

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES
CARRERA DE INFORMÁTICA



TESIS DE GRADO

**“MODELO DE CONTROL Y DIAGNÓSTICO DE ENFERMEDADES
CARDIOVASCULARES”**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIATURA EN INFORMÁTICA
MENCIÓN: INGENIERÍA DE SISTEMAS INFORMÁTICOS

POSTULANTE: MAURICIO MIJAILDE LA QUINTANA ILLANES

TUTOR METODOLÓGICO: Ph.D. FATIMA DOLZ DE MORENO

ASESOR: Lic. JAVIER REYES PACHECO

LA PAZ – BOLIVIA

2016



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES
CARRERA DE INFORMÁTICA**



LA CARRERA DE INFORMÁTICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES PERTENECIENTE A LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.

LICENCIA DE USO

El usuario está autorizado a:

- a) visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la referencia correspondiente respetando normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADOS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.

DEDICATORIA

*A mi queridos Papás Nancy y
Nelson por su apoyo
incondicional en todos mis
emprendimientos que
hicieron posible que pueda
conseguirlos. A mi hermano
Marcelo quien aparte de ser
mi hermano es el mejor
amigo que puedo tener. Lo
más valioso no es lo que
tengo sino a quien tengo en
esta vida*

Gracias ...

AGRADECIMIENTOS

Al culminar esta etapa en mi proceso de formación profesional doy primeramente gracias a Dios por darme la oportunidad de lograr mis metas y acompañarme siempre.

Agradezco a mi tutora metodológica Dra. FatimaDolz de Moreno que me ha guiado en mi investigación durante cada etapa de este trabajo, sus observaciones y correcciones fueron de gran ayuda para mi.

De igual manera un agradecimiento especial a mi asesor Lic. Javier Reyes Pacheco por brindarme su tiempo dándome sus correcciones siempre con la verdad y con mucha paciencia. Su apoyo y aliento fue excepcional.

Agradezco la carrera de informática en donde me forme como profesional, en especial a los docentes que siempre me enriquecieron con su conocimiento y valores humanos. Sin su guía nada de esto sería posible.

Agradezco a mis compañeros, ellos fueron importantes y con ellos compartí grandes momentos y les deseo lo mejor.

RESUMEN

Esta tesis versa sobre un modelo de control y diagnóstico de enfermedades cardiovasculares usando dispositivos como manillas y su conexión con sistemas de análisis alojados en la nube usando internet para brindar apoyo al médico en el control, seguimiento y diagnóstico del paciente.

El primer capítulo, describe la problemática, muestra los antecedentes, plantea objetivos, y establece la hipótesis.

El marco teórico, describe las enfermedades cardiovasculares, el cálculo del pulso cardiaco y su uso para determinar la presión, también se describe el micro controlador arduino y los sensores de pulso que se integran en el marco práctico.

El marco práctico, expone con detalle la forma de las ondas cardiacas y su uso en el diagnóstico de enfermedades, también expone como se integran en la práctica los dispositivos hardware.

El marco aplicativo, expone como se emplea la metodología mobil-d para la construcción de la pulsera y el software de análisis de información, se comienza con la definición de un plan para la construcción del prototipo, luego se expone la conveniencia de usar herramientas software como el IDE Android Studio 2.2 y el IDE Arduino para programar el hardware del prototipo, los componentes usados son un microcontrolador arduino, un teléfono inteligente con sistema operativo android, uno modulo bluetooth y un sensor de presión cardiaca. Para crear el sistema de análisis de datos, se desarrolla una aplicación web alojada en la nube.

Palabras clave:

ABSTRACT

This thesis is about a model for the control and diagnosis of cardiovascular diseases using devices such as handcuffs and their connection with systems of analysis housed in the use of internet to provide medical support in the control, monitoring and diagnosis of the patient.

The first chapter describes the problem, shows the background, sets objectives, and establishes the hypothesis.

The theoretical framework, describing cardiovascular diseases, calculating heart rate and their use to determine pressure, also describes the arduino micro controller and pulse sensors that are integrated into the practical framework.

The practical framework, details the shape of the heart waves and their use in the diagnosis of diseases, also explains how the hardware of the devices are integrated in practice.

The application framework explains how to use the mobile-d methodology for the construction of the bracelet and the software of information analysis, it begins with the definition of a plan for the construction of the prototype, then exposes the convenience of using software of Tools As the IDE Android Studio 2.2 and the Arduino IDE to program prototype hardware, components used a nicrocontroller array, a smartphone with Android operating system, a bluetooth module and a heart pressure sensor. To create the data analysis system, a web application is developed in the cloud.

INDICE GENERAL

◆ Dedicatoria	
◆ Agradecimientos	
◆ Resumen	
CAPITULO I	1
MARCO PRELIMINAR.....	8
1.1. INTRODUCCION	8
1.2. ANTECEDENTES	10
1.2.1 APLICACIONES Y SOFTWARE RELACIONADOS.....	10
1.2.2 PROYECTOS RELACIONADOS	12
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.3.1 PROBLEMA PRINCIPAL.....	13
1.3.2 PROBLEMAS SECUNDARIOS	13
1.4 OBJETIVOS	14
1.4.1 Objetivo General.....	14
1.4.2 Objetivos Específicos	14
1.5 HIPOTESIS	14
1.6 VARIABLES	15
1.7 JUSTIFICACIONES.....	15
1.7.1 JUSTIFICACION SOCIAL.....	15
1.7.2 JUSTIFICACION TECNICA	15
1.7.3 JUSTIFICACION CIENTIFICA	16
1.8 LIMITES Y ALCANCES	16
1.8.1 LIMITES	16
1.8.2 ALCANCES.....	17
CAPITULO II	18
MARCO TEORICO.....	18
2.1. ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES	18
2.1.1 TIPOS DE ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES	18
2.1.2 PRINCIPALES FACTORES DE RIESGO	20
2.1.3 CALCULO DE LA FRECUENCIA CARDIACA	23
2.1.4 USO DEL PULSO EN LA MEDICION DE LA PRESION ARTERIAL	24

2.1.5 SISTEMA DE CONDUCCION CARDIACO	24
2.1.6 RITMO SINUSUAL	26
2.2. EQUIPOS MÉDICOS PARA DETECTAR ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES	26
2.2.1. ELECTROCARDIOGRAMA	26
2.3. TECNOLOGÍA ARDUINO	28
2.4 SENSORES APLICADOS A LA MEDICINA	30
CAPITULO III.....	31
MARCO PRÁCTICO	31
3.2. ELECTRODOS DEL ELECTROCARDIOGRAMA	33
3.3. FORMA DE EVALUACIÓN PARA UN DIAGNÓSTICO DEL ELECTROCARDIOGRAMA.....	36
3.3.1. TOMA DEL PULSO	37
3.3.2. RITMOS CARDIACOS IRREGULARES	39
3.3.3. SINTOMAS Y DIAGNOSTICO	41
3.4. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL SENSOR DE PULSO CARDIACO	42
3.4.1. CARACTERISTICAS DEL SENSOR DEL PULSO CARDIACO.....	43
3.5. PLACA DE CONTROL ARDUINO UNO.....	44
3.5.1. FUNCIONES BASICAS	45
3.5.2. CONTROL DE PUERTOS PARA EL SENSOR	45
3.6. MÓDULO DE COMUNICACIÓN BLUETOOTH.....	46
CAPITULO IV.....	52
MARCO APLICATIVO	52
4.1 METODOLOGÍA MOBIL-D	52
4.1.1 FASE EXPLORACION	52
4.1.2 FASE DE INICIACION	54
4.1.3 FASE DE PRODUCCION	57
4.1.4 FASE ESTABILIZACION.....	65
4.3. PRUEBA DE HIPOTESIS	69
CAPITULO V	72
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	72
5.1. CONCLUSIONES	72
5.2. RECOMENDACIONES	72
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	73

CAPITULO I

MARCO PRELIMINAR

1.1. INTRODUCCION

La problemática en la detección y tratamiento de enfermedades cardiovasculares se ha incrementado a través de los años, esto porque los factores de riesgo como ser: el consumo de tabaco, la obesidad, la inactividad física y el consumo nocivo del alcohol se han acentuado en nuestra sociedad.

Las enfermedades cardiovasculares son unos de los males que afectan más a nuestra sociedad en donde los bolivianos tenemos tendencia a sufrir muchas enfermedades. A nivel mundial las enfermedades cardiovasculares son la principal causa de muerte en todo el mundo y la gran parte de los afectados son personas de bajos ingresos. Las previsiones a futuro indican que los casos de enfermedades cardiovasculares aumentaran en nuestra sociedad a causa de factores de riesgo que sean incrementado como: el consumo del tabaco, la obesidad, la inactividad física y el consumo nocivo del alcohol. Su tratamiento en algunos casos es crítico porque requiere de médicos especialistas y equipos que en muchos casos son muy caros para la realidad boliviana. Existe poco enfoque en la labor de prevención donde se encuentra que no hay voluntad de gastar más recursos para mejorar las labores de detección temprana.

Las dificultades en la detección pueden impedir el socorro oportuno, en razón de que un elemento crítico es el tiempo de respuesta, las demoras excesivas son causa de muertes innecesarias y sin duda un instrumento para la detección de estas enfermedades es una ayuda que beneficia a la población afectada, además de que puede mejorar la efectividad de los médicos y hospitales en nuestro país.

Los pacientes que sufren de enfermedades cardiovasculares requieren atención especial e inmediata. En algunos casos, el paciente no puede hablar o comunicarse de manera normal. Además, cuando existe una emergencia no se puede saber la condición que sufre el paciente a menos que este un amigo o pariente este presente. En estos casos una herramienta, que sea aliado de los médicos y hospitales, para informar del estado del paciente ayudaría a mejorar el tiempo de respuesta en beneficio del paciente.

El diseño de los sistemas de medición portátiles (wearables) tiene un interés creciente en la investigación en los últimos años, debido a las posibles aplicaciones en la medicina, en el deporte y en la industria. La adopción de esta tecnología en la salud móvil es prometedora para mejorar la calidad de vida de nuestra sociedad.

La enorme cantidad de datos que se puede recoger usando sistemas portátiles para monitorear el estado del paciente tiene que ser administrado y procesado para obtener información clínicamente relevante. Técnicas de análisis de datos, tales como el procesamiento de señales procesamiento de patrones, minería de datos y otras metodologías han permitido a las aplicaciones de monitoreo remoto una efectividad que antes hubiera parecido imposible.

El Internet de las cosas IOT¹ es un tema emergente y de importancia técnica, social y económica, en los últimos años productos en general y sobre todo bienes duraderos como ser automóviles, camiones, componentes industriales, sensores y otros objetos de uso cotidiano se combinan a través de una conexión a Internet con potentes capacidades de análisis de datos y están transformando la manera en que trabajamos y vivimos. Las proyecciones del impacto de la IOT en la economía son impresionantes, estudios estiman un impacto económico a nivel mundial de más de \$ 11 billones de dólares para el 2025.

Los múltiples usos de los sistemas y productos que se conectan a internet (IOT) están cambiando la industria, en el campo de la salud los pacientes y los proveedores de salud

¹Internet Of Things (Internet de las Cosas)

se benefician del internet de las cosas y algunos usos especializados son aplicaciones médicas móviles o wearables² que permiten a los pacientes capturar sus datos de salud y a los hospitales utilizar el IOT para mantener control sobre ubicación y estado de dispositivos médicos, personal, y los signos vitales de los pacientes.

1.2. ANTECEDENTES

La problemática de las enfermedades cardiovasculares en Bolivia y en particular en la ciudad de La Paz tienen estrecha relación con las actuales condiciones de vida, la inequidad social y el acceso al servicio de salud; y las enfermedades cardíacas son una de las principales causas de muerte.

Las tareas de prevención aún no fueron implementadas y que consisten en la formación de una conducta en la sociedad donde se cumplan ciertas normas como los chequeos periódicos y la correcta alimentación. Para esto es importante hacer campañas de prevención que abarquen a todo el conjunto social y que tengan un alto grado de participación social.

Según la OMS³ se tiene que las Enfermedades Cardiovasculares (ECV) son la principal causa de muerte en todo el mundo. Cada año mueren más personas por ECV que por cualquier otra causa. Las muertes por ECV afectan por igual a ambos sexos, y más del 80% se producen en países de ingresos bajos y medios.

1.2.1 APLICACIONES Y SOFTWARE RELACIONADOS

Realizando una investigación se vio que existen aplicaciones comerciales parecidas en funcionalidad:

TITULO	AUTOR	AÑO	DESCRIPCION
---------------	--------------	------------	--------------------

²Del inglés wearable device (dispositivo vestible).

³Organización Mundial de la Salud

Angelsensor	Angelsensor Sensor	2015	Ángel del sensor es una pulsera flexible, que se puede usar 24/7. Supervisa sus signos vitales y le proporciona datos que se pueden utilizar para informar a su estilo de vida, lo que lleva a una mejor salud y condición física
HealthBand	HealthBand project	2015	Es un brazalete de vigilancia de la salud móvil capaz de leer los signos vitales de un ser humano (la frecuencia del pulso y el cuerpo-temperatura).
medicalhistorybracelet	Medicalhistorybracelet Inc	2014	La pulsera de Historia Médica CARE hace que usted pueda tomar el control de su historial médico. Este potente y fácil de usar software le permite entrar en su historia clínica completa personal que luego se puede descargar al dispositivo usted
UP2 tracker	jawbone	2016	Mejorar la calidad de sus días y noches a través de una comprensión más profunda de cómo su dieta, el sueño, la actividad y las decisiones que tome afectan a su salud y bienestar.

Tabla 1: Aplicaciones similares del exterior

Fuente: (medicalhistorybracelet, 2016)

1.2.2 PROYECTOS RELACIONADOS

Realizando una investigación se vio que existen tesis que tienen temas relacionados con el presente trabajo:

TITULO	AUTOR	AÑO	DESCRIPCION
FACTORES DE RIESGO EN LAS ENFERMADRES CARDIOVASCULARES	Radka Ivanova	2010	Estudia los factores de riesgo que influyen en la aparición de enfermedades cardiovasculares. Brinda una completa explicación sobre la naturaleza de estas enfermedades junto con varios métodos para detectarlas.
A HYDRYD SYSTEM FOR THE DISEASE RISK EVALUATION	Shen Jen Jian, Kang- Hong Liou, Kuey Kei Chiu	2014	Es el desarrollo de un sistema híbrido basado en redes neuronales y lógica difusa para evaluar el riesgo de contraer enfermedades coronarias.

Tabla 2: Tesis y Proyectos similares
Fuente: Internet

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.3.1 PROBLEMA PRINCIPAL

Debido a la falta de una atención oportuna para los pacientes que sufren de enfermedades cardiovasculares, y agravado por la sobresaturación de los centros de salud.

¿Como se puede ayudar a mejorar la atención y el diagnostico de las enfermedades cardiovasculares, haciendo que el proceso sea rápido y no requiera en muchos casos de ir a un centro médico?

1.3.2 PROBLEMAS SECUNDARIOS

En base a las interrogantes mencionadas se plantean los siguientes problemas:

- Mecanismos de control de enfermedades vasculares inefectivos.
- Demora excesiva en el tiempo de socorro.
- Falta de una visión de futuro que integre las nuevas tecnologías.
- Falta de control respecto al gran crecimiento de vehículos por parte de la alcaldía.
- Falta de comprensión por parte del público sobre los factores de riesgo que inciden.
- Demora excesiva en la toma de decisiones debido al uso de métodos empíricos.

Cuando se encara un problema de forma rápida y efectiva usando las tecnologías de la información tenemos la posibilidad de dar soluciones rápidas sin necesidad de estudios. El internet de las cosas nos permite integrar múltiples dispositivos a internet y su alcance abarca entre muchos campos a la medicina.

Si no se implementa una solución que responda a los problemas cardiovasculares seguiremos siendo uno de los países con más mortalidad. Sin embargo, contar con una herramienta de fácil uso y poderosas funcionalidad dará una ventaja tecnológica.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Construir una manilla que sea capaz de medir los signos de presión y pulso de un paciente y así poder diagnosticar enfermedades cardiovasculares y guardar los datos en un centralizador donde se podrá hacer seguimiento.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Brindar al personal médico una herramienta que pueda ayudarles a hacer un seguimiento a sus pacientes en tiempo real.
- Apoyar la prevención de enfermedades por medio del diagnóstico adecuado.
- Elaborar un modelo para diagnosticar enfermedades cardiovasculares.
- Poder llevar el historial del paciente en la nube.
- Promover un cambio hacia el uso del internet de las cosas para resolver problemas de la sociedad.

1.5 HIPOTESIS

El uso de una manilla, que se construirá para tomar de datos vitales(pulso y presión) y que se conectará internet (IOT) con un sistema centralizador de análisis de datos, medirá de manera oportuna (en tiempo real) los datos vitales del paciente con el objetivo de mejorar el control médico de la salud del paciente, y proporcionará información que de efectividad a las políticas de salud pública.

1.6 VARIABLES

INDEPENDIENTES

- Manilla para toma de datos vitales (pulso y presión).
- Sistema centralizador de análisis de datos.

DEPENDIENTES

- Medición oportuna de los datos vitales del paciente.
- Control médico de la salud del paciente.
- Efectividad de las políticas de salud públicas.

1.7 JUSTIFICACIONES

1.7.1 JUSTIFICACION SOCIAL

La sociedad exige cambios en el Sistema de salud ya que se ve en una situación muy precaria. El crecimiento demográfico exige más médicos y lastimosamente los especiales en enfermedades cardiovasculares son muy pocos para atender la demanda que existe. El tener un diagnóstico previo ayudara a aumentar la calidad de vida en general. El tener una herramienta reporte y ayuda a la toma de decisiones y políticas públicas como sectores de alto riesgo.

1.7.2 JUSTIFICACION TECNICA

NODEJS⁴ es una herramienta gratuita basada JavaScript que permite hacer la comunicación con servidores de una forma más rápida. NPM (nodepackagemodules) es el mayor ecosistema de librerías de código abierto en el mundo.

MQTT⁵ es un protocolo de comunicación de máquina de máquina a (M2M) / para el "Internet de las cosas". Fue diseñado para transportar, publicar de una forma

⁴Entorno en tiempo de ejecución multiplataforma web

⁵Protocolo de conectividad enfocado a M2M (machine-to-machine)

extremadamente ligera mensajes. Es útil para las conexiones con lugares remotos donde y donde el ancho de banda es escaso.

ANGULARJS⁶ es un framework de aplicaciones web de código abierto mantenido principalmente por Google y por una comunidad de personas y empresas para hacer frente a muchos de los problemas encontrados en el desarrollo de aplicaciones de una sola página.

Su objetivo es simplificar el desarrollo y la prueba de este tipo de aplicaciones, proporcionando un marco para el lado del cliente modelo-vista-controlador (MVC) y el modelo-vista-modelo de vista (MVVM), la arquitectura, junto con los componentes utilizados comúnmente en aplicaciones dinámicas de Internet.

1.7.3 JUSTIFICACION CIENTIFICA

El avance de la tecnología nos permite crear nuevas herramientas para tomar medidas efectivas, manejar mejor los datos, generar información y gestionar soluciones científicas.

1.8 LIMITES Y ALCANCES

1.8.1 LIMITES

El centralizador recibirá la información de las mediciones de los signos del paciente para su posterior análisis y luego enviara la información a quien corresponda, la posterior toma de decisiones de acuerdo a la información es responsabilidad del personal médica.

Poner en algún sistema de ubicación como google maps, maps de Apple o mapas de Microsoft la ubicación de los pacientes y su información para que los médicos puedan ubicarlos en caso de encontrarse en una emergencia, la funcionalidad se limitara a la ubicación.

⁶Framework de desarrollo Web

1.8.2 ALCANCES

La manilla tendrá el alcance de poder medir la presión y el ritmo cardiaco y mandara los datos al Sistema centralizado y que cuyos datos serán referencia para el diagnóstico.

El sistema centralizador, aunque puede ser una herramienta muy útil para el control de los signos vitales del paciente, pero no puede reemplazar a un doctor más se lo ve del lado complementario a su labor.

El sistema simulador se pensó también como una Fuente de información con la cual se puede hacer un historial del paciente y poder subirlo a un servidor para poder verlo en diferentes dispositivos.



CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES

La enfermedad cardiovascular es un término amplio para problemas con el corazón y los vasos sanguíneos. Estos problemas a menudo se deben a la aterosclerosis. Esta afección ocurre cuando la grasa y el colesterol se acumulan en las paredes del vaso sanguíneo (arteria). Esta acumulación se llama placa. Con el tiempo, la placa puede estrechar los vasos sanguíneos y causar problemas en todo el cuerpo. Si una arteria resulta obstruida, esto puede llevar a que se presente un ataque cardíaco o un accidente cerebrovascular (Medline Plus, 2016).

2.1.1 TIPOS DE ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES

- La cardiopatía coronaria (CHD, por sus siglas en inglés) es el tipo más común de enfermedad cardíaca y sucede cuando se acumula placa en las arterias que conducen al corazón. También se llama arteriopatía coronaria (CAD, por sus siglas en inglés). Cuando se estrechan las arterias, el corazón no puede recibir suficiente sangre y oxígeno. Una arteria bloqueada puede causar un ataque cardíaco. Con el tiempo, la cardiopatía coronaria puede debilitar el miocardio y provocar insuficiencia cardíaca o arritmias (Medline Plus, 2016).
- La insuficiencia cardíaca ocurre cuando el miocardio se vuelve rígido o débil. No puede bombear suficiente sangre oxigenada, lo cual causa síntomas en todo el cuerpo. La enfermedad puede afectar el lado derecho o el lado izquierdo del corazón. Es muy frecuente que ambos lados del corazón estén comprometidos. La hipertensión arterial y la arteriopatía coronaria son causas comunes de la insuficiencia cardíaca (Medline Plus, 2016).

- Las arritmias son problemas con la frecuencia cardíaca (pulso) o el ritmo cardíaco. Esto ocurre cuando el sistema eléctrico del corazón no funciona correctamente. El corazón puede palpar demasiado rápido, demasiado lento o en forma irregular. Algunos problemas del corazón, como un ataque cardíaco o una insuficiencia cardíaca, pueden causar problemas con el sistema eléctrico del corazón. Algunas personas nacen con una arritmia (Medline Plus, 2016).
- Las enfermedades de las válvulas cardíacas ocurren cuando una de las cuatro válvulas en el corazón no funciona correctamente. La sangre puede escaparse a través de la válvula en la dirección equivocada (llamado regurgitación), o es posible que una válvula no se abra lo suficiente y bloquee el flujo sanguíneo (llamado estenosis). Un latido cardíaco inusual, llamado soplo cardíaco, es el síntoma más común. Algunos problemas del corazón, como un ataque cardíaco, una cardiopatía o una infección, pueden causar enfermedades de las válvulas del corazón. Algunas personas nacen con problemas de válvulas cardíacas (Medline Plus, 2016).
- La arteriopatía periférica ocurre cuando las arterias de las piernas y los pies se estrechan debido a la acumulación de placa. Las arterias estrechas reducen o bloquean el flujo sanguíneo. Cuando la sangre y el oxígeno no pueden llegar a las piernas, esto puede lesionar los nervios y tejidos (Medline Plus, 2016).
- La presión arterial alta (hipertensión) es una enfermedad cardiovascular que puede conducir a otros problemas tales como ataque cardíaco, insuficiencia cardíaca y accidente cerebrovascular (Medline Plus, 2016).
- Un accidente cerebrovascular causado por la falta de flujo sanguíneo al cerebro. Esto puede suceder debido a un coágulo de sangre que viaja a los vasos sanguíneos en el cerebro o un sangrado en el cerebro. El accidente cerebrovascular tiene muchos de los mismos factores de riesgo que una cardiopatía (Medline Plus, 2016).
- La cardiopatía congénita (CHD, por sus siglas en inglés) es un problema con la estructura y funcionamiento del corazón que está presente al nacer. Este término

puede describir muchos problemas diferentes que afectan el corazón. Es el tipo más común de anomalía congénita.) (Medline Plus, 2016).

2.1.2 PRINCIPALES FACTORES DE RIESGO

Hay muchos factores de riesgo asociados con las enfermedades cardiovasculares. Algunos factores de riesgo como la historia familiar, etnia y edad, no pueden ser remediados. Otros factores de riesgo que pueden ser tratados o remediados incluyen exposición al tabaco, presión arterial alta (hipertensión), colesterol alto, obesidad, inactividad física, diabetes, dietas poco saludables y el uso nocivo del alcohol.

Particularmente en los países en desarrollo se enfrentan al crecimiento en el número de pacientes que sufren de enfermedades cardiovasculares, también a los flagelos de la nutrición deficiente y las enfermedades infecciosas. Sin embargo, con la excepción del África subsahariana, las enfermedades cardiovasculares son la principal causa de muerte en el mundo en desarrollo.

No necesariamente se tendrá una enfermedad cardiovascular si tiene un factor de riesgo. Sin embargo, cuantos más factores de riesgo tenga, mayor será la probabilidad de que lo haga, a menos que tome medidas para modificar sus factores de riesgo y trabaje para evitar que comprometan la salud del corazón. Entre los múltiples factores de riesgo tenemos a los siguientes que son los principales:

- La hipertensión es el factor de riesgo más grande para el movimiento. También juega un papel importante en los ataques al corazón. Se puede prevenir y tratar con éxito, pero sólo si ha diagnosticado y se somete a un régimen alimenticio además de usar ciertos fármacos.
- Los niveles anormales de lípidos en la sangre, que es un colesterol total alto, altos niveles de triglicéridos, altos niveles de lipoproteína de baja densidad o niveles bajos de colesterol de lipoproteínas de alta densidad (HDL), aumentan el

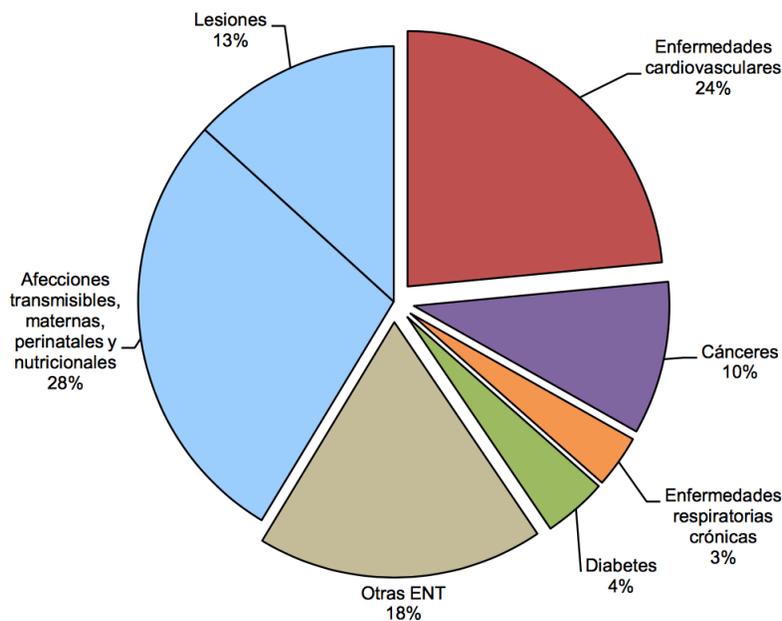
riesgo de enfermedad cardíaca y accidente cerebrovascular. Cambiar a una dieta saludable, el ejercicio y la medicación pueden modificar su perfil lipídico en la sangre.

- El consumo de tabaco, ya sea fumar o masticar tabaco, aumenta los riesgos de enfermedades cardiovasculares. El riesgo es especialmente alto si usted comienza a fumar cuando es joven, fumar fuerte o es una mujer. El tabaquismo pasivo también es un factor de riesgo para las enfermedades cardiovasculares. Detener el consumo de tabaco puede reducir significativamente el riesgo de enfermedad cardiovascular, sin importar cuánto tiempo haya fumado.
- La inactividad física aumenta el riesgo de enfermedad cardíaca y accidente cerebrovascular en un 50%. La obesidad es un riesgo importante para las enfermedades cardiovasculares y predispone a la diabetes. La diabetes es un factor de riesgo para las enfermedades cardiovasculares.
- La diabetes tipo 2 es un importante factor de riesgo de enfermedad coronaria y accidente cerebrovascular. Tener diabetes le hace dos veces más probable que alguien que no desarrolla enfermedad cardiovascular. Si no controla la diabetes, entonces es más probable que desarrolle enfermedades cardiovasculares a una edad más temprana que otras personas y será más devastador. Si usted es una mujer pre-menopáusicas, su diabetes anula el efecto protector del estrógeno y su riesgo de enfermedad cardíaca aumenta significativamente.
- Una dieta rica en grasas saturadas aumenta el riesgo de enfermedad cardíaca y accidente cerebrovascular. Se estima que causa alrededor del 31% de la enfermedad coronaria y el 11% de los accidentes cerebrovasculares en todo el mundo.
- Ser pobre, aumenta su riesgo de enfermedad cardíaca y accidente cerebrovascular. Una vida crónicamente estresante, el aislamiento social, la ansiedad y la depresión aumentan el riesgo de enfermedad cardíaca y accidente cerebrovascular.
- Ciertos medicamentos pueden aumentar el riesgo de enfermedades del corazón como la píldora anticonceptiva y la terapia de reemplazo hormonal (TRH).

- La hipertrofia ventricular izquierda (HVI) es un factor de riesgo para la mortalidad cardiovascular.
- Simplemente envejecer es un factor de riesgo para la enfermedad cardiovascular; El riesgo de accidente cerebrovascular se duplica cada década después de los 55 años.
- La historia familiar de enfermedades cardiovasculares de su familia indica su riesgo. Si un pariente de sangre de primer grado ha tenido una enfermedad coronaria o un accidente cerebrovascular antes de los 55 años de edad (para un familiar varón) o de 65 años (para una mujer) el riesgo aumenta.

En nuestro país la afectación por las enfermedades cardiovasculares es muy grande considerando que los factores de riesgo son cada vez más comunes en nuestro entorno basta ver la figura siguiente :

Mortalidad proporcional (% del total de muertes, todas las edades, ambos sexos)*



Total de muertes: 72,000
Se calcula que las ENT son la causa del 59% del total de las muertes.

Figura 1. Mortalidad
Fuente (OMS 2014)

Factores de riesgo para adultos			
	hombres	mujeres	total
Consumo de tabaco actual (2011)	42%	18%	30%
Consumo total de alcohol per cápita, en litros de alcohol puro (2010)	9.1	2.7	5.9
Tensión arterial elevada (2008)	27.8%	21.2%	24.4%
Obesidad (2008)	9.6%	25.9%	17.9%

2.1.3 CALCULO DE LA FRECUENCIA CARDIACA

La frecuencia cardíaca es el número de contracciones del corazón o pulsaciones por unidad de tiempo. Se mide en condiciones bien determinadas (de reposo o de actividad) y se expresa en pulsaciones por minuto a nivel de las arterias periféricas y en latidos por minuto (lat/min⁷) a nivel del corazón. La medición del pulso se puede efectuar en distintos puntos, pero lo más habitual es que se lo mida en la muñeca, en el cuello o en el tórax (A Practical Guide to Clinical Medicine, 2016).

Según la definición que da la física, la frecuencia de un hecho o suceso cíclico es el número de veces que se repite el suceso dentro de la unidad de tiempo utilizada:

$$f = \frac{n \text{ veces}}{T}$$

Ecuación 1. Calculo de la frecuencia

Por lo tanto, como el evento cíclico que se mide aquí para el corazón es el número de latidos y el intervalo de tiempo utilizado para la medición en un minuto, la fórmula queda así:

$$f = \frac{n \text{ latidos}}{\text{minuto}}$$

Ecuación 2. Intervalo de tiempo utilizado para la medición en un minuto.

⁷Latidos por minuto

2.1.4USO DEL PULSO EN LA MEDICION DE LA PRESION ARTERIAL

Con independencia de la técnica de medición de la presión arterial, para evitar errores y para que los valores obtenidos sean comparables se recomienda proceder de acuerdo con la siguiente secuencia:

- La frecuencia cardíaca se medirá en pulsaciones por minuto a nivel de las arterias periféricas y en latidos por minuto (lat/min) a nivel del corazón; esto se hará en reposo, en un lugar con una temperatura ambiente de entre 20 y 24 °C y con el paciente sentado.
- La medición de la frecuencia cardíaca por contacto físico se efectuará un minuto antes de la medición de la presión arterial.

Se repetirá dos veces la medición durante un minuto y se calculará el valor promedio (SAC, 2015).

2.1.5SISTEMA DE CONDUCCION CARDIACO

El sistema de conducción cardíaco son las estructuras se produce y se trasmite el estímulo eléctrico que permite la contracción del corazón. Sus principales elementos son el Nodo Sinusal, el Nodo Auriculoventricular (Nodo AV), el Haz de His y las fibras de Purkinje.

En un latido normal, el impulso eléctrico es generado por el Nodo Sinusal, desde donde se propaga a ambas aurículas, provocando la contracción auricular.

Mediante vías preferenciales auriculares el impulso llega al Nodo AV que, tras retrasar el impulso, lo trasmite al Haz de His y este, a través de sus dos ramas, lo propaga a todo el miocardio por las Fibras de Purkinje (La Web del Electrocardiograma, 2015).



Figura 1. Sistema de conducción cardíaco

Fuente: (Medline Plus, 2016)

- **Nodo Sinusal:** El primer componente del Sistema de Conducción es el Nodo Sinusal o de Keith y Flack. El Nodo Sinusal es una estructura subepicárdica, en forma de huso situada entre la vena cava superior y la orejuela derecha. Su principal característica es el automatismo de sus células, que generan una estimulación eléctrica a una frecuencia de 60 a 100 impulsos por minuto, iniciando el estímulo eléctrico y controlando el Ritmo Cardíaco (La Web del Electrocardiograma, 2015).
- **Nodo Auriculoventricular:** La siguiente estructura del Sistema de Conducción Cardíaco es el Nodo Auriculoventricular, también llamado Nodo AV o Nodo de Aschoff-Tawara. El Nodo AV se encuentra en la base del septo interauricular, en el vértice del Triángulo de Koch. Su principal función es transmitir los estímulos de las aurículas a los ventrículos, ya que es la única conexión entre ambas estructuras (excepto si existiese vía accesoria). El Nodo AV realiza otras funciones importantes: Retrasa el impulso cardíaco (separando la sístole auricular y ventricular) y limita la cantidad de estímulos que llegan a los ventrículos, evitando que arritmias auriculares, como la Fibrilación Auricular, puedan transmitirse en su totalidad provocando Arritmias Ventriculares (La Web del Electrocardiograma, 2015).
- **Haz de His:** El Haz de His es la continuación del Nodo AV que penetra en el cuerpo fibroso central. Tiene un trayecto común que varía en cada persona,

posteriormente se divide en dos ramas, la Rama Derecha y la Rama Izquierda. Ambas Ramas recorren el septo interventricular, hasta que la Rama Izquierda se divide en dos fascículos, los fascículos anterior y posterior que se extienden desde la base de ambos músculos papilares hasta el miocardio adyacente, ramificándose posteriormente y terminando en las fibras de Purkinje (La Web del Electrocardiograma, 2015).

2.1.6 RITMO SINUSUAL

El Ritmo Sinusal es el ritmo normal del corazón. Es producido por la estimulación desde el Nodo Sinusal de ambas Aurículas, pasando por el nodo AV y posterior conducción a ventrículos por el Haz de His y ramas siguientes (La Web del Electrocardiograma, 2015).

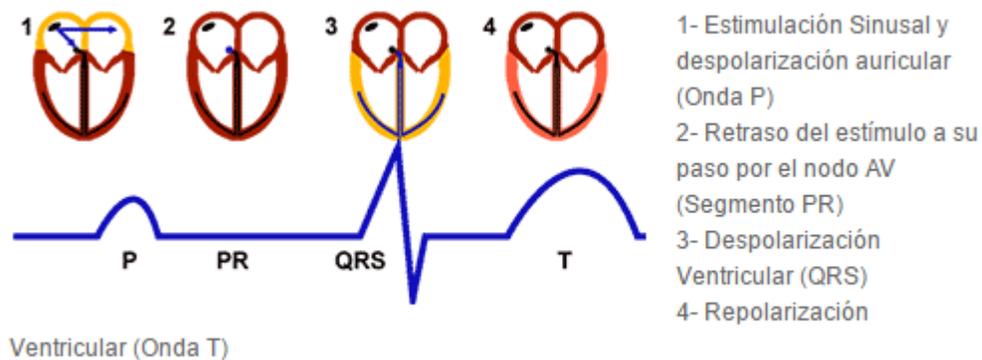


Figura 2. Conducción cardíaca
 Fuente: (SAC, 2015)

2.2. EQUIPOS MÉDICOS PARA DETECTAR ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES

2.2.1. ELECTROCARDIOGRAMA

El electrocardiograma (EKG o ECG) es una prueba diagnóstica que evalúa el ritmo y la función cardíaca a través de un registro de la actividad eléctrica del corazón.

El corazón late porque se emiten señales eléctricas que nacen de la aurícula derecha (en una estructura llamada nodo Sinusal) y se transmiten por unas vías específicas que se distribuyen por todo el corazón, dando lugar al latido cardíaco. Esta actividad eléctrica se puede recoger a través de unos electrodos que se pegan en la piel, concretamente en la parte anterior del pecho y en los brazos y piernas.

Los impulsos eléctricos se registran en forma de líneas o curvas en un papel milimetrado o de manera digital, las cuales traducen la contracción o relajación tanto de las aurículas como de los ventrículos. Este registro en papel es lo que se llama electrocardiograma.



(a) Equipo Digital (b) Registro de pulsos cardiacos en el electrocardiograma

Figura 3. Electrocardiograma
Fuente: (La Web del Electrocardiograma, 2015)

2.3. TECNOLOGÍA ARDUINO

Arduino es una compañía de hardware libre, la cual desarrolla placas de desarrollo que integran un microcontrolador y un entorno de desarrollo (IDE), diseñado para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios.

El hardware consiste en una placa de circuito impreso con un microcontrolador, usualmente Atmel AVR, y puertos digitales y analógicos de entrada/salida, tres de los cuales pueden conectarse a placas de expansión (shields) que amplían las características de funcionamiento de la placa arduino.

Por otro lado, el software consiste en un entorno de desarrollo (IDE) basado en el entorno de Processing y lenguaje de programación basado en Wiring, así como en el cargador de arranque (bootloader) que es ejecutado en la placa.³ El microcontrolador de la placa se programa a través de un computador, haciendo uso de comunicación serial mediante un convertidor de niveles RS-232 a TTL⁸ serial.

La primera placa Arduino fue introducida en el 2005, ofreciendo un bajo costo y facilidad de uso para novatos y profesionales buscando desarrollar proyectos interactivos con su entorno mediante actuadores y sensores.

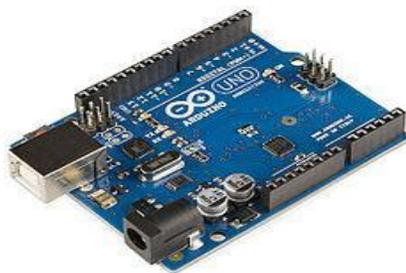


Figura 4. Arduino Uno
Fuente: (Arduino.cc, 2016)

A partir de Octubre del año 2012, se incorporaron nuevos modelos de placas de desarrollo que hacen uso de Microcontroladores CortexM3, ARM de 32 bits, que

⁸Transistor TransistorLogico

coexisten con los originales modelos que integran Microcontroladores AVR de 8 bits. ARM y AVR no son plataformas compatibles a nivel binario, pero se pueden programar y compilar bajo el IDE clásico de Arduino sin ningún cambio.

2.3 EL INTERNET DE LAS COSAS

El internet de las Cosas (IOT) es la red de objetos-dispositivos físicos, vehículos, edificios y otros objetos incrustados con la electrónica, software, sensores y conectividad de que la red permite a estos objetos recopilar e intercambiar datos.

El concepto de una red de dispositivos inteligentes se discutió ya en 1982, con una maquina de Coca-Cola modificada en la Universidad Carnegie Mellon, convirtiéndose en el primer dispositivos conectado a internet, en condiciones de informar de su inventario y si las bebidas recién cargadas estaban frías. La IEEE en ese entonces, describió el concepto de internet de las cosas como el movimiento de pequeños paquetes de datos a un gran tamaño de nodos, con el fin de integrar y automatizar todo, desde electrodomésticos a fabricas enteras. Entre 1993 y 1996 varias empresas hicieron propuestas como Microsoft o Novell. Sin embargo, solo en 1999 se inicia el campo tomando impulso.

2.3.1 COMPONENTES DE UN SISTEMA BASADO EN IOT

Consiste en ciertos elementos como ser:

- Un dispositivo con sensores que sea el transmisor.
- Un protocolo de comunacion entre maquinas.
- Una base de datos de almacenamiento.
- Mecanismos para manejar una gran cantidad de datos.
- Sistema centralizador de datos.

2.3.2 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN

Un protocolo de comunicación es esencial ya que ahí se describirán los protocolos y esos serán escogidos en base a nuestras necesidades. En este caso escogeremos al protocolo MQTT, que es un protocolo de mensajería sencillo y muy ligero. Este protocolo está diseñado para dispositivos con capacidades limitadas y un ancho de banda limitado usando de manera eficiente los recursos y minimizar la cantidad de paquetes perdidos.

2.4 SENSORES APLICADOS A LA MEDICINA

El "Pulse sensor" es un sensor para Arduino inmediatamente utilizable que permite medir el pulso de una persona. Está perfectamente adecuado para la investigación, que quieren fácilmente incorporar datos creados por el pulso de una persona en sus proyectos.

Este sensor combina un sensor óptico de latidos amplificado con un circuito de cancelación de ruido que permite una lectura rápida y fiable de los datos. Además, su consumo de corriente es sólo de 4mA⁹ a 5 voltios, lo que resulta ser muy cómodo para aplicaciones móviles.



Figura 5. Sensor de ritmo cardiaco
Fuente: (dA, 2015)

⁹miliamperios unidad de medida de la corriente

Solo debe ser conectado al Arduino para empezar a leer los latidos. El cable de 61 cm se termina con un conector macho por lo que no hace falta soldarlo (dA, 2015).



CAPITULO III MARCO PRÁCTICO

3.1. ONDAS DEL ELECTROCARDIOGRAMA

Las Ondas son las distintas curvaturas, hacia arriba o hacia abajo. Son producto de los potenciales de acción que se producen durante la estimulación cardiaca y se repiten de un latido a otro, salvo alteraciones.

Las ondas electrocardiográficas han sido denominadas P, Q, R, S, T, U por ese orden y van unidas entre sí por una línea isoelectrica.

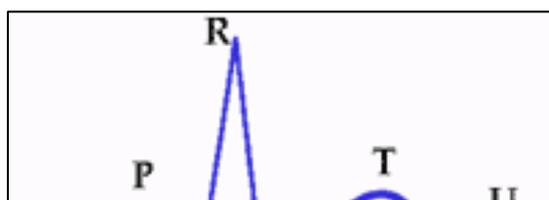


Figura 6. Característica de la curvatura de las ondas del electrocardiograma
Fuente: (A Practical Guide to Clinical Medicine, 2016)

- Onda P: Es la primera onda del ciclo cardiaco. Representa la despolarización de las aurículas. Está compuesta por la superposición de la actividad eléctrica de ambas aurículas.

Su parte inicial corresponde a la despolarización de la Aurícula Derecha y su parte final a la de la Aurícula Izquierda. La duración de la Onda P es menor de 0,10 s (2,5 mm de ancho) y un voltaje máximo 0,25 mV¹⁰ (2,5 mm de alto).

- Onda Q: Dos cosas importantes sobre esta onda :
 - ✓ Si hay una mínima onda positiva en el QRS previa a una onda negativa, la onda negativa no es una Q, es una onda S, por muy pequeña que sea la onda positiva previa.
 - ✓ No toda onda Q significa infarto. En un Electrocardiograma normal hay ondas Q en determinadas derivaciones, sin que tengan un significado patológico.
- Onda T: Representa la repolarización de los ventrículos. Generalmente es de menor amplitud que el QRS que le precede. En un Electrocardiograma normal es

¹⁰Milivoltios unidad de medida del voltaje

positiva en todas las derivaciones. Aunque puede ser negativa en obesos y en niños, jóvenes y en mujeres. La Onda T normal es asimétrica, con la porción ascendente más lenta que la descendente.

- Onda U: Onda habitualmente positiva, de escaso voltaje, que aparece sobre todo en derivaciones precordiales y que sigue inmediatamente a la Onda T. Se desconoce su origen, podría significar la repolarización de los músculos papilares.

3.2. ELECTRODOS DEL ELECTROCARDIOGRAMA

Como observamos en la Figura 9. Cada parte de la onda tiene un nombre y un significado, vamos a ver la forma de interpretar la onda, la onda es la actividad eléctrica del corazón, que se obtiene, desde la superficie corporal, en el pecho, con un electrocardiograma en forma continua. Es el instrumento principal y tiene una función relevante del diagnóstico final de las enfermedades cardiovasculares, alteraciones metabólicas y la predisposición a una muerte súbita cardíaca.

Las enfermedades cardiovasculares son alteraciones del funcionamiento eléctrico normal del corazón como la arritmia cardíaca. Como se muestra en la Figura 10, son potencialmente malignas y constituyen una de las principales causas de mortalidad en el mundo occidental. Hoy en día, el estudio de los mecanismos de las arritmias patológicas se asienta sobre dos ámbitos de investigación: de un lado, el análisis de señales cardíacas registradas mediante sistemas de captación con electrodos en estudios clínicos y/o experimentales, tales como el electrocardiograma.

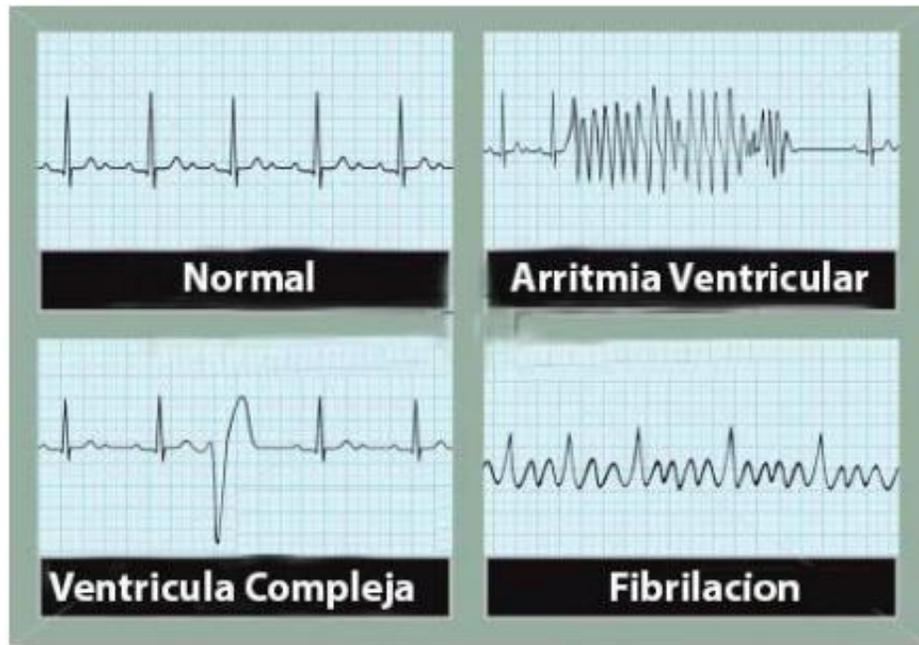


Figura 7. La curvatura de las ondas del electrocardiograma de un ser humano
 Fuente: (A Practical Guide to Clinical Medicine, 2016)

- **Electrodos Periféricos**

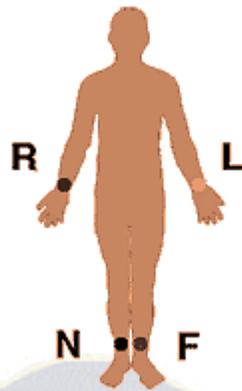


Figura 8. Electrodo periférico
Fuente: (Medline Plus, 2016)

Los Electrodo Periféricos son cuatro y van colocados en las extremidades del paciente se muestran en la figura 8. Normalmente se diferencian con un color distinto para cada uno.

- ✓ R: Brazo derecho (Right), evitando prominencias óseas.
- ✓ L: Brazo izquierdo (Left), evitando prominencias óseas.
- ✓ F: Pierna izquierda (Foot), evitando prominencias óseas.
- ✓ N: Pierna derecha, es el Neutro (N).

- **Electrodo Precordiales**

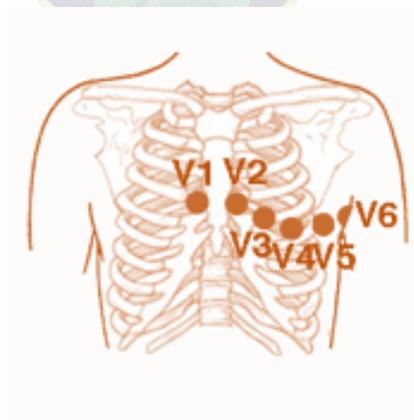


Figura 9. Electrodo Precordiales
Fuente: (Medline Plus, 2016)

Los electrodos precordiales son seis y van colocados en la región precordial se muestran en la figura 9.

- ✓ V1: En el Cuarto espacio intercostal, en el borde derecho del esternón.
- ✓ V2: En el Cuarto espacio intercostal, en el borde izquierdo del esternón.
- ✓ V3: A la mitad de distancia entre los electrodos V2 y V4.
- ✓ V4: En el quinto espacio intercostal en la línea medio-clavicular (baja desde el punto medio de la clavícula).
- ✓ V5: En la misma línea horizontal que el electrodo V4, pero en la línea axilar anterior (baja desde el punto medio entre el centro de la clavícula y su extremo lateral).
- ✓ V6: En la misma línea horizontal que los electrodos V4 y V5, pero en la línea medioaxilar (baja desde el centro de la axila).

3.3. FORMA DE EVALUACIÓN PARA UN DIAGNÓSTICO DEL ELECTROCARDIOGRAMA

Para obtener una evaluación para un diagnostico no debe existir ninguna clase de interferencia, dado que pueden generar artefactos. Las tres causas más comunes son: interferencia eléctrica, movimiento del paciente y Línea basal errante.

- ✓ **Interferencia eléctrica:** Por lo general proviene de la interacción eléctrica en o cerca de la cama del paciente. Por esta razón, las bombas o ventiladores eléctricos ubicados en su cercanía deben estar apagados o funcionando con la batería mientras se está grabando el electrocardiograma. La interferencia también puede ocurrir si el paciente está en contacto con metal, tal como el extremo de la cama, o si una derivación del electrocardiograma está en contacto

con el metal (por ejemplo, tocar un reloj) o si los cables del electrocardiograma están enredados.

- ✓ **Movimiento del paciente:** Si el paciente no está precisamente relajado o está tenso o en movimiento durante la toma de la actividad eléctrica del corazón, no podría realizarse un grabado adecuado. Por esta razón es importante explicar al paciente el objetivo del procedimiento, que no le hará daño, que sólo tomará unos minutos y que ayudara si el paciente se encuentra tranquilo y relajado.

Muchos pacientes se sienten avergonzados por tener el pecho expuesto durante una grabación de electrocardiograma. Algunos pacientes pueden poner atención la expresión facial en un intento por evaluar la reacción ante el electrocardiograma al estar siendo impreso. Por tanto, se debe tratar de mantener una expresión lo más neutra posible.

- ✓ **Línea basal errante:** Esto hace que sea difícil identificar cambios en el electrocardiograma. Este problema a menudo es causado por un mal contacto del electrodo con la piel. Es posible que se tenga que pedir permiso para afeitar algo del vello del pecho del paciente con el fin de obtener buen contacto con el electrodo. También puede ser necesario secar la piel si el paciente está sudando, o limpiarla si tiene, por ejemplo, talco. Asegurase de que la piel esté completamente seca.

Tomando en cuenta todas estas observaciones se tiene que realizar la evaluación ya sea en los electrodos periféricos o electrodos precordiales.

3.3.1. TOMA DEL PULSO

El pulso es una medición de la frecuencia cardíaca, es decir, la cantidad de veces que el corazón late por minuto. A medida que el corazón impulsa la sangre a través de las

arterias, las arterias se expanden y se contraen con el flujo sanguíneo. (Figura 10) Al tomar el pulso no solo se mide la frecuencia cardíaca, sino que también puede indicar:

- ✓ El ritmo cardíaco
- ✓ La fuerza del pulso

El pulso normal de los adultos sanos oscila entre los 60 y 100 latidos por minuto. El pulso puede fluctuar y aumentar con el ejercicio, las enfermedades, las lesiones y las emociones. Las mujeres mayores de 12 años, en general, tienden a tener el pulso más rápido que los hombres. Los deportistas, como los corredores, que practican mucho ejercicio cardiovascular, pueden tener frecuencias cardíacas de hasta 40 latidos por minuto sin presentar problemas de ningún tipo. ‘

Se debe evitar el uso del pulgar para este efecto, ya que es más sensible al propio pulso y puede confundirse con el del paciente causando una lectura totalmente inadecuada de la frecuencia cardíaca.



Figura 10. Toma de ritmo cardíaco en el brazo
Fuente: (Medline Plus, 2016)

En la evaluación del Ritmo Cardíaco es determinar si es regular o irregular. Para ello debemos medir la distancia entre R y R (Intervalo RR) de dos latidos consecutivos. Si el Ritmo es regular esta distancia es similar de un latido a otro.

Normalmente podemos estimar un ritmo cardiaco es irregular con solo mirarlo, como se muestra en la figura 11.

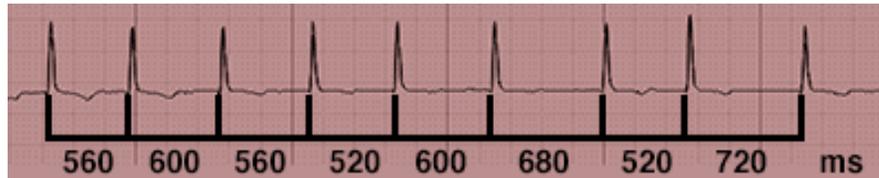


Figura 11. Ritmo Cardiaco Irregular. Nótense los diferentes intervalos RR.

3.3.2. RITMOS CARDIACOS IRREGULARES

Estos son los ritmos irregulares cardiovasculares:

- Taquicardia Sinusal: Consiste en un ritmo cardiaco originado y conducido normalmente, pero con una frecuencia cardiaca mayor de lo habitual. Es fisiológica y se produce por ansiedad, ejercicio, anemia, consumo de alcohol, insuficiencia cardiaca o nicotina. En general no precisa tratamiento específico, pero sí se debe actuar sobre la causa: dejar el tabaco, corregir la anemia, etc.

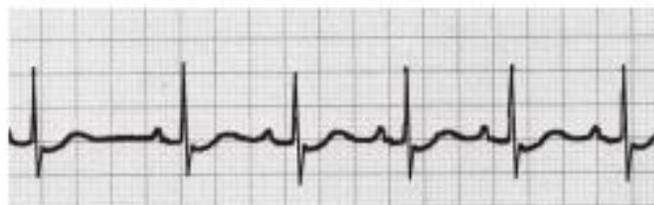


Figura 12. Arritmia Sinusal
Fuente: (SAC, 2015)

- Marcapaso Migratorio: En cardiología, un marcapasos migratorio es uno de los trastornos del ritmo cardíaco y consiste en una contracción supraventricular prematura del corazón producido por una conducción eléctrica que se origina en un lugar distinto del nodo Sinusal.

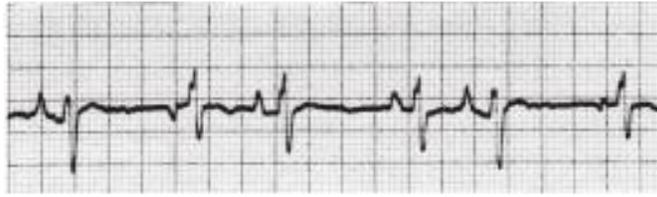


Figura 13. Marcapaso
Fuente: (SAC, 2015)

- Taquicardia auricular: Taquicardia auricular. Generadas en una zona concreta de las aurículas. Suelen ser persistentes (larga duración y difíciles de eliminar) y se asocian a factores como la bronquitis crónica descompensada o el hipertiroidismo.

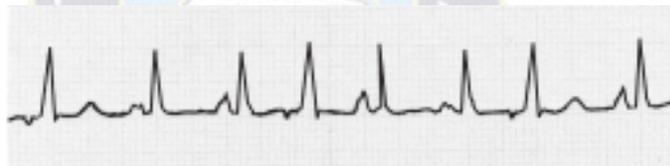


Figura 14. Taquicardia
Fuente: (SAC, 2015)

- Fibrilación Auricular: Es la arritmia sostenida más frecuente que aparece sobre todo en personas mayores o con cardiopatía, aunque se da en personas jóvenes con corazones estructuralmente normales. Se caracteriza por un ritmo cardiaco rápido y totalmente irregular, producido por una actividad eléctrica auricular caótica y con múltiples focos de activación.



Figura 15. Fibrilación
 Fuente: (SAC, 2015)

3.3.3. SINTOMAS Y DIAGNOSTICO

Síntomas y signos de la Insuficiencia Cardiaca. Los síntomas y signos son la clave para la detección precoz de la enfermedad, ya que son éstos los que impulsan al paciente a buscar atención médica. Realizar una historia médica completa y una exploración física exhaustiva son habilidades imprescindibles que debemos dominar (Tabla 3).

La falta de aire, el cansancio y la fatiga son síntomas característicos; sin embargo, obtener y evaluar esta información requiere experiencia y habilidad, especialmente cuando se trata del paciente de edad avanzada de 44 -46 años. Durante el examen clínico deben evaluarse los síntomas clínicos de la Insuficiencia Cardiaca (Tabla 3) mediante la observación, la palpación y la auscultación.

Al igual que los síntomas, los signos de la Insuficiencia Cardiaca inicial son difíciles de interpretar tanto en el paciente anciano como en el obeso. Por lo tanto, la sospecha clínica de Insuficiencia Cardiaca debe confirmarse mediante estudios diagnósticos objetivos, especialmente los que nos permiten evaluar la función cardiaca.

Síntomas	Falta de aire Fatiga Angina, Palpitaciones	Cansancio, Agotamiento
Eventos Cardiovasculares	<ul style="list-style-type: none"> • Enfermedad coronaria • Infarto de Miocardio • Intervención • Otra Cirugía 	Trombolisis

Perfil de riesgo	Tabaquismo, hipertensión, diabetes	
------------------	---------------------------------------	--

Tabla 3. Síntomas y eventos de ritmo cardiaco
Fuente: (Medline Plus, 2016)

3.4. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL SENSOR DE PULSO CARDIACO

Un sensor de pulso Cardíaco u oxímetro de pulso es un dispositivo sencillo que permite medir de manera bastante precisa las pulsaciones detectando la cantidad de oxígeno en sangre.

Cuando la sangre se oxigena al pasar por los pulmones, la hemoglobina se transforma en oxihemoglobina, de modo que puede transportar el oxígeno. Los dos compuestos, hemoglobina y oxihemoglobina, tienen diferentes niveles de absorción de las diferentes longitudes de onda de la luz.

Hasta los 600 nano milímetros aproximadamente, la diferente absorción es difícil de distinguir con un dispositivo simple, pero a partir de ese valor y especialmente entre los 650 nano milímetros (rojo) y los 950 nano milímetros (infrarrojo) la diferencia de comportamiento entre la oxihemoglobina y la hemoglobina es más sencilla de distinguir. Hasta los 800 nano milímetros aproximadamente, la hemoglobina absorbe más la luz (roja) y desde ese punto se invierte, siendo la oxihemoglobina la que absorbe más la luz (infrarroja) Basándose en el comportamiento frente a las diferentes longitudes de onda, se puede detectar la presencia o ausencia de oxígeno y con ella, lo que nos interesa en este artículo, el pulso.

La manera más precisa de medir la oxigenación es observar el comportamiento de la luz, de diferentes longitudes de onda, que atraviesa una parte translúcida del cuerpo y

que en un niño puede ser incluso la palma de la mano pero en un adulto será necesario observar el lóbulo de la oreja, bien irrigado pero traslúcido, la nariz o un dedo. El dispositivo para medir la presencia de sangre oxigenada emite una luz roja y detecta la intensidad que atraviesa y posteriormente procede de la misma forma con luz infrarroja. En función de las diferentes intensidades absorbidas se puede establecer el nivel de oxígeno, como se muestra en la (Figura 16).

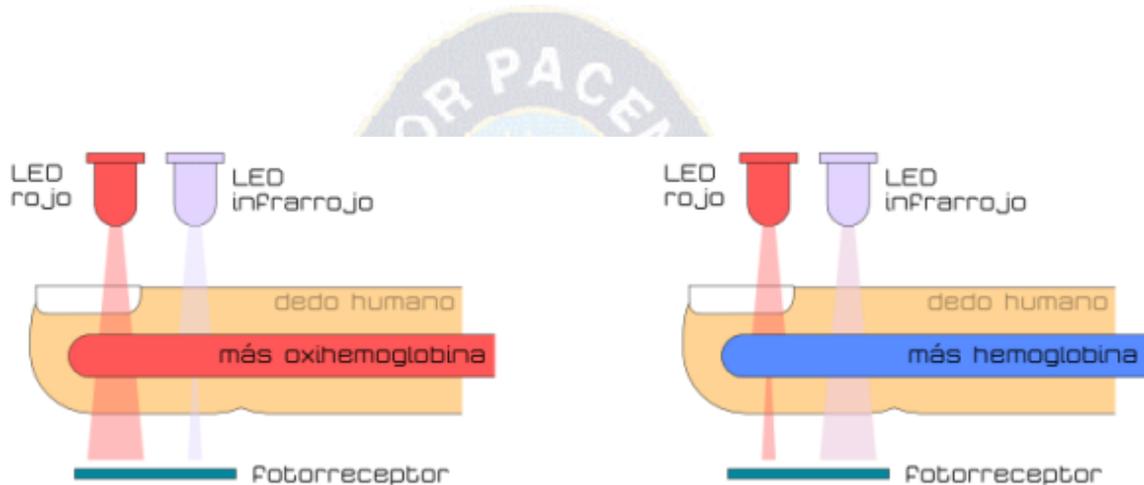


Figura 16: Funcionamiento del sensor de Pulso Cardíaco
Fuente: (IEEE Spectrum, 2015).

3.4.1. CARACTERÍSTICAS DEL SENSOR DEL PULSO CARDÍACO

El sensor funciona con un sensor de ritmo cardíaco óptico, una etapa de amplificación y un filtro para el ruido, lo cual hace que su señal de salida sea confiable y estable. El consumo de corriente es bajo siendo de 4 miliamperios con una alimentación de 5V.

Para su funcionamiento solo debes de poner en contacto el sensor con tu cuerpo, alimentarlo de 3V a 5V y ya estas listos para tomar las medidas de tu ritmo cardíaco.



Figura 17: Funcionamiento del sensor de Pulso Cardíaco
Fuente: (dA, 2015)

3.5. PLACA DE CONTROL ARDUINO UNO

Arduino Uno es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios.

La placa Arduino Uno es una plataforma de hardware abierto que facilita la programación de un microcontrolador. Los Microcontroladores nos rodean en nuestra vida diaria, usan los sensores para escuchar el mundo físico y los actuadores para interactuar con el mundo físico. Los Microcontroladores leen sobre los sensores y escriben sobre los actuadores.

El hardware consiste en una placa con un microcontrolador Atmel AVR y puertos de entrada/salida. El microcontrolador usado en el arduino mega es Atmega2560.

Por otro lado Arduino nos proporciona un software consistente en un entorno de desarrollo que implementa el lenguaje de programación de arduino y el bootloader ejecutado en la placa (IEEE Spectrum, 2015).

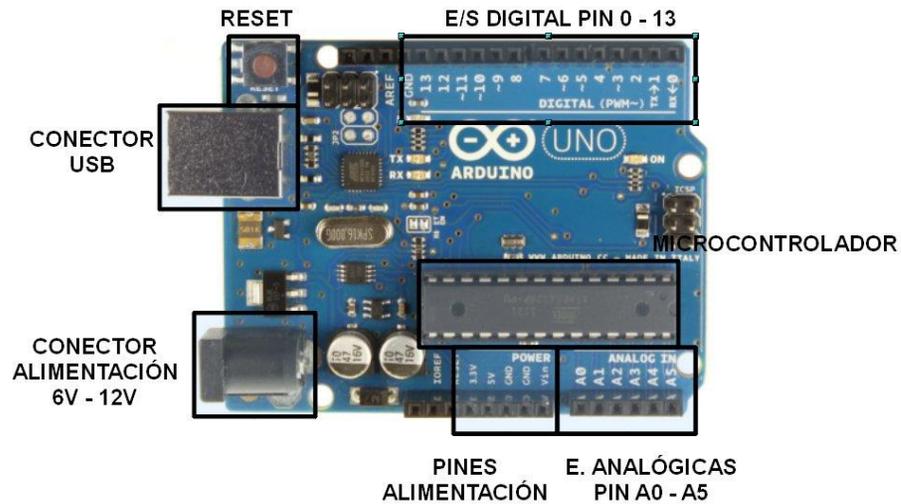


Figura 18: Partes del Arduino Uno
Fuente: (Arduino.cc, 2016)

3.5.1. FUNCIONES BASICAS

En cuanto a las funciones básicas del lenguaje nos encontramos con las siguientes características y que se observa en la (Figura 12).

- E/S Digital
- pinMode(pin, modo);
- digitalWrite(pin, valor);
- int digitalRead(pin);
- analogRead(pin);
- Serial.print();

3.5.2. CONTROL DE PUERTOS PARA EL SENSOR

Los puertos del arduino que permite manipular son los Analógicos y Digitales el sensor Analógico servirá de entrada para el pulso cardiaco.

Si conocemos el lenguaje C, no tendremos dificultades para programar en Arduino puesto que se parecen enormemente. Tan sólo debemos aprender algunas funciones específicas de que dispone el lenguaje para manejar los diferentes parámetros de Arduino.

Instrucciones para recepcionar una entrada analógica:

✓ `AnalogRead()`

3.6. MÓDULO DE COMUNICACIÓN BLUETOOTH

El modulo Bluetooth HC06 es un dispositivo de comunicación inalámbrica, El modelo HC-06 dispone de 4 pines, en lugar de los 6 que incluye el modelo HC-05, pero hay además importantes diferencias de funcionalidad y de manejo que hace que merezca la pena dedicar una sesión a cada modelo.



Figura 19: Modulo Bluetooth HC06 y HC05
Fuente: (PROMETEC, 2016)

Básicamente el modelo HC-06 solo puede actuar como esclavo y además dispone de un juego reducido de instrucciones a las que atiende, mientras que el modelo HC-05 puede actuar como master o como Slave y acepta un número mayor de órdenes de

configuración. esta sesión vamos a usar el modelo HC-06, pero antes necesitamos hablar de la cuestión de los comandos AT.

Las ordenes de los comandos AT son del tipo "AT+Orden", donde AT era el comando especificado de atención. En un santiamén todos los módems y demás máquinas de comunicación serie empezaron a aceptar este tipo de órdenes, y al conjunto de ellas se llamó comandos AT, por extensión.

Con el tiempo, mucho del hardware sencillo que se comunica con otros equipos vía una humilde puerta serie, siguen aceptando ordenes AT para configurarlos y este es el caso de los módulos Bluetooth HC-05, HC-06 y otros pequeños dispositivos que veremos en el futuro. (PROMETEC, 2016).

3.7 LOGICA DIFUSA

La lógica difusa es un arma de la inteligencia artificial que se funda en el concepto "Todo es cuestión de grado", lo cual permite manejar información vaga o de difícil especificación si quisieramos hacer cambiar con esta información el funcionamiento o el estado de un sistema específico. Es entonces posible con la lógica borrosa gobernar un sistema por medio de reglas de 'sentido común' las cuales se refieren a cantidades indefinidas.

La lógica difusa es una lógica multivaluada que permite representar matemáticamente la incertidumbre y la vaguedad, proporcionando herramientas formales para su tratamiento.

Cuando aumenta la ambigüedad los enunciados precisos pierden su significado y los enunciados útiles pierden precisión, todo ello resuelto con un conjunto de variables de entrada para obtener un valor adecuado de variables de salida

La Lógica Fuzzy o Difusa, es una lógica basada en la teoría de conjuntos que posibilita imitar el comportamiento de la lógica humana. La facilidad que esto constituye alumbra los próximos años espectaculares mejor técnicas en los sistemas de control de nuestra sociedad.

3.7.1 CONCEPTOS DE LOGICA DIFUSA

Un *universo* es una colección de objetos de los que se hablará en una lógica específica. Por ejemplo, el universo de los números naturales o el universo de las edades.

Un *conjunto* en el universo es, desde un punto de vista intuitivo, una colección de objetos tal que sea posible decidir cuándo un objeto del universo está o no en esa colección. Abstrayendo la noción de conjunto, se puede considerar que un conjunto es exactamente una función del universo en el conjunto de valores $0,1$ que asocia precisamente el valor 1 a los objetos que estén en el conjunto y el valor 0 a los que no.

Desde el punto de vista de la teoría clásica de conjuntos se establece que los distintos elementos de un universo pueden pertenecer a un conjunto o no, siempre y cuando satisfagan o no una determinada propiedad, por ejemplo, el conjunto de los números pares está formado por los números que son divisibles por dos.

De esta manera, si consideramos el universo de los números naturales positivos $U=\{1, 2, 3, 4, 5, \dots\}$ podríamos decir que 3 pertenece al conjunto de los *números impares*, mientras que 8 no. Igualmente, 9 pertenece al conjunto de los *números mayores que 5*, mientras que 3 no .

La pertenencia a un conjunto de diferentes elementos suele representarse gráficamente mediante la denominada función de pertenencia o de membresía, como la que se muestra en la Figura 20 para los números mayores que 5. En esta función de pertenencia, toman valor 1 aquellos elementos que pertenecen al conjunto, mientras que toman valor 0 aquellos que no pertenecen .

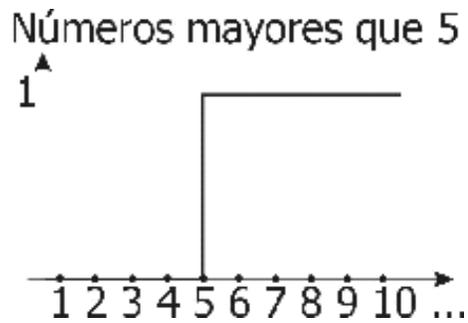


Figura 20: Representación gráfica de la función de pertenencia del conjunto "números mayores que 5"
Fuente: (PROMETEC, 2016)

Este concepto es suficiente en muchas áreas de aplicación, pero fácilmente se puede encontrar situaciones donde se necesita más flexibilidad. La mayoría de los fenómenos que encontramos cada día son imprecisos, es decir, tienen implícito un cierto grado de difusidad en la descripción de su naturaleza. Esta imprecisión puede estar asociada con su forma, posición, momento, color, textura, o incluso en la semántica que describe lo que son.

Por ejemplo, para la representación de la función de pertenencia del conjunto "caliente", haciendo uso de la teoría clásica, como se aprecia en la Figura 1.2, quedaría:

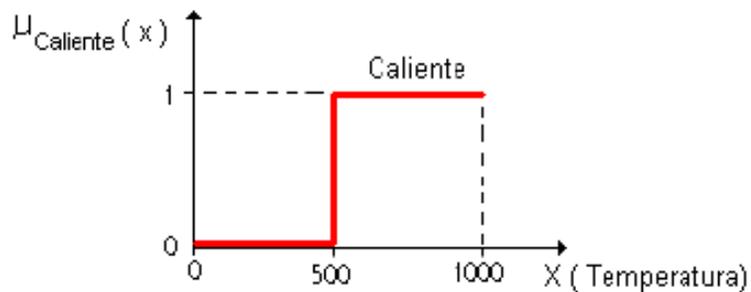


Figura 20: Representación gráfica de la función de pertenencia de pertenencia del conjunto "caliente"
Fuente: (PROMETEC, 2016)

Sin embargo, realmente no se puede tener una definición exacta de cuándo un valor de temperatura pasa del conjunto “frío” a “caliente”.

Aceptamos la imprecisión como una consecuencia natural de “la forma de las cosas en el mundo”. Simplemente se aproximan estos eventos a funciones numéricas y se escoge un resultado en lugar de hacer un análisis del conocimiento empírico. Consideremos las siguientes sentencias:

- La temperatura está caliente
- Los grandes proyectos generalmente tardan mucho
- IBM es una compañía grande y agresiva
- Alejandro es alto pero Ana no es bajita

Este tipo de proposiciones forman parte de nuestras relaciones cotidianas, sin embargo, son incompatibles con el modelado tradicional de sistemas de información. Si se pudieran incorporar estos conceptos se lograría que los sistemas sean potentes y se aproximen más a la realidad [7].

Los conjuntos clásicos se definen mediante un predicado que da lugar a una clara división del Universo de Discurso X en los valores "Verdadero" y "Falso". Sin embargo, el razonamiento humano utiliza frecuentemente predicados que no se pueden reducir a este tipo de división: son los denominados *predicados difusos*.

La teoría de conjuntos difusos propone la extensión del concepto de pertenencia para que admita graduación entre la no-pertenencia y la pertenencia total al conjunto. La fusificación es independiente de cualquier capacidad para medir, ya que, un conjunto difuso, es un conjunto que no tiene límites bien definidos y es también una función que asocia a cada objeto del universo un valor en el intervalo $[0,1]$.

Para el ejemplo del conjunto “caliente” es imposible dar al conjunto una definición clásica, ya que su correspondiente predicado no divide claramente el universo de las temperaturas en conjuntos “frío” o “caliente”. La manera más apropiada de dar solución

a este problema es considerar que la pertenencia o no pertenencia de un elemento x al conjunto, no es absoluta sino gradual, definiéndose este conjunto como un Conjunto Difuso [11].

Por tanto, se relajaría la separación estricta entre éstos conjuntos, permitiendo la pertenencia Si o NO al conjunto pero suavizando su función de pertenencia con frases del tipo: “pertenece un poco menos a...” o “casi pertenece a...”. Es decir, ya no adoptará valores en el conjunto discreto $\{0,1\}$ (lógica booleana), sino en el intervalo cerrado $[0,1]$ como se aprecia en la Figura 1.3.

El valor 1 representa que el elemento pertenece nítidamente al conjunto, el valor 0 representa la no pertenencia absoluta al conjunto, y los demás valores indican una pertenencia parcial al conjunto.

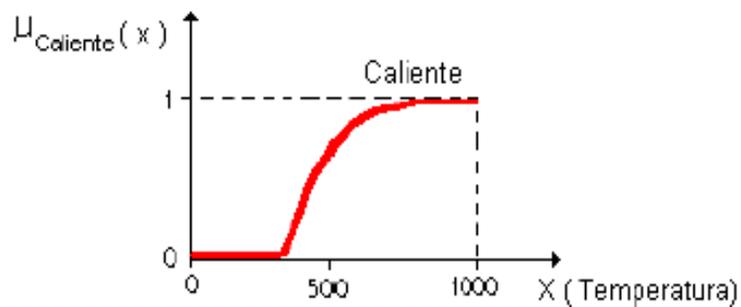


Figura 21: Representación gráfica de la función de pertenencia parcial del conjunto “caliente”

Fuente: (PROMETEC, 2016)

La función de pertenencia se establece de una manera arbitraria, lo cual es uno de los aspectos más flexibles de los Conjuntos Difusos. Por ejemplo, se puede convenir que la temperatura de 900 °C pertenece al conjunto con grado 1, la de 500 °C con grado 0.4 y la de 200 °C con grado 0. Luego, cuanto mayor sea el valor de una temperatura, mayor es su grado de pertenencia al conjunto “caliente”.

Estos valores entre 0 y 1 son llamados grados de pertenencia. El grado de pertenencia de un elemento a un conjunto va a venir determinado por su función de pertenencia.

CAPITULO IV

MARCO APLICATIVO

4.1 METODOLOGÍA MOBIL-D

El presente trabajo abarca la investigación y posterior implementación de los métodos investigados, se utilizara la Metodología Mobil -D¹¹, la cual es orientada al desarrollo de aplicaciones móviles. La implementación se realizara sobre la Plataforma móvil Android, aplicación Web y microcontrolador arduino, sobre la cual se integra la parte electrónica del presente trabajo.

4.1.1 FASE EXPLORACION

Explorar, el equipo de desarrollo debe generar un plan y establecer las características del proyecto. Esto se realiza en tres etapas: establecimiento actores, definición del alcance y el establecimiento de proyectos. Las tareas asociadas a esta fase incluyen el establecimiento del cliente (los clientes que toman parte activa en el proceso de desarrollo), la planificación inicial del proyecto y los requisitos de recogida, y el establecimiento de procesos.

En la (Tabla 4), se desglosan los datos mencionados, para el proyecto planteado en el presente estudio.

INFORMACIÓN CLAVE DE LA APLICACIÓN MOVIL	
Nombre Comercial	“SmarthHealth”
Objetivo General	Salud, Informativa
Tipo de Aplicación	Cliente (Movil)-Servidor(Web)
Plataforma	Android

Tabla 4. Información clave de la aplicación Movil

¹¹Disponible documentación oficial de la metodología Mobil-D en <http://agile.vtt.fi/mobiled.html>

Fuente: Elaboración Propia

- ✓ Establecimiento de actores: Esta etapa busca encontrar las personas involucradas en el proyecto como el grupo de dirección, equipo de proyecto, grupo de clientes, grupo de ayuda.

El doctor es un actor ya que será el encargado de hacer la prueba con la herramienta como se muestra en la figura 20.

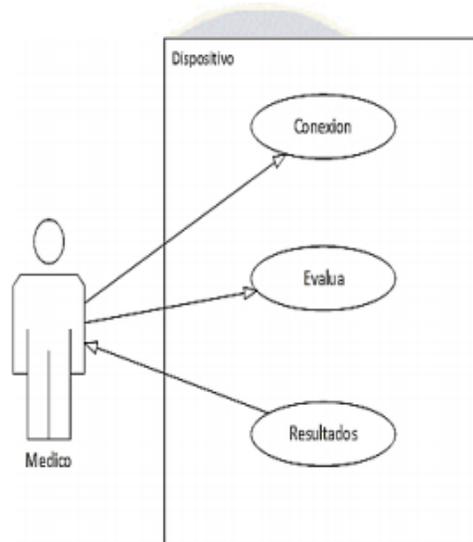


Figura 20. Diagrama de muestra al doctor como actor
Fuente: Elaboración propia

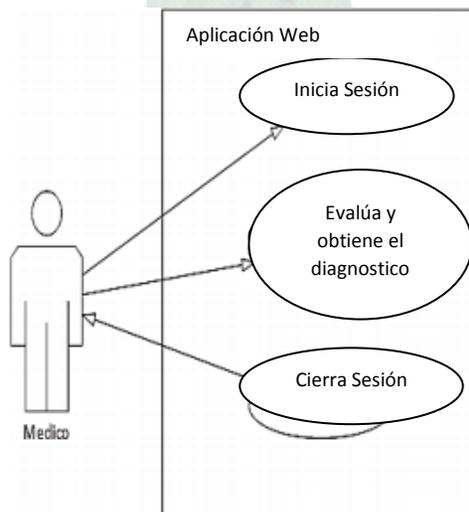


Figura 21. Diagrama del Doctor a la aplicación Web

Fuente: Elaboración propia

- ✓ Definición de alcance: En esta etapa se definen los objetivos, los contenidos y la línea de tiempo del proyecto.

Los dispositivos objetivos, son los teléfonos inteligentes (Smartphone) y microcontrolador arduino, ya que deben contar con el sensor de pulso cardiaco, así como recursos de hardware suficiente para ejecutar la aplicación del lado del cliente. Inicialmente, la aplicación se desarrollará sólo para la plataforma android, pudiendo en fases posteriores también expandirse a otras plataformas.

- ✓ Establecimiento de proyecto: Esta etapa busca acordar los asuntos del entorno del proyecto tanto físicos y técnicos, así como el personal necesario en desarrollo de software.

- Micro controlador arduino.
- Teléfono Inteligente (Smartphone), con sistema operativo 4.0 o superior.
- Modulo Bluetooth.
- Resultado de análisis de pulso cardiaco.
- Grafica del comportamiento del pulso cardiaco.
- Historial de resultados en la Web.

4.1.2 FASE DE INICIACION

La fase, iniciación, los desarrolladores preparan e identifican todos los recursos necesarios. Se preparan los planes para las siguientes fases y se establece el entorno técnico como los recursos físicos, tecnológicos y de comunicaciones (incluyendo el entrenamiento del equipo de desarrollo). Esta fase se divide en cuatro etapas: la puesta

en marcha del proyecto, la planificación inicial, el día de prueba y día de salida (Figura 22).

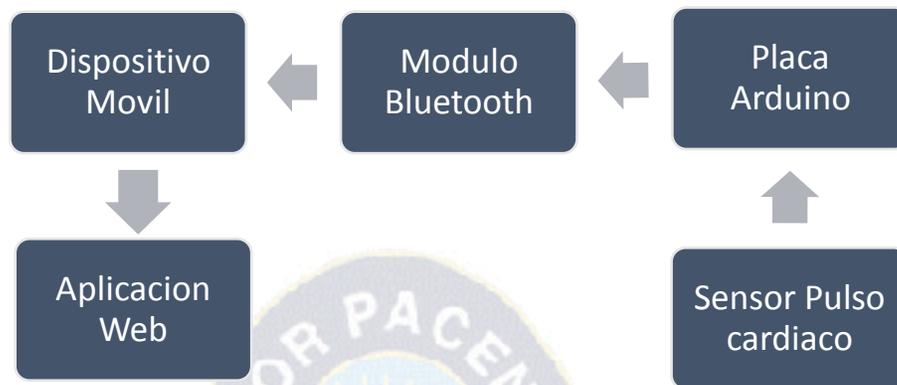


Figura 22. Diagrama en bloques del sistema

Fuente: Elaboración propia

✓ IDE Android Studio 2.2

Android Studio es un entorno de desarrollo integrado (IDE), basado en IntelliJ IDEA proporciona el plugin ADT (Android Developer Tools) para Eclipse. Android Studio utiliza una licencia de software libre Apache 2.0, está programado en Java y es multiplataforma. Este IDE también tiene la característica de integración con la base de datos en la Nube y envío de correos de las cuales se obtendrá el servicio al momento del desarrollo.

✓ IDE Arduino

IDE Arduino está basado en Java, gracias a esto es multiplataforma. Este IDE se puede descargar desde la página web de Arduino. La instalación de la IDE viene detallada en la web, esta cambia en función de la plataforma (Linux, Mac, Windows). Basado en el lenguaje de programación Processing, popular por su manera de integración con los componentes eléctricos tanto como sensores, circuitos, y componentes eléctricos e inalámbricos.

✓ Teléfono Inteligente con sistema Operativo Android

En algunos teléfonos móviles se pueden hacer las mismas funciones de un computador. En ellos, puedes editar documentos, navegar por internet, compartir con tus amigos en Facebook y hasta jugar. Son más conocidos como teléfonos inteligentes o Smartphones y su teclado está integrado en la pantalla, solo aparece cuando le estás indicando al tu teléfono que necesitas escribir algo.

La mayor ventaja de estos teléfonos inteligentes y tabletas es su bajo costo, facilidad de uso, funcionalidad y portabilidad.

✓ Gestor de Base de Datos Firebase

Firebase es una plataforma de desarrollo móvil en la nube de Google. Se trata de una plataforma disponible para diferentes plataformas (Android, iOS, web), con lo que de esta forma presentan una alternativa seria a otras opciones para ahorro de tiempo en el desarrollo como Xamarin.

Actividades\Mes	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
4.1.1 Exploración							
Identificación de actores	■	■	■				
Definición de alcance			■	■			
Establecimiento de proyecto			■				
4.1.2 iniciación							
Puesta en marcha el Proyecto				■	■	■	
Planificación Inicial				■	■		
Día de Prueba					■		
Día de Salida					■		
4.1.3 Producción							
Planificación						■	■
Trabajo						■	
Liberación						■	
4.1.4 Estabilización							
4..5 Pruebas del Sistema							■

Tabla 5. Cronograma de Trabajo MOBIL-D

Fuente: Elaboración Propia

Los requerimientos más importantes que inicialmente se han identificado para el proyecto son:

- Contar con un Smartphone Android con sistema operativo 4.0 como mínimo.
- Crear reportes: el médico especialista obtendrá un reporte pequeño sobre los resultados previos obtenidos para hacer un análisis del comportamiento de los pulsos cardiacos.
- Realizar una gráfica de interpretación así como la de un ECG en el dispositivo móvil que ayude a determinar las anomalías del paciente.
- Almacenar los datos obtenidos en el dispositivo móvil y enviarlos a la Web para posteriores análisis y/o reportes.

4.1.3 FASE DE PRODUCCION

En la fase de producción se repite la programación de los días (planificación, trabajo, liberación) se repite iterativamente hasta implementar todas las funcionalidades. Primero se planifica la iteración de trabajo en términos de requisitos y tareas a realizar. Se preparan las pruebas de la iteración de antemano. Las tareas se llevarán a cabo durante el día de trabajo, desarrollando e integrando el código con los repositorios existentes. Durante el último día se lleva a cabo la integración del sistema (en caso de que estuvieran trabajando varios equipos de forma independiente) seguida de las pruebas de aceptación.

El proyecto del estudio especial de graduación propone el diseño y desarrollo de una aplicación para dispositivos móviles inteligente y el desarrollo de un dispositivo prototipo que facilite al usuario reportar riesgos de salud en el área de cardiología.

Esta fase se enfocó en la generación del código el cual le da funcionalidad tanto del hardware (dispositivo) como del software (aplicación móvil), el cual se centró en la arquitectura del dispositivo con el microcontrolador arduino, el sensor de pulso cardiaco los cuales se integran para cumplir con los objetivos mencionados.

El sensor de pulso cardiaco, leerá el número de pulsos en un minuto de la persona y transmitir esos datos a la aplicación Web para los diagnósticos.

4.2 PROTOTIPO

4.2.1 MANILLA

En implementación de la manilla se usa un Arduino, con el código adecuado, entonces puede interpretar este voltaje analógico medido que será la entrada del sensor pulso cardiaco. También para hacer este proyecto necesitamos un cable USB con un conector tipo A en un extremo y un conector de tipo B en el otro extremo.

El modulo bluetooth es parte integral, el cual se conectara Esto es lo que podemos conectar nuestro Arduino a un ordenador y enviarlo código que puede funcionar para mostrar a nosotros el número de pulsos. El circuito con el sensor pulso cardiaco se muestra a continuación:

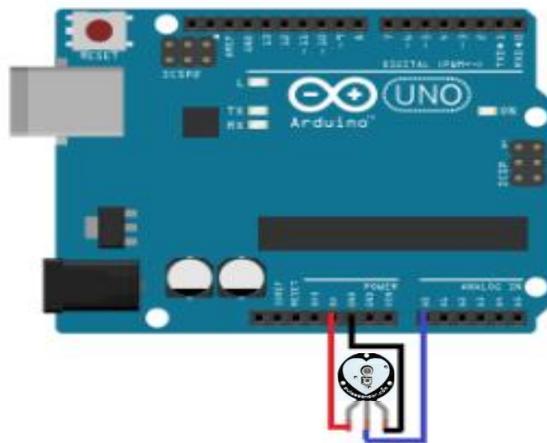


Figura 23. Esquema de la conexión del sensor pulso cardiaco al arduino
Fuente: Elaboración Propia

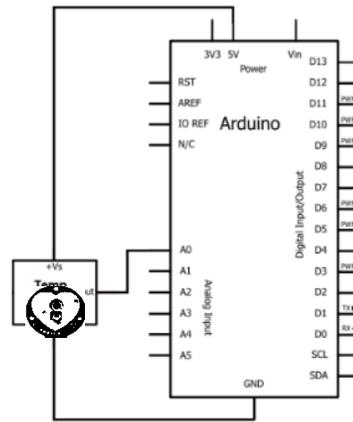


Figura 23. Esquema de la conexión del sensor pulso cardiaco al arduino
Fuente: Elaboración Propia

Se muestra el código de la programación en arduino.

```

1  int pulsePin = 0;           // Sensor de pulso cardiaco conectado a pin analógico 0
2  int blinkPin = 13;         // pin de verificacion de pulsos
3  int fadePin = 5;          // Pin para hacer fantasia con clase de destellos parpadeo en cada ritmo
4  int fadeRate = 0;         // Utilizado para atenuar el LED encendido con PWM
5
6  // Variables volátiles, usadas en la rutina de servicio de interrupción!
7  volatile int BPM;         // Int que contiene entrada Analog en 0. actualizado cada 2mS
8  volatile int signal;     // Contiene los datos entrantes
9  volatile int IBI = 600;   // Int que contiene el intervalo de tiempo entre los latidos!
10 volatile boolean Pulse = false; // "True" cuando se detectan los latidos del usuario en vivo.
11 volatile boolean QS = false; // "False" cuando no es un latido
12                               // Se hace realidad cuando Arduino encuentra un latido.
13
14 // Serial salida
15 static boolean serialVisual = false; // Establecer en 'false' por defecto.
16                               // Reajustado a 'True' para ver Arduino Serial Monitor ASCII Visual Pulse
17 void setup(){
18   pinMode(blinkPin,OUTPUT); // Pin que parpadeará a su latido del corazón!
19   pinMode(fadePin,OUTPUT); // Pin que se desvanecen a su latido del corazón!
20   Serial.begin(9600);      // 9600 baudios por segundo
21   interruptSetup();       // Se configura para leer la señal del sensor de pulso cada 2mS
22
23 }
24
25 void loop(){
26   serialOutput() ;
27
28   if (QS == true){ // Se encontró un latido del corazón
29     fadeRate = 255; // Hace que el efecto del LED suceda
30
31     serialOutputWhenBeatHappens(); // salida serial
32     QS = false; // resetea para un nuevo analisis
33   }
34
35   ledFadeToBeat(); // led indicador de calibracion
36   delay(20); // tiempo 20ms
37 }
38
39 void ledFadeToBeat(){
40   fadeRate -= 15; // Enciende el led de desconfiguracion
41   fadeRate = constrain(fadeRate,0,255); // no mide pulsos negativos obviamente
42   analogWrite(fadePin,fadeRate); // salida led
43 }
44

```

Fuente: Elaboración Propia

Una vez armado podemos detectar los datos serialmente desde el arduino

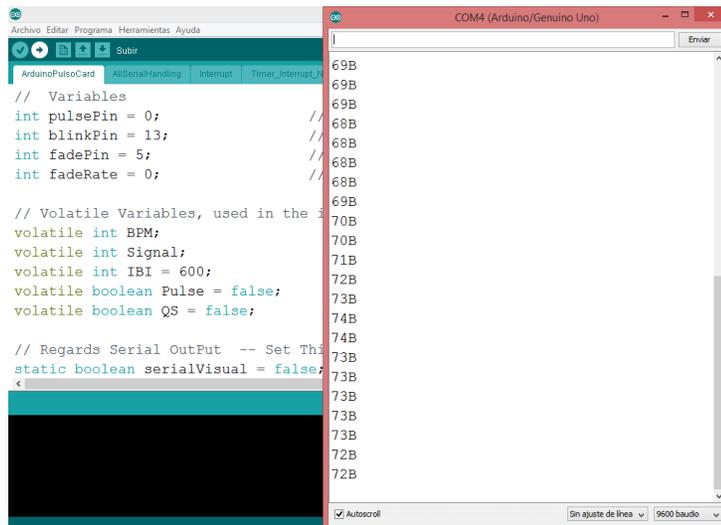


Figura 24. Recibiendo pulsos por minuto desde es arduino

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2 APLICACIÓN MOVIL

En el desarrollo de la aplicación Movil debe considerarse la conexión Bluetooth para ellos utilizaremos Sockets que es una librería de Java con la cual se realiza ese tipo de comunicación, Así también consideremos la recepción de datos en este caso el número de pulsos por minuto que a la vez están siendo guardados en la base de datos en la nube.

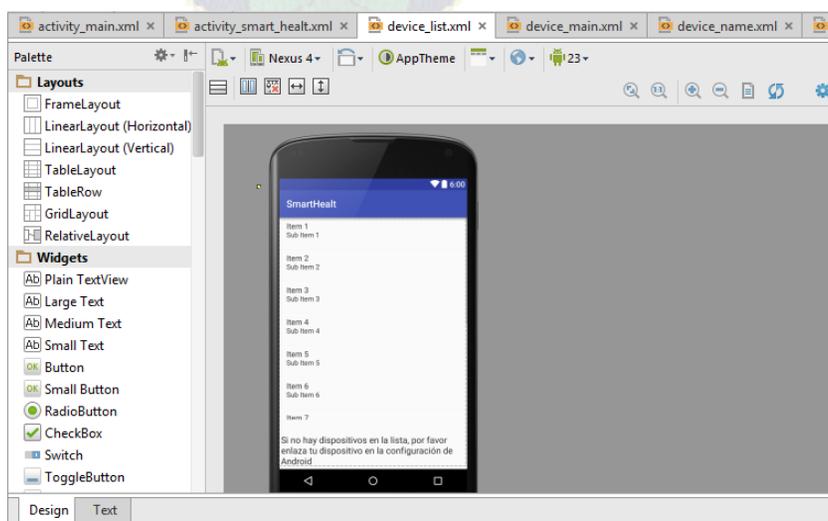


Figura 25. Vista de búsqueda del dispositivo Bluetooth

Fuente: Elaboración Propia

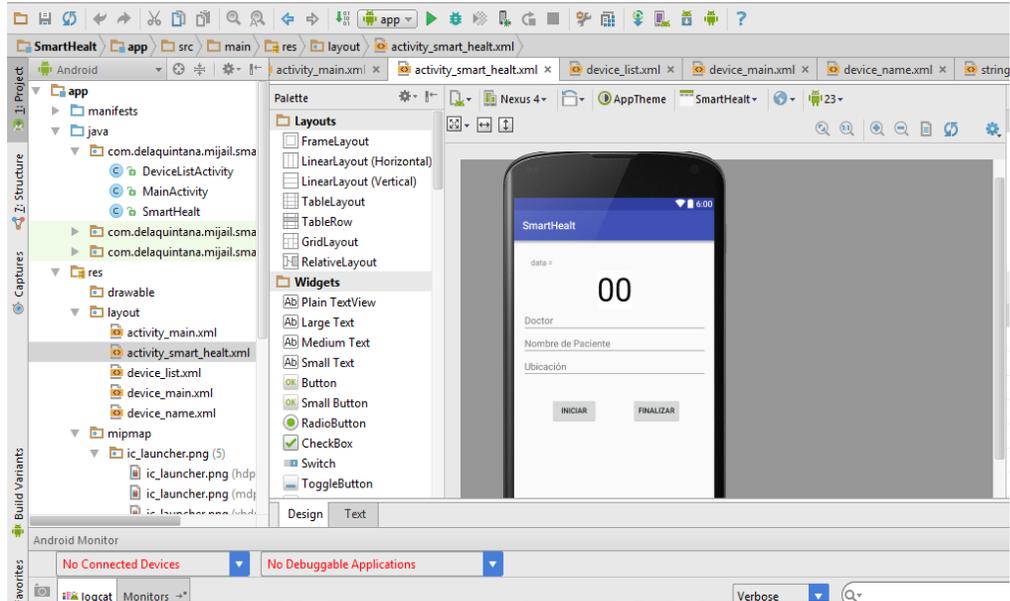


Figura 26. Desarrollo de la aplicación Móvil

Fuente: Elaboración Propia

4.2.3 APLICACIÓN WEB

En el desarrollo de la aplicación web debe considerarse la comunicación que debe ser continua y en tiempo, entonces para la recepción de datos en este caso el número de pulsos por minuto que a la vez están siendo guardados en la base de datos en la nube .

Para el desarrollo de esta aplicación se uso el lenguaje de programación javascript, que se usa porque queremos que la aplicación la puedan usar en multiples dispositivos. En el desarrollo usamos el frameworkAngularJs pues es el que tiene mayor participación y es que es mas solido ya que esta siendo desarrollado por Google. Como queremos que nuestra aplicación sea responsiva usamos angular material que es una Librería hecha por google y que hace que nuestra aplicación tenga calidad y sea muy amigable para el personal medico.

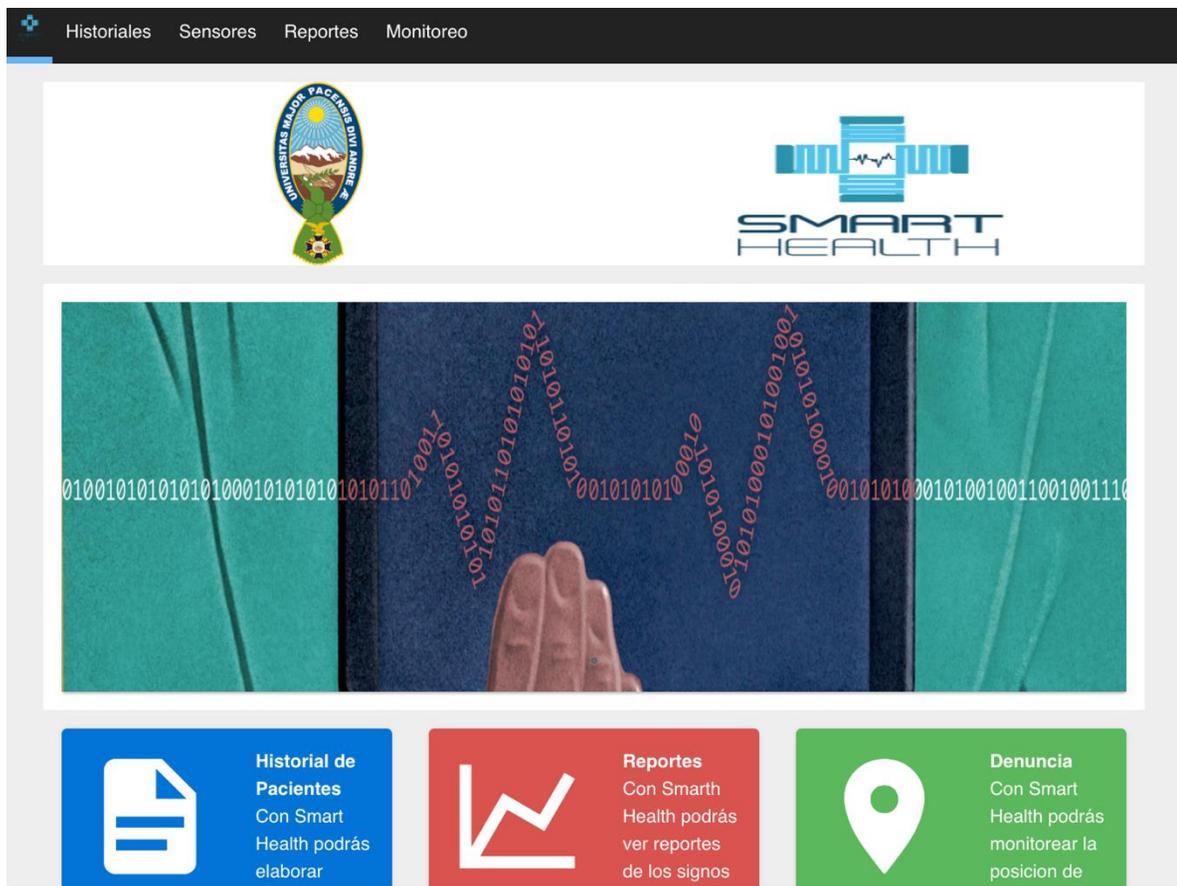


Figura 27. Desarrollo de la pantalla de inicio de la aplicación web

Fuente: Elaboración Propia

Además, tenemos que considerar una interfaz intuitiva, amigable y responsiva. Ser responsiva implica que nuestra aplicación se verá en dispositivos móviles como tabletas, celulares y computadoras de manera que será mucho más usable y multiplataforma.

Para esto usaremos el concepto de diseño responsivo, que es el enfoque que sugiere que el diseño y el desarrollo deben responder al comportamiento y al entorno del usuario basado en el tamaño de la pantalla, la plataforma y la orientación. La práctica consiste en una mezcla de rejillas flexibles y diseños, imágenes y un uso inteligente de las consultas de medios CSS. A medida que el usuario cambia de su computadora portátil a iPad, el sitio web debe cambiar automáticamente para acomodar la resolución, el

tamaño de la imagen y las habilidades de secuencias de comandos. En otras palabras, el sitio web debe tener la tecnología para responder automáticamente a las preferencias del usuario. Esto eliminaría la necesidad de un diseño y una fase de desarrollo diferentes para cada nuevo gadget en el mercado.

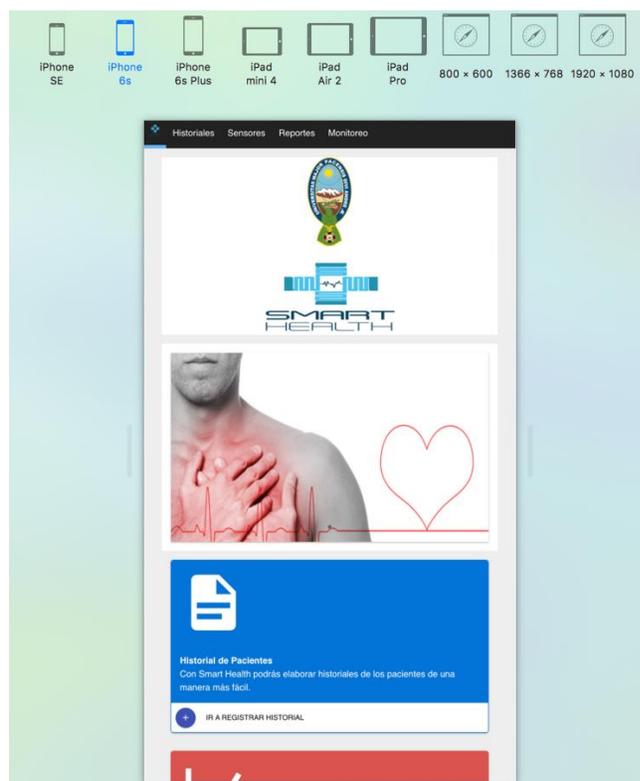


Figura 28. Desarrollo de la versión móvil de aplicación web

Fuente: Elaboración Propia

Como nuestra aplicación permitirá al doctor primeramente en el módulo del historial se procede a registrar al paciente, tomaremos muchos datos en cuenta para luego crear un perfil donde este paciente tendrá anotado toda su evolución clínica, eso nos ayudara a manejar de manera más ágil.

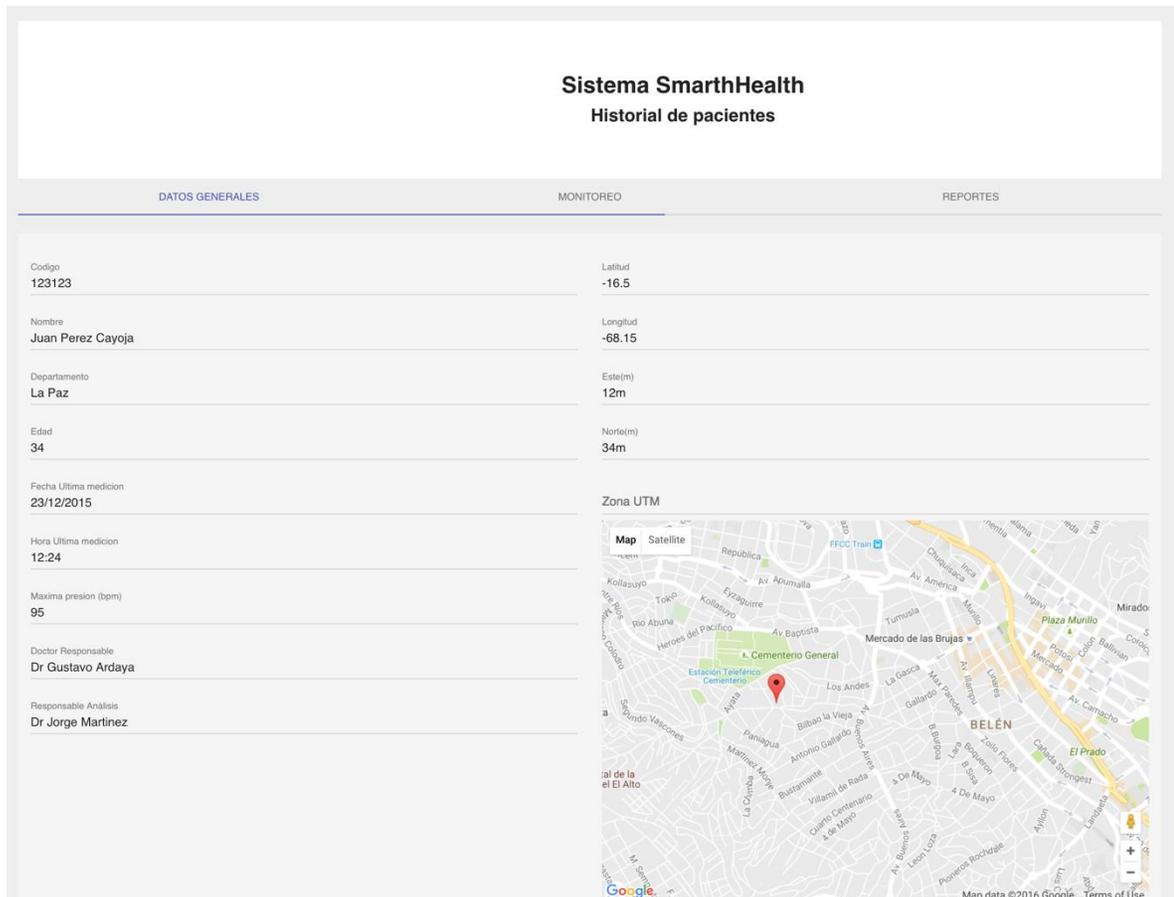


Figura 29. Desarrollo del módulo de historiales
Fuente: Elaboración Propia

4.2.3 BASE DE DATOS

Firestore es una plataforma de aplicaciones móviles y web con herramientas e infraestructura diseñadas para ayudar a los desarrolladores a crear aplicaciones de alta calidad. Firestore se compone de funciones complementarias que los desarrolladores pueden combinar y adaptar para satisfacer sus necesidades. La compañía fue fundada en 2011 por Andrew Lee y James Tamplin. El producto inicial de Firestore era una base de datos en tiempo real, que proporciona una API que permite a los desarrolladores almacenar y sincronizar datos entre varios clientes. Con el tiempo, ha ampliado su línea de productos para convertirse en una suite completa para el desarrollo de aplicaciones.

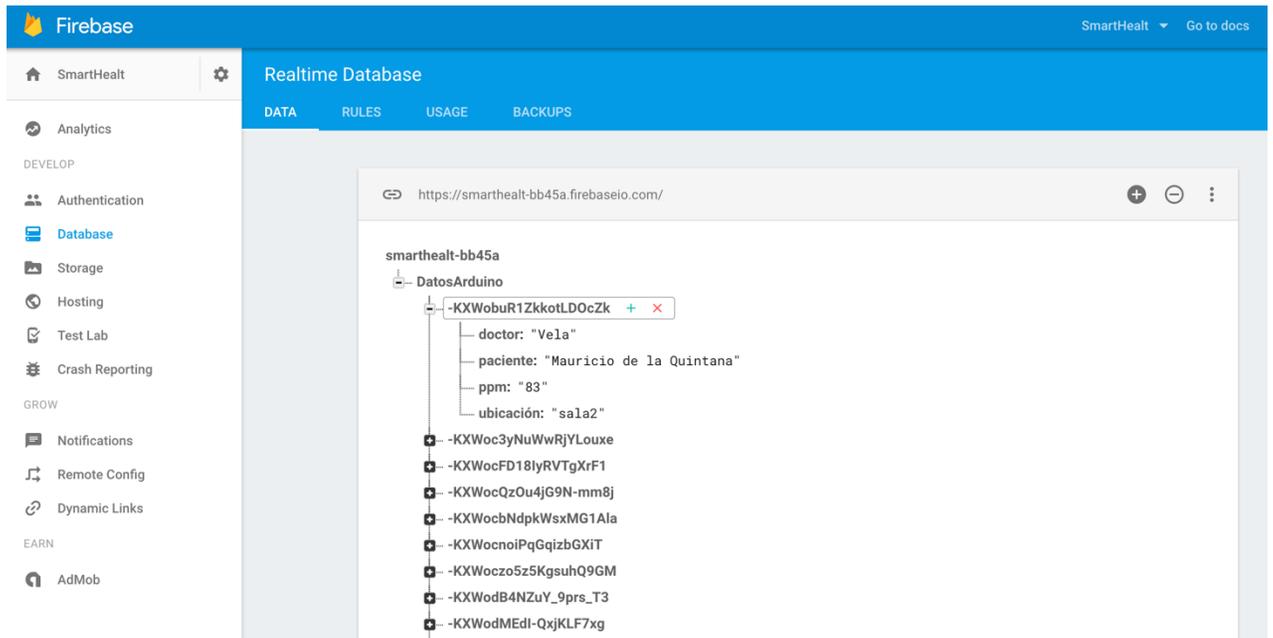


Figura 29. Modelo de datos enviados por la manilla
Fuente: Elaboraci3n Propia

4.1.4 FASE ESTABILIZACION

En la fase de estabilizaci3n, se llevan a cabo las 3ltimas acciones de integraci3n para asegurar que el sistema completo funciona correctamente. Esta ser3 la fase m3s importante en los proyectos multi-equipo con diferentes subsistemas desarrollados por equipos distintos. En esta fase, los desarrolladores realizar3n tareas similares a las que deb3an desplegar en la fase de "producci3n", aunque en este caso todo el esfuerzo se dirige a la integraci3n del sistema. Adicionalmente se puede considerar en esta fase la producci3n de documentaci3n.

En fase se realiza las ultimaciones del dispositivo y la integraci3n de los sensores con el microcontrolador arduino como se muestra en la (Figura 27).

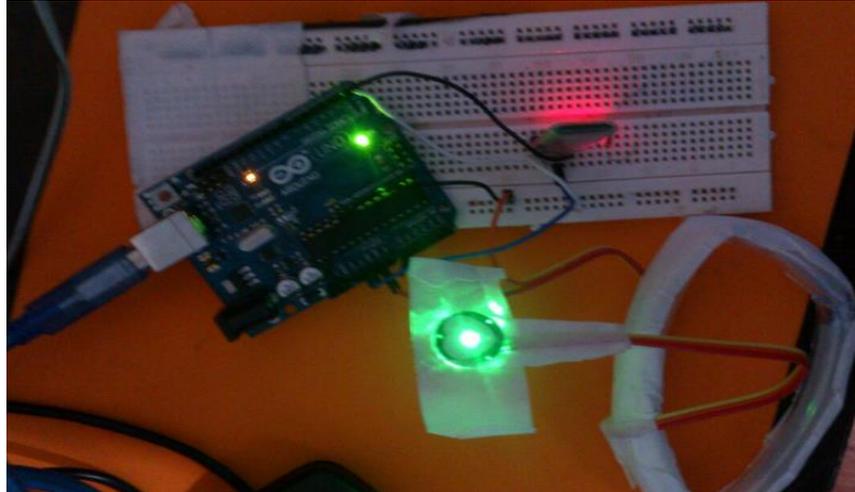


Figura 27. Dispositivo en fase terminal



Figura 28. Aplicación móvil en fase terminal

4.3 PRUEBAS Y TESTEO DEL PROTOTIPO

Las pruebas son básicamente un conjunto de procedimientos dentro del desarrollo. Dependiendo del tipo de pruebas, estas actividades podrán ser implementadas en

cualquier momento de dicho proceso de desarrollo. Existen distintos modelos de desarrollo, así como modelos de pruebas. A cada uno corresponde un nivel distinto de involucramiento en las actividades de desarrollo.

El objetivo de las pruebas es presentar información sobre la calidad del producto a las personas responsables de éste. Las pruebas de calidad presentan los siguientes objetivos: encontrar defectos o bugs, aumentar la confianza en el nivel de calidad, facilitar información para la toma de decisiones, evitar la aparición de defectos.

Teniendo esta afirmación en mente, la información que puede ser requerida es de lo más variada. Esto hace que el proceso de *testing* sea completamente dependiente del contexto¹ en el que se desarrolla.

El ambiente ideal de las pruebas de testing es aquel que es independiente del desarrollo del software, de esta manera se logra objetividad en las pruebas.

A pesar de lo que muchos promueven, no existen las "mejores prácticas" como tal. Toda práctica puede ser ideal para una situación pero completamente inútil o incluso perjudicial en otra.

Por esto, las actividades, técnicas, documentación, enfoques y demás elementos que condicionarán las pruebas a realizar, deben ser seleccionadas y utilizadas de la manera más eficiente según contexto del proyecto.

4.3.1 PRUEBAS UNITARIAS

Las pruebas unitarias son un nivel de pruebas de software donde las unidades individuales / componentes de un software son probados. El propósito es validar que cada unidad del software funcione según lo diseñado.

Una prueba unitaria es la parte testeable más pequeña del software. Por lo general, tiene una o unas pocas entradas y normalmente una sola salida. En la programación de procedimientos, una unidad puede ser un programa, una función, un procedimiento, etc. En la programación orientada a objetos, la unidad más pequeña es un método, que

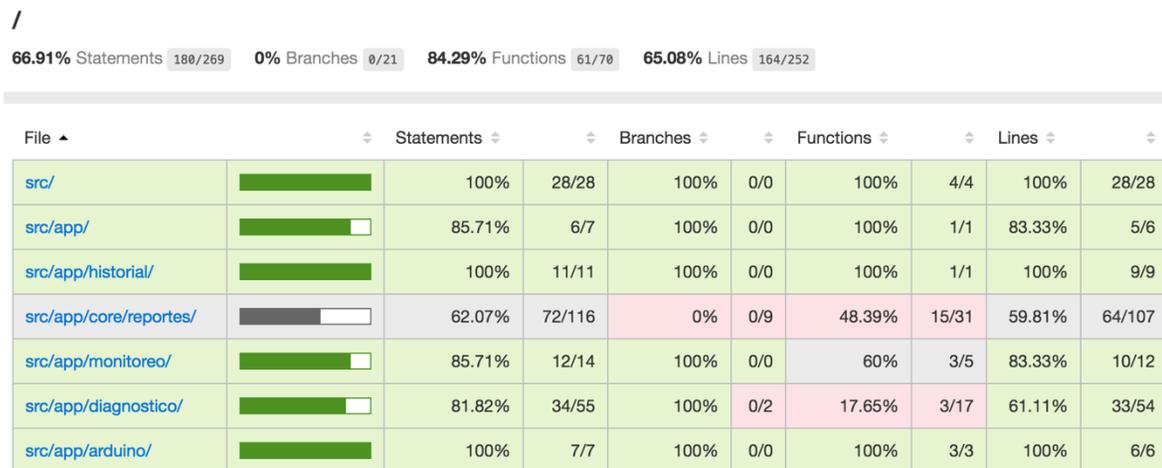
puede pertenecer a una clase base / super clase, abstracta o derivada / secundaria. (Algunos tratan un módulo de una aplicación como una unidad. Esto es desalentar ya que probablemente habrá muchas unidades individuales dentro de ese módulo.

```
describe('HistorialComponen', () => {
  let component: HistorialComponen;
  let fixture: ComponentFixture<HistorialComponen>;
  let de: DebugElement;
  let el: HTMLElement;
  beforeEach(async(() => {
    TestBed.configureTestingModule({
      declarations: [
        HistorialComponen
      ],
      imports: [
        MaterialModule.forRoot(),
        Angular2DataTableModule,
        CoreModule
      ]
    })
    .compileComponents();
  }));
  beforeEach(() => {
    fixture = TestBed.createComponent(HistorialComponen);
    component = fixture.componentInstance;
    fixture.detectChanges();
  });
  it('debe crear el component', () => {
    expect(true).toBeTruthy();
  });
  it('crear la ficha medica ', () => {
    de = fixture.debugElement.query(By.css('.ficha-medica'));
    el = de.nativeElement;
    expect(el).toBeDefined();
  });
  it('renderizar la tabla con los datos del paciente ', () => {
    de = fixture.debugElement.query(By.css('.datos-paciente'));
    el = de.nativeElement;
    expect(el).toBeDefined();
  });
  it('debe renderizar el graficador de los signos vitales ', () => {
    de = fixture.debugElement.query(By.css('.data-table'));
    el = de.nativeElement;
    expect(el).toBeDefined();
  });
});
```

Figura 29. Muestra del código de pruebas unitarias para el módulo de historiales

La cobertura de código es una medida utilizada para describir el grado en que se ejecuta el código fuente de un programa cuando se ejecuta un conjunto de pruebas concreto. Un programa con una cobertura de código alta, medida como un porcentaje, ha tenido más de su código fuente ejecutado durante la prueba, lo que sugiere que tiene una menor

probabilidad de contener errores de software no detectados en comparación con un programa con baja cobertura de código. Se pueden usar muchas métricas diferentes para calcular la cobertura del código; Algunos de los más básicos son el porcentaje de subrutinas de programa y el porcentaje de sentencias de programa llamadas durante la ejecución de la suite de pruebas.



Code coverage generated by [istanbul](#) at Fri Dec 02 2016 00:41:07 GMT-0400 (BOT)

Figura 30. Muestra del código de pruebas unitarias para el módulo de historiales

4.3. PRUEBA DE HIPOTESIS

Las pruebas se realizaron en dos sentidos, tanto la usabilidad del dispositivo móvil junto con el dispositivo que realiza el análisis a los pacientes y la comparación de los resultados que realiza el depósito en el análisis comparado con los métodos de análisis de los médicos especialistas, así como la gráfica de un electrocardiograma en el dispositivo móvil

#	Pulso Cardiaco	
	Medico	Dispositivo
1	60	59,65
2	60	60,65
3	57	58,65
4	60	61,21
5	60	59,25
6	59	59,25
7	60	59,25
8	58	57,63
9	60	60,32
10	58	58,84
11	60	60,15
12	58	57,8
13	61	59
14	58	57,12
15	62	61,5
Media	59,4	59,3513333
Des. Típica	1,35224681	1,27277462

Hipótesis Nula (H₀): El SmarthHealth detecta la arritmia cardiaca interpretado las ondas de un Electrocardiograma

Hipótesis Alterna (H₁): El SmarthHealth no detecta la arritmia cardiaca interpretado las ondas de un Electrocardiograma

$$Z = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} \quad \text{donde } \sigma = \sqrt{\frac{N_1 S_1^2 + N_2 S_2^2}{N_1 + N_2 - 2}}$$

Haciendo los cálculos se obtiene:

$$\sigma = \sqrt{\frac{15(0.79)^2 + 15(0.70)^2}{15 + 15 - 2}} = 1.35 \qquad Z = \frac{59.4 - 59.35}{\frac{1.35}{\sqrt{15}}} = 0.28$$

0.28 < 1.763 para el pulso cardiaco.

La hipótesis planteada en el capítulo 1 es aceptada ya que después de haber realizado el cálculo de nivel de aceptación de significación $\alpha = 0.05$ (confiabilidad de al menos 95% en la determinación de precisión en el dispositivo “SmarthHeath”), por los resultados ya observados se acepta la hipótesis H_0 . Además que se acepta la hipótesis se puede mostrar la eficiencia del dispositivo, el cual fue sometido a pruebas con expertos del área de medicina.



CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Se construyó la manilla para medir el pulso cardíaco para que esta a través de nuestra aplicación android haga la comunicación y ayude en el diagnóstico confiable dándole datos confiables a los doctores en base a las pruebas establecidas de acuerdo a los datos estadísticos.

Se describió las enfermedades cardiovasculares, el cálculo del pulso cardíaco y su uso para determinar la presión, también se describe el micro controlador arduino y los sensores de pulso que se integran en el marco práctico.

Se desarrolló el sistema web en donde nos pusimos la meta de crear un software confiable y lo logramos usando pruebas para que nuestro software tenga un promedio de 80% de calidad en el código.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda no someter el prototipo a altas temperaturas como ser mayor a 30° grados
- Fijar bien la manilla para que el sensor logre captar datos del paciente sin problemas
- Mediante el la aplicación SmarthHealth se puede diagnosticar y prevenir las enfermedades cardiovasculares.
- Evidentemente la aplicación Movil guarda los datos del paciente en la Nube para una mejor administración mediante la Web, así poder tener los datos en cualquier momento
- Tanto del software como el hardware para el análisis de las ondas del electrocardiograma , específicamente aplicando la metodología Mobil-D y comprobado por medio del prototipo, el cual fue probado en pacientes

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- A Practical Guide to Clinical Medicine. (3 de Mayo de 2016). *Signos vitales*. Obtenido de Signos vitales: <https://meded.ucsd.edu/clinicalmed/vital.htm>
- Arduino.cc. (5 de Mayo de 2016). *Arduino*. Obtenido de <https://www.arduino.cc/>
- dA. (6 de Octubre de 2015). *Un sensor de pulsaciones cardiacas con Arduino*. Obtenido de Un sensor de pulsaciones cardiacas con Arduino: <http://descubrearduino.com/un-sensor-de-pulsaciones-cardiacas-con-arduino/>
- IEEE Spectrum. (2 de 5 de 2015). *IEEE Spectrum*. Obtenido de IEEE Spectrum: <http://spectrum.ieee.org/geek-life/hands-on/the-making-of-arduino>
- La Web del Electrocardiograma. (20 de Enero de 2015). *Frecuencia cardiaca*. Obtenido de Frecuencia cardiaca: <http://www.my-ekg.com/como-leer-ekg/ritmo-cardiaco.html>
- medicalhistorybracelet. (4 de Abril de 2016). *Medical History*. Obtenido de medicalhistorybracelet.com
- Medline Plus. (5 de mayo de 2016). *Medline Plus*. Obtenido de Medline Plus: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/patientinstructions/000759.htm>
- PROMETEC. (6 de Junio de 2016). *MÓDULO BLUETOOTH HC-06*. Obtenido de MÓDULO BLUETOOTH HC-06: <http://www.prometec.net/bt-hc06/>
- SAC. (5 de Abril de 2015). *Consenso-de-Hipertension-Arterial*. Obtenido de Consenso-de-Hipertension-Arterial: <http://www.sac.org.ar/wp-content/uploads/2014/04/Consenso-de-Hipertension-Arterial.pdf>