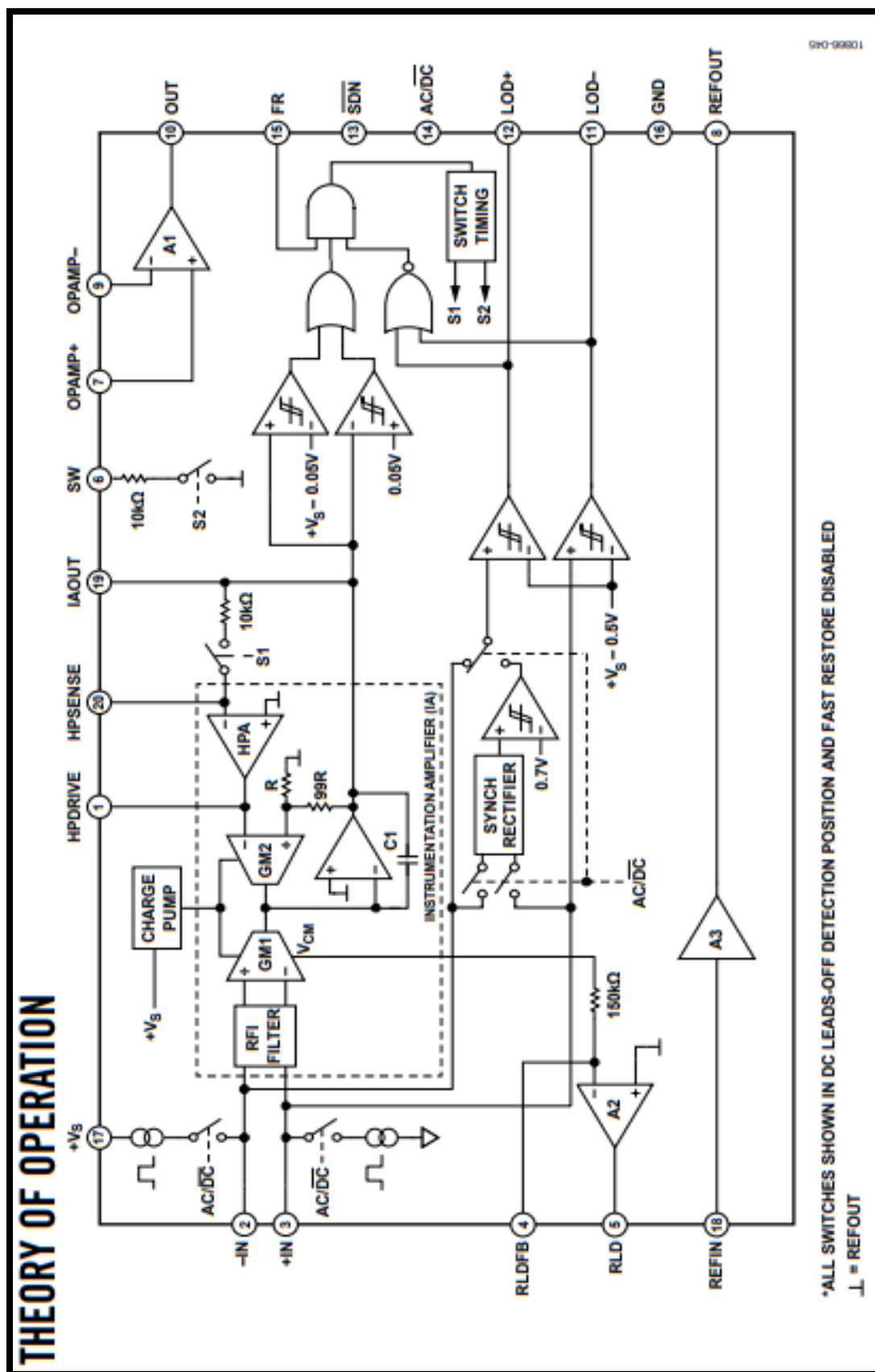


Figura 56. Diagrama de adquisición. Información adaptada de Theory of operation. Elaborado por el autor

Anexo 3

Circuito de Aplicación

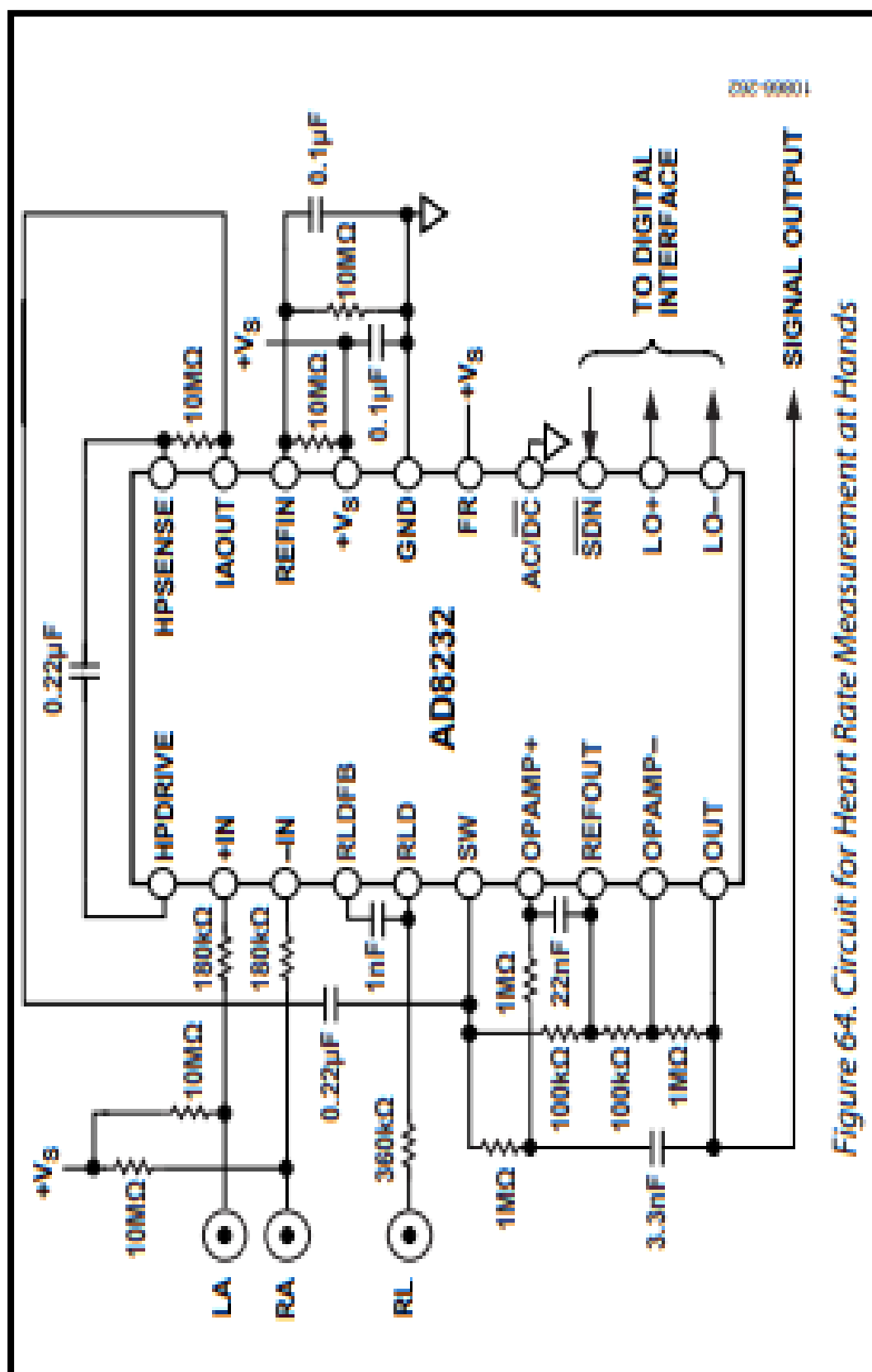


Figure 64. Circuit for Heart Rate Measurement at Hands

Figura 56. Diagrama de adquisicion. Información adaptada de *Theory of operation*. Elaborado por el autor

Anexo 4

Circuito de Alimentación Sensor AD8232

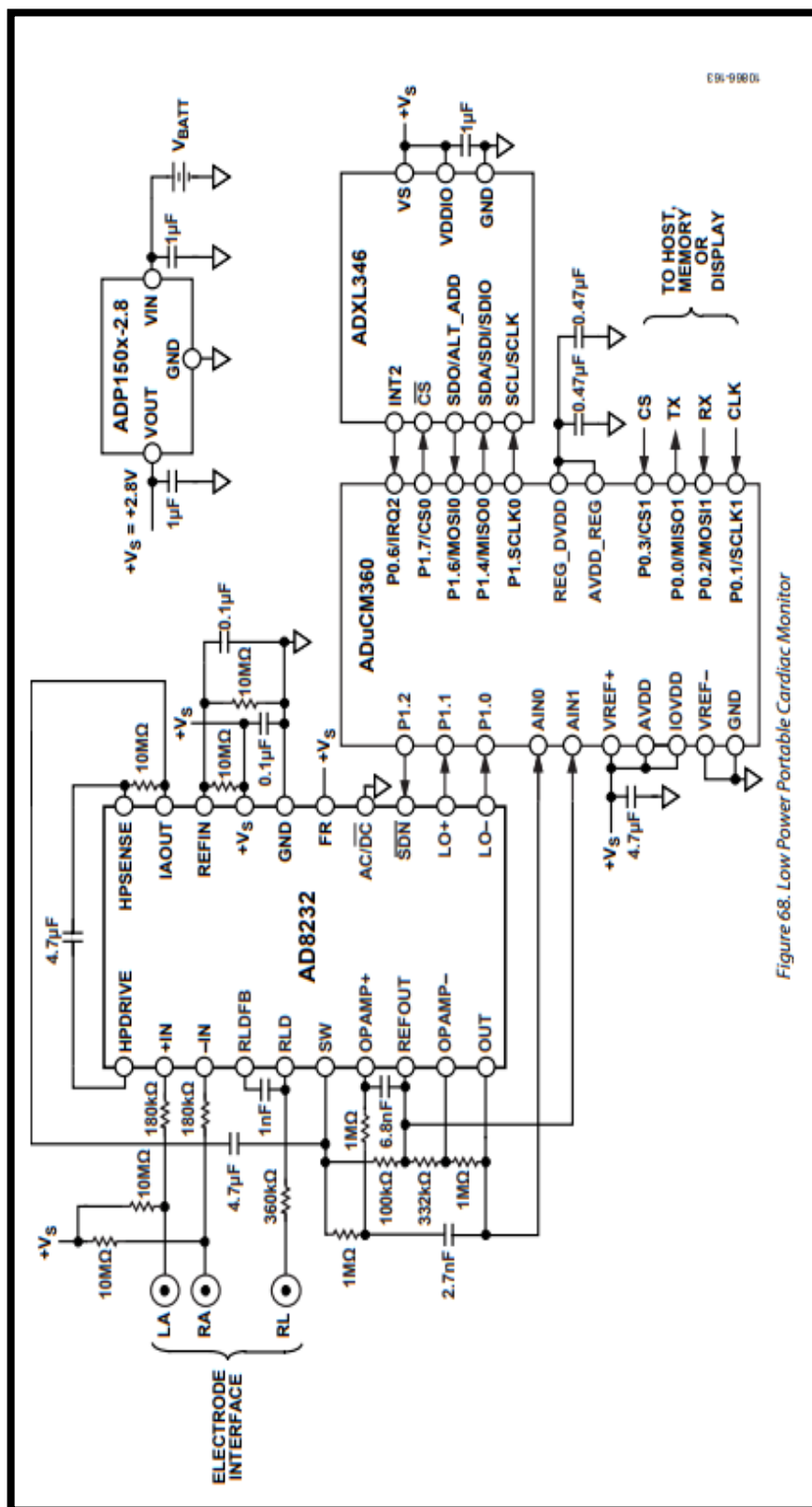


Figure 68. Low Power Portable Cardiac Monitor

Figura 56. Diagrama de adquisicion. Información adaptada de Theory of operation. Elaborado por el autor

Anexo 5

Diagrama Esquemático

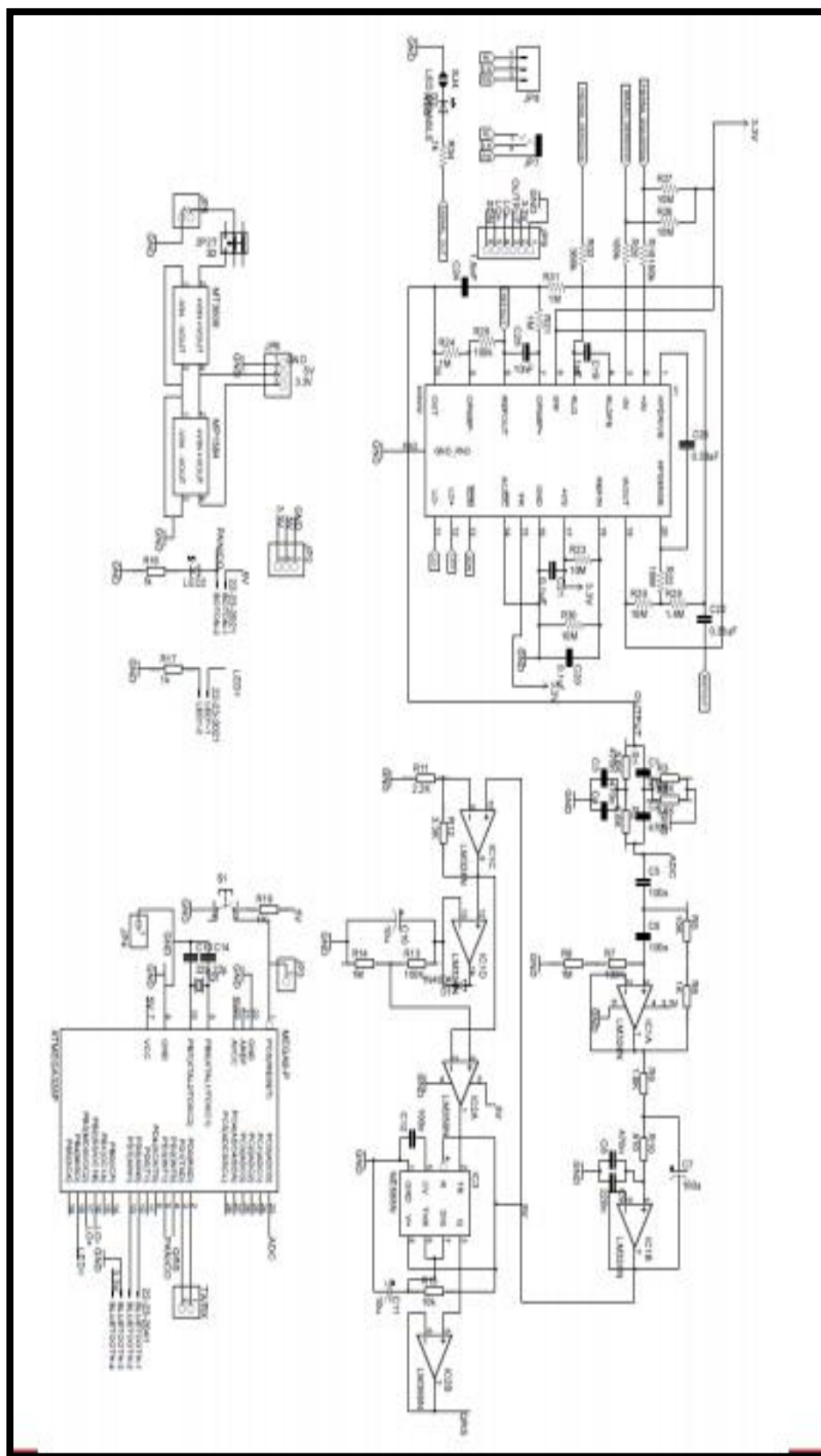


Figura 56. Diagrama de adquisicion. Información adaptada de Theory of oepration. Elaborado por el autor

Anexo 6

Código de Configuración de Bluetooth

/**

Generated Main Source File

Company:

Microchip Technology Inc.

File Name:

main.c

Summary:

This is the main file generated using PIC10 / PIC12 / PIC16 / PIC18 MCUs

Description:

This header file provides implementations for driver APIs for all modules selected in the GUI.

Generation Information :

Product Revision : PIC10 / PIC12 / PIC16 / PIC18 MCUs - 1.65.2

Device : PIC18LF46K22

Driver Version : 2.00

*/

/**

(c) 2018 Microchip Technology Inc. and its subsidiaries.

Subject to your compliance with these terms, you may use Microchip software and any derivatives exclusively with Microchip products. It is your responsibility to comply with third party

license terms applicable to your use of third party software (including open source software) that

may accompany Microchip software.

THIS SOFTWARE IS SUPPLIED BY MICROCHIP "AS IS". NO WARRANTIES,
 WHETHER
 EXPRESS, IMPLIED OR STATUTORY, APPLY TO THIS SOFTWARE, INCLUDING
 ANY
 IMPLIED WARRANTIES OF NON-INFRINGEMENT, MERCHANTABILITY, AND
 FITNESS
 FOR A PARTICULAR PURPOSE.

IN NO EVENT WILL MICROCHIP BE LIABLE FOR ANY INDIRECT, SPECIAL,
 PUNITIVE,
 INCIDENTAL OR CONSEQUENTIAL LOSS, DAMAGE, COST OR EXPENSE OF
 ANY KIND
 WHATSOEVER RELATED TO THE SOFTWARE, HOWEVER CAUSED, EVEN IF
 MICROCHIP
 HAS BEEN ADVISED OF THE POSSIBILITY OR THE DAMAGES ARE
 FORESEEABLE. TO

THE FULLEST EXTENT ALLOWED BY LAW, MICROCHIP'S TOTAL LIABILITY
 ON ALL
 CLAIMS IN ANY WAY RELATED TO THIS SOFTWARE WILL NOT EXCEED THE
 AMOUNT
 OF FEES, IF ANY, THAT YOU HAVE PAID DIRECTLY TO MICROCHIP FOR THIS
 SOFTWARE.

*/

```
#include "mcc_generated_files/mcc.h"
```

```
#include "mcc_generated_files/adc.h"
```

```
/*
```

 Main application

```
*/
```

```
void main(void)
```

```
{
```

```
    // Initialize the device
```

```
    unsigned int analogico = 0;
```

```
    uint8_t msj[30]={0};
```

```

SYSTEM_Initialize();
//ADC_Initialize();

// If using interrupts in PIC18 High/Low Priority Mode you need to enable the Global High
and Low Interrupts
// If using interrupts in PIC Mid-Range Compatibility Mode you need to enable the Global
and Peripheral Interrupts
// Use the following macros to:

// Enable the Global Interrupts
//INTERRUPT_GlobalInterruptEnable();

// Disable the Global Interrupts
//INTERRUPT_GlobalInterruptDisable();

// Enable the Peripheral Interrupts
//INTERRUPT_PeripheralInterruptEnable();

// Disable the Peripheral Interrupts
//INTERRUPT_PeripheralInterruptDisable();

while (1)
{
    //if(PORTBbits.RB1!=1 && PORTBbits.RB2!=1){
    if(!PORTBbits.RB1){
        analogico=ADC_GetConversion(channel_AN12);
        sprintf(msj,"%d%c",analogico,10);
        envia_cadena_usart(msj);
        __delay_ms(5);
    }

    // Add your application code
}
}

```


/**

End of File

*/

Bibliografía

- Guirao Torres, O. (2016).Entrevista. Revisión acerca del haloperidol, el intervalo QT y efectos secundarios asociados. Publicaciones didactica, 6.
- Android Studio, Herramienta para Crear Aplicaciones Android. (3 de AGOSTO de 2018). Sitio web <https://okhosting.com/blog/android-studio-herramienta-crear-aplicaciones/>
- Azcona, D. L. (30 de julio de 2018).Informe. Signos y síntomas del infarto de miocardio. Obtenido de https://www.fbbva.es/microsites/salud'cardio/mult/fbbva_librocorazon_cap30.pdf
- BIBLIOTECA DE INVESTIGACIONES. (24 de JULIO de 2018). Sitio web. <https://bibliotecadeinvestigaciones.wordpress.com/biologia/sistemas-y-aparatos-del-cuerpo-humano/sistema-circulatorio/>
- Borge, M. J. (2011).Entrevista. Fisiología Humana. Cantabria: opencourseware.
- Cahua, A. E. (2015).Informe. Diseño e implementación de un sistema inalámbrico. Lima: facultad de ciencias e ingeniería.
- CARRIÓN, A. D. (2015).Informe. “Diseño de un ekg (electrocardiógrafo). Guayaquil: escuela superior politécnica.
- CASTAÑO, J. (2012).Informe. Diseño electrocardiografo. Mexico: escuela superior mecanica.
- DIABETES, P. O. (13 de julio de 2018).Informe. Medical college pakistan. Obtenido de <http://ayubmed.edu.pk/JAMC/PAST/21-2/Khurshid.pdf>
- MORI, D. E. (2009). Informe. .Riesgo y Prevención Cardiovascular.
- Toledo, D. S. (2012, mayo 30). Informe. Universidad virtual de salud manuel fajardo. Octubre 2, de 2017
[Http://uvsfajardo.sld.cu/diferencia-entre-cuestionario-y-encuesta](http://uvsfajardo.sld.cu/diferencia-entre-cuestionario-y-encuesta)
- Novillo-Ortiz, D. (2016).Informe. Implementación de un servicio en telematica . Washington.
- SGARLATTA, A. (2016) .Informe. Sensor inalámbrico de ECG conectado vía Bluetooth. Córdoba: Facultad de ciencias exactas, físicas y naturales.
- M. L. Ahlstrom, W. J. Tompkins. Libro “Digital Filters for RealTime ECG Signal Processing Using Microprocessors”. IEEE Transactions on Biomedical Engineering. Vol. 32. 1985. pp. 708-713.
- J. Proakis. Tratamiento digital de señales: Principios, algoritmos y aplicaciones. 3a ed. Ed. Prentice Hall. Madrid. 1997. pp. 300-315.
- F. Kusumoto. ECG Interpretation: Libro From Pathophysiology to Clinical Application. Ed. Springer. New York. 2009. pp. 13-19.
- Braunwald E. (ed) (1997) Libro, Heart Disease: A Textbook of Cardiovascular Medicine, Fifth Edition, p. 108, Philadelphia, W.B. Saunders Co.. ISBN 0-7216-5666-8.
- Stewart Russell y Peter Norvig. Libro Inteligencia Artificial. Un enfoque moderno. 2.a ed. Pearson, 2004.
- John G. Webster. Libro Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation. 2.a ed. Wiley, 2010.