

**CENTRO UNIVERSITARIO TECNOLÓGICO  
CEUTEC**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN**

**SIMULACIÓN Y ESTUDIO PARA DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE  
CARDIOTACÓMETRO DIGITAL MEDIANTE EL USO DE UN  
MICROCONTROLADOR ARDUINO EN LA CIUDAD DE  
TEGUCIGALPA, HONDURAS.**

**SUSTENTADO**

**SONIA MARÍA VARELA HERNÁNDEZ**

**CUENTA PREVIA INVESTIDURA AL TÍTULO DE  
LICENCIATURA EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**TEGUCIGALPA, F.M, HONDURAS, C.A.**

**04 DE ABRIL DE 2022**

**CENTRO UNIVERSITARIO TECNOLÓGICO  
CEUTEC**

**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

**RECTOR**

**MARLON ANTONIO BREVÉ REYES**

**SECRETARIO GENERAL**

**ROGER MARTÍNEZ MIRALDA**

**VICERRECTORA ACADÉMICA CEUTEC**

**DINA ELIZABETH VENTURA DÍAZ**

**DIRECTORA ACADÉMICA CEUTEC**

**IRIS GABRIELA GONZALES ORTEGA**

**TEGUCIGALPA, F.M, HONDURAS, C.A.**

**04 DE ABRIL DE 2022**

**SIMULACIÓN Y ESTUDIO PARA DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE  
CARDIOTACÓMETRO DIGITAL MEDIANTE EL USO DE UN  
MICROCONTROLADOR ARDUINO EN LA CIUDAD DE  
TEGUCIGALPA, HONDURAS.**

**TRABAJO PRESENTADO EN EL CUMPLIMIENTO DE LOS  
REQUISITOS EXIGIDOS PARA OPTAR AL TÍTULO DE:  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**ASESOR:  
ING. KARIO VILLAFRANCA**

**TERNA EXAMINADORA:  
ING. ELMER CRUZ  
ING. DARIN ARGUETA**

**TEGUCIGALPA, F.M, HONDURAS, C.A.**

**04 DE ABRIL DE 2022.**

## **DERECHOS DE AUTOR**

© Copyright 2022  
SONIA MARIA VARELA HERNANDEZ

Todos los derechos son reservados

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto de graduación es un fruto de mi esfuerzo y perseverancia. La dedico principalmente a Dios por permitirme culminar esta etapa en mi vida profesional.

A mi hijo Santiago, a mi esposo José y a mis padres por haberme apoyado en todo momento a lo largo de estos años de estudio universitario y alentarme a seguir adelante en los momentos más difíciles de este proceso académico como también a disfrutar los momentos de éxito.

**Sonia María Varela Hernández**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme la fuerza necesaria a lo largo de estos años de mi carrera universitaria, a cada uno de los catedráticos de la carrera por brindarme los conocimientos necesarios para lograr esta meta, y al Ing. Kario Villafranca por asesorarme para realizar mi proyecto de graduación.

**Sonia María Varela Hernández**

## RESUMEN EJECUTIVO

Las enfermedades cardiovasculares (ECV) están entre los factores más frecuentes de morbilidad y mortalidad en la población activa. Según los últimos datos de OMS (Organización mundial de la salud) publicados de 2018 las muertes causadas por Enfermedad coronaria en Honduras han llegado a 6.882 (19,60% de todas las muertes). La tasa de mortalidad por edad es de 120,29 por 100,000 de población. Honduras ocupa el lugar número 97 en el mundo. (world life expectancy, 2018)

En base a esto se ha visto la necesidad de un dispositivo con el que se pueda monitorear la frecuencia cardiaca en tiempo real y de esta manera poder estar alerta a cualquier anomalía en el ritmo cardiaco, en este proyecto de graduación se hará la simulación de un cardiotacómetro por medio de un microcontrolador Arduino siendo el objetivo de la programación demostrar los tres básicos momentos que pueden determinar el cardiotacómetro: Taquicardia, Bradicardia o frecuencia cardiaca normal.

También se ha tomado la realización de un estudio de la oferta y de la demanda (Precio, Producto, Plaza y Promoción) para dicho dispositivo en el cual se aplicó una encuesta compuesta por 14 preguntas a 207 hogares en la ciudad de Tegucigalpa, por medio de un teléfono inteligente mediante internet. Consultando a las familias si creen que es importante que en sus hogares se cuente con cardiotacómetro el 74.6% de las familias creen que es muy importante que todos los hogares posean un cardiotacómetro digital para el chequeo de la frecuencia cardiaca, y un 22% consideran que, si es importante, pero no mucho, por lo que se podría considerar que un 97% de la muestra encuestada considera que poseer uno de estos dispositivos en los hogares tiene un grado de importancia significativo, en comparación a un 3% de los encuestados que es el segmento que piensa que no es nada importante.

Por lo que realizar este proyecto de graduación se puede determinar que hay un mercado potencial para el cual se analizará la factibilidad técnica por medio de la simulación en el presente estudio.

## Índice

<b>AUTORIZACIÓN</b> .....	I
<b>DEDICATORIA</b> .....	III
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	III
<b>RESUMEN EJECUTIVO</b> .....	IV
<b>GLOSARIO</b> .....	X
<b>CAPÍTULO I</b> .....	1
<b>1.1 Introducción</b> .....	1
<b>II. Planteamiento del problema</b> .....	2
<b>2.1 Antecedentes del problema</b> .....	2
<b>2.1.2 Negocios de venta de cardiotacómetros digitales en Tegucigalpa</b> .....	2
<b>2.2 Definición del problema</b> .....	4
<b>2.3 Preguntas de investigación</b> .....	5
<b>2.4 Hipótesis y variables de investigación</b> .....	6
<b>2.4.1 Diagrama sagital</b> .....	6
<b>2.5 Justificación</b> .....	10
<b>III. Objetivos</b> .....	11
<b>3.1 Objetivo general</b> .....	11
<b>3.2 Objetivos específicos</b> .....	11
<b>IV. Marco teórico</b> .....	12
<b>4.1 Conceptualización</b> .....	12
<b>4.1.1 Cardiotacómetro</b> .....	12
<b>4.1.1.1 Características del Cardiotacómetro</b> .....	12
<b>4.1.1.2 Proceso del prototipo</b> .....	14
<b>4.1.2 Frecuencia cardiaca</b> .....	14
<b>4.1.3 Electrocardiograma</b> .....	15
<b>4.1.4 Señal de electrocardiograma</b> .....	16
<b>4.1.5 Historia del cardiotacómetro</b> .....	18
<b>4.1.3.1 Evolución del cardiotacómetro o pulsómetro deportivo</b> .....	21
<b>4.2 Condiciones cardiovasculares</b> .....	21

4.2.1 Variabilidad de frecuencia cardiaca.....	21
4.2.2 Trastornos del ritmo cardiaco .....	23
4.3 Análisis de la situación actual.....	23
4.3.1 Enfermedades coronarias en Honduras .....	23
4.4 Elementos principales.....	23
4.4.1 Arduino UNO .....	23
4.4.1.1 Características .....	24
4.4.2 Display LCD .....	25
4.4.2.1 Especificación y características.....	25
4.4.3 Sensor óptico (sensor de pulso ritmo cardiaco XD-58C) .....	26
4.4.3.1 Especificaciones .....	26
4.4.4 Potenciómetro.....	27
4.4.4.1 Características de un potenciómetro .....	27
4.5 Productos existentes en el mercado .....	28
4.5.1 Cardiotacómetro de banda marca POLAR.....	28
4.5.2 Cardiotacómetro de pulso marca Garmin Vivosmart 4 .....	29
<b>CAPÍTULO V. METODOLOGÍA.....</b>	<b>30</b>
5.1 Enfoque y métodos.....	30
5.1.1 No experimental, transaccional descriptivo .....	30
5.1.2 Congruencia metodológica.....	31
5.1.2.1 Enfoque del estudio .....	31
5.1.3 Alcance de la investigación .....	31
5.2 Selección de muestra .....	31
5.2.1 Población y Muestra .....	31
5.2.1.1 Población .....	31
5.2.1.2 Muestra .....	31
5.2.2 Elemento Muestral.....	32
5.2.3 Tipo y procedimiento a usar .....	32
5.3 Recolección de datos cuantitativos .....	33
5.3.1 Tipo de instrumento a utilizar .....	33
<b>CAPÍTULO VI. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>35</b>
6.1 Resultados de la encuesta. ....	35

6.1.1 Análisis del Precio .....	35
6.1.2 Análisis del producto.....	37
6.1.3 Análisis de la Plaza.....	39
6.1.4 Análisis de la Promoción.....	43
6.2 Generalidades .....	43
6.3 Juicio de Expertos.....	45
<b>CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES .....</b>	<b>47</b>
7.1 Conclusiones.....	47
<b>CAPÍTULO VIII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>48</b>
<b>CAPÍTULO IX. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>49</b>
<b>CAPÍTULO X. ANEXOS.....</b>	<b>52</b>
<b>ANEXO 1. Matriz metodológica .....</b>	<b>52</b>
<b>ANEXO 2. Encuesta de Mercado .....</b>	<b>53</b>
<b>ANEXO 3. Juicio de expertos .....</b>	<b>57</b>
<b>ANEXO 4. Respuestas a Juicio de expertos .....</b>	<b>58</b>
<b>ANEXO 5. Simulación del cardiotacómetro. ....</b>	<b>61</b>
<b>ANEXO 6. Código de arduino.....</b>	<b>65</b>
<b>ANEXO 7. Costos .....</b>	<b>67</b>
Figura 4. 1: Diagrama de bloques de un cardiotacómetro promedio. ....	13
Figura 4. 2: Rangos promedios de la frecuencia cardiaca. ....	15
Figura 4. 3: Triangulo de Einthoven.....	16
Figura 4. 4: Trazado ECG y sus formas de ondas más representativas. ....	18
Figura 4. 5: Péndulo simple. ....	19
Figura 4. 6: Pulsómetro de Franklin. ....	20
Figura 4. 7: 7Evolución del cardiotacómetro.....	21
Figura 4. 8: Arduino Uno y sus partes.....	24
Figura 4. 9: Pines del display LCD. ....	25
Figura 4. 10: sensor de pulso ritmo cardiaco XD-58C.....	26
Figura 4. 11: Composición de un potenciómetro. ....	27

Figura 4. 12:Cardiotacómetro de banda marca POLAR.....	28
Figura 4. 13: Cardiotacómetro de pulso marca Garmin Vivosmart 4. ....	29
Figura 5. 1: Enfoque y método.....	30
Figura 5. 2: Cronología de trabajo.....	34
Figura 6. 1: Encuesta, pregunta 1. ....	36
Figura 6. 2: Encuesta, pregunta 2. ....	36
Figura 6. 3: Encuesta, pregunta 3. ....	37
Figura 6. 4: Encuesta, pregunta 4. ....	40
Figura 6. 5: Encuesta, pregunta 5. ....	41
Figura 6. 6: Encuesta, pregunta 6. ....	41
Figura 6. 7: Encuesta, pregunta 7. ....	42
Figura 6. 8: Encuesta, pregunta 8. ....	42
Figura 6. 9: Encuesta, pregunta 9. ....	43
Figura 6. 10: Encuesta, pregunta 10. ....	44
Figura 6. 11: Encuesta, pregunta 11. ....	44
Figura 10. 1: Matriz metodológica. ....	52
Figura 10. 2: Encuesta de mercado.....	53
Figura 10. 3: Encuesta de mercado.....	54
Figura 10. 4: Encuesta de mercado.....	55
Figura 10. 5: Encuesta de mercado.....	56
Figura 10. 6: Encuesta, Juicio a expertos.....	57
Figura 10. 7:Respuestas a encuesta, Juicio a expertos. ....	58
Figura 10. 8:Respuestas a encuesta, Juicio a expertos. ....	59
Figura 10. 9: Respuestas a encuesta, Juicio a expertos.....	60
Figura 10. 10: Diseño del cardiotacómetro. ....	61
Figura 10. 11: Estado normal de frecuencia cardiaca en cardiotacómetro. ....	62
Figura 10. 12: Taquicardia en cardiotacómetro. ....	63
Figura 10. 13:Bradycardia en cardiotacómetro.....	64
Figura 10. 14: Código de arduino del cardiotacómetro. ....	65
Figura 10. 15: Código de arduino del cardiotacómetro.....	66
Tabla 2. 1: Variables de investigación.....	9

Tabla 5. 1: Tipo y procedimiento a usar. ....	32
Tabla 5. 2: Tipo de instrumento a utilizar. ....	33
Tabla 10. 1: 3Costos estimados en C&D Tecnologia. ....	67

## GLOSARIO

- **Cardiotacómetro:** es un prototipo que es construido a bajo costo capaz de tomar la señal cardíaca de un paciente y realizar cálculos de frecuencia cardíaca instantánea con base a la detección de la onda R del complejo cardíaco.
- **Arduino:** Arduino es una placa electrónica de hardware libre que utiliza un microcontrolador reprogramable con una serie de pines que permiten establecer conexiones entre el controlador y los diferentes sensores, es decir el "cerebro" de algún circuito o maquinaria.
- **Microcontrolador:** Un microcontrolador es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria.
- **LCD:** La sigla LCD alude a Liquid Crystal Display, una expresión de la lengua inglesa que puede traducirse como Pantalla de Cristal Líquido. Una LCD, por lo tanto, es un tipo de pantalla, que se caracteriza por ser plana y por estar formada por píxeles que contienen moléculas de cristal líquido.
- **Factibilidad:** se refiere a la disponibilidad de los recursos necesarios para llevar a cabo los objetivos o metas señaladas, es decir, si es posible cumplir con las metas que se tienen en un proyecto, tomando en cuenta los recursos.
- **Proteus:** Proteus Design Suite es software de automatización de diseño electrónico, desarrollado por Labcenter Electronics Ltd., que consta de los dos programas principales: Ares e Isis, y los módulos VSM y Electra.
- **OMS:** La Organización Mundial de la Salud en español, es el organismo de la Organización de las Naciones Unidas especializado en gestionar políticas de prevención, promoción e intervención a nivel mundial.

# CAPÍTULO I

## 1.1 Introducción

El presente proyecto de graduación trata sobre la simulación y estudio para diseño de un prototipo de cardiotacómetro digital mediante el uso de un microcontrolador arduino en la ciudad de Tegucigalpa, Honduras.

Un cardiotacómetro es un instrumento de precisión, digital y electrónico (un reloj cronómetro), que funciona con pilas. Sus sensores se acoplan a una cinta elástica (a su vez se coloca en el pecho a la altura del corazón) o como un reloj pulsera siendo capaz de detectar y contabilizar las pulsaciones de la persona que lo utiliza. Puede mostrar el pulso por minuto casi de forma instantánea, a través de una pantalla.

Los resultados pueden ser vistos por el usuario fácilmente y así tener un registro del estado de su frecuencia cardiaca, además de ser utilizado por entrenador para tener ritmos más precisos en sus deportistas y también recomendado por médicos para llevar un control del ritmo cardiaco en pacientes con enfermedades coronarias.

Se estará mostrando la simulación del cardiotacómetro mediante el programa de simulación “Proteus” y el estudio realizado de dicho dispositivo el cual se llevó a cabo mediante encuestas realizadas en la ciudad de Tegucigalpa y entrevista a expertos para tener un mejor conocimiento sobre su rentabilidad.

## **II. Planteamiento del problema**

### **2.1 Antecedentes del problema**

En la ciudad de Tegucigalpa y en el país en general las enfermedades cardiovasculares en los hogares es un tema que genera mucha preocupación en la población ya que según estadísticas son muchos los hondureños que padecen alguna condición relacionada con el sistema cardiovascular, dichas condiciones se pueden presentar en personas de todas las edades, e inclusive en personas con aparente buen estado de salud, en muchas ocasiones son generados por malos hábitos alimenticios u otros factores generados por la misma persona pero también pueden ser generados por herencia congénita, por lo que se podría decir que todas las personas somos propensas a padecer problemas cardiacos en algún momento de nuestras vidas, según el INE actualmente viven 1.158 millones(2013) en la ciudad de Tegucigalpa y cada vez de da menos abasto el sistema el sistema de salud pública debido a la situación sanitaria que actualmente vive el país a raíz de la pandemia de COVID 19, para poder controlar tratamientos por anomalías cardiacas o poder detectarlos las personas han optado por poseer dispositivos electrónicos en sus hogares que les ayuden y provean la información necesario para dicho procedimientos o tratamientos como ser el cardiotacómetro digital, y debido a la información obtenida en el estudio de mercado se determinó que hay mucha aceptación de este producto en los hogares de Tegucigalpa.

Las enfermedades cardiovasculares (ECV) están entre los factores más frecuentes de morbilidad y mortalidad en la población activa. La tendencia actual es al crecimiento, no solo en las grandes economías, sino también en los países subdesarrollados.

Según los últimos datos de OMS (Organización mundial de la salud) publicados de 2018 las muertes causadas por Enfermedad coronaria en Honduras han llegado a 6.882 (19,60% de todas las muertes). La tasa de mortalidad por edad es de 120,29 por 100,000 de población. Honduras ocupa el lugar número 97 en el mundo. (world life expectancy, 2018)

#### **2.1.2 Negocios de venta de cardiotacómetros digitales en Tegucigalpa**

Los negocios que distribuyen cardiotacómetros digitales en la ciudad de Tegucigalpa han sido más innovadores cada día para poder buscar en ese acto diferenciador entre estos equipos,

ya que actualmente hay aproximadamente 10 negocios que se dedican a la venta y distribución de equipos médicos y sumado a esto también se han incorporado a aparatos tecnológicos como ser teléfonos inteligentes y relojes digitales aplicaciones que miden algunas de estas condiciones cardiovasculares como ser presión arterial, frecuencia cardiaca pero estos son aparatos sofisticados y de costos elevados por lo que se pretende diseñar un aparato que cuente con todas estas aplicaciones como ser la evaluación y detección de taquicardias, bradicardias y arritmias, a costos bajos, fáciles de utilizar, y diseñado de manera ergonómica para comodidad del usuario.

## **2.2 Definición del problema**

En la ciudad de Tegucigalpa se ha identificado una carencia en cuanto a la cantidad de empresas que ofrecen productos como ser el cardiotacómetro digital, y los productos que ofrecen no se adaptan en su totalidad a las necesidades de los usuarios, también las empresas que ofrecen estos servicios como ser hospitales y clínicas y se han enfocado a satisfacer la necesidad de una parte del mercado con condición económica media alta y suficiente para cubrir esos costos debido a su modelo de negocios, como ser altos costos en las consultas y estudios o el acceso a estos mediante seguros privados, y el sistema de salud pública no se da abasto para cubrir situaciones cardiovasculares preventivas, sino que se enfocan en su mayoría en cubrir situaciones de emergencia.

Las empresas existentes en el mercado no cuentan con una estrategia diferenciadora en los productos y servicios que ofrecen, y debido a ello se encontró una oportunidad de negocio en un mercado potencial insatisfecho identificado en el estudio de mercado, y mediante el proyecto de simulación de cardiotacómetro digital se plantea determinar la factibilidad técnica para dicho dispositivo.

## 2.3 Preguntas de investigación

1. ¿Cuáles son las características de cardiotaómetro que facilitan su usabilidad con respecto a otros dispositivos con aplicaciones similares?
2. ¿De qué manera el cardiotaómetro contribuye al seguimiento y tratamiento de condiciones cardiacas?
3. ¿Cómo este prototipo genera información sobre la variabilidad de la frecuencia cardiaca?
4. ¿Cuál son las características que posee el arduino que lo hace mejor que otros microcontroladores?

## 2.4 Hipótesis y variables de investigación

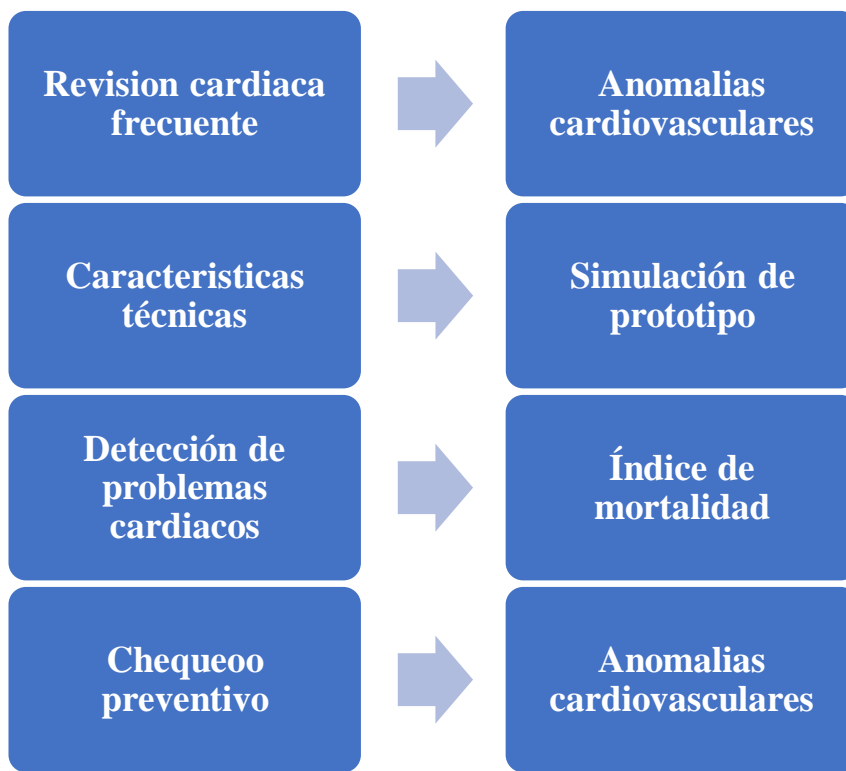
H<sub>i</sub>: Los usuarios que realizan revisión cardiaca frecuente mediante un cardiotacómetro son más propensos a identificar anomalías cardiovasculares que pueden provocar daños severos a su salud.

H<sub>i</sub>: El arduino posee las características técnicas para poder realizar la simulación de un prototipo de cardiotacómetro digital.

H<sub>o</sub>: La no detección temprana de problemas cardiacos, aumentan los índices de mortalidad a raíz de estas patologías.

H<sub>a</sub>: La Importancia que las personas le atribuyen al chequeo preventivo, es significativamente menor a la importancia que le dan al seguimiento de una patología ya existente.

### 2.4.1 Diagrama sagital



Variable	Definición Conceptual	Definición Operativa	Dimensiones	Indicadores
<b>Revisión cardiaca frecuente</b>	Evaluar la salud del sistema cardiovascular antes de que se presenten síntomas de enfermedad cardiovascular. Mediante la detección de indicaciones tempranas, la enfermedad puede ser prevenida o tratada. (TOPDOCTORS, s.f.)	Evaluar es estado cardiaco de manera periódica, mediante el uso de cardiotacómetro y de esta manera conocer el estado actual, y por tanto poder anticiparse ante posibles situaciones futuras	Revisión de patologías existentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presión Arterial</li> <li>• Frecuencia Cardiaca</li> </ul>
			Revisión de evolución de tratamientos existentes	
			Revisiones preventivas	
<b>Anomalías Cardiovasculares</b>	Las anomalías cardiovasculares son un término amplio para problemas del corazón y 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. (Mediplus, 2020)	Es la condición o patología que se busca en la medida de lo posible evitar, o controlar el chequeo periódico haciendo uso del cardiotacómetro Digital	Seguimiento por parte del médico tratante	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se presenta evolución en la patología.</li> <li>• Se presenta disminución de la patología.</li> <li>• No se presenta alteración alguna en la patología</li> </ul>
			Seguimiento por parte del usuario (Paciente)	
<b>Características técnicas</b>	Se hace referencia a la forma en que aparecen en las características reflejadas en una ficha técnica de producto. (Brabata, 2021)	Las características necesarias requeridas en la simulación para tener un correcto funcionamiento.	Microcontrolador	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lenguaje de programación.</li> <li>• Código abierto.</li> </ul>
			Software ampliable	

<b>Simulación de prototipo</b>	Es la etapa final del producto, similar a una maqueta. Su objetivo es verificar que el flujo de interacción esperado es el correcto o si es necesario ajustarlo para mejorarlo. (Emprendimiento , 2017)	Simulación del proyecto final mediante la comprobación de alternativas.	Ensayo y error.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pantalla LCD.</li> </ul>
<b>Detección de problemas cardiacos</b>	Procedimiento que consiste en la detección temprana de problemas cardiacas antes de que aparezcan sus síntomas. (Radiology, s.f.)	Procedimiento realizado por el cardiotacómetro el cual consiste el brindar datos los cuales podrán indicar un posible problema cardiaco y el cual requerirá otros estudios para confirmar o descartar dicha sospecha.	Problemas Sistemáticos	Chequeo debido a un malestar
			Problemas Asintomáticos	Chequeos de rutina
				Chequeos por predisposición Genética
<b>Índice de Mortalidad</b>	El índice de mortalidad estudia la frecuencia del número de defunciones ocurridas en una población, área geográfica y periodo determinado (InE, s.f.)	Es la frecuencia del número de defunciones ocurridas debido a condiciones cardiovasculares	Número de defunciones	Número de defunciones en personas que usan el cardiotacómetro.
				Número de defunciones en personas que no usan el cardiotacómetro.
<b>Chequeo Preventivo</b>	Es una evaluación con la finalidad de identificar factores de riesgo que permite prevenir enfermedades futuras. (CSO, 2019)	Evaluación llevada a cabo con el cardiotacómetro y que permite identificar cualquier anomalía de	Chequeo por parte del usuario	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión de indicadores normales.</li> <li>• Revisión de variaciones en los indicadores normales.</li> </ul>

		manera temprana con el fin de prevenir cualquier problema mayor a futuro.		
<b>Seguimiento de patologías</b>	El seguimiento es un proceso de atención sanitario que prosigue a una intervención diagnóstica o terapéutica, con el objetivo de finalizar el episodio de atención iniciado para conseguir la completa recuperación del paciente, o de mantener un estado de salud satisfactorio. (Balderas, s.f.)	Evaluaciones llevadas a cabo con el cardiotacómetro una vez ya ha sido diagnosticada una patología, la cual se encuentra en tratamiento y es con el fin de evaluar los resultados de este	Chequeo por parte del médico tratante.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión de mejoras en los indicadores</li> <li>• Revisión de alteraciones en los indicadores</li> </ul>
			Chequeo por parte del usuario	

Tabla 2. 1: Variables de investigación.

## 2.5 Justificación

El presente proyecto de graduación se enfocará en simular y estudiar un cardiotacómetro digital mediante el uso de arduino el cual evaluará la funcionalidad y la construcción de este dispositivo de equipo médico diseñado para captar pulsaciones cardiacas y demostrarlas en una pantalla determinando el estado del paciente en los casos de bradicardia, taquicardia o frecuencia cardiaca normal, a pesar de que tenga similar funcionamiento al ECG (electrocardiograma) este es de uso personal, es decir que no requiere de profesionales de la salud para conocer cuál es el estado cardiaco de la persona que lo adquiera.

Además, este dispositivo tiene facilidad de uso ya que se puede usar mediante un reloj pulsera o una banda pectoral lo que lo hace más cómodo e imperceptible pudiéndose utilizar cotidianamente durante un día de trabajo o en las diferentes actividades diarias.

La razón por la que el arduino es una mejor opción es porque consta de software multiplataforma es decir que puede trabajar en todas las plataformas (Mac, Windows, Linux), es asequible pues se puede encontrar placas a bajo costo, tiene un entorno de programación simple y directo, es sencillo y fácil duplicar, puede modificar las placas y además es legal, al ser open – source hardware, bajo licencia Creative Commons puedes reunir los componentes y crear una placa propia, es flexible ya que al añadirle shields (módulos) en función del uso que se le vaya a requerir (conexión a Internet, control de motores, etc.), consta con software ampliable y de código abierto, bajo licencia Creative Commons y finalmente consta con el componente principal para la simulación del cardiotacómetro el cual es el microcontrolador que es el cerebro del Arduino, con los datos recibidos del entorno (conexiones de entrada) es donde, a través del lenguaje de programación (open source y con una curva de aprendizaje rápida), interpreta la información, qué parámetros buscar y comparar, y por último, qué acciones tomar a modo de respuesta.

### **III. Objetivos**

#### **3.1 Objetivo general**

- Desarrollar la simulación y estudio sobre el diseño de un “Cardiotacómetro” mediante un microcontrolador arduino capaz de captar las pulsaciones cardiacas.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Identificar la demanda del mercado para la creación de un Cardiotacómetro digital mediante un microcontrolador arduino capaz de captar las pulsaciones cardiacas y demostrarlas por medio de una pantalla el estado cardiaco del usuario (frecuencia normal, bradicardia o taquicardia).
- Demostrar como este prototipo puede detectar algunas anomalías cardiacas y llevar un control del ritmo cardiaco.
- Describir el proceso mediante el cual este prototipo recolecta la información mediante señales cardiacas.
- Identificar las características que posee el arduino que lo hace mejor que usar otros microcontroladores.

## **IV. Marco teórico**

### **4.1 Conceptualización**

#### **4.1.1 Cardiotacómetro**

Un cardiotacómetro es un dispositivo médico que realiza una función similar a un electrocardiograma.

Un cardiotacómetro o pulsómetro es un dispositivo que permite a un usuario medir su frecuencia cardíaca en tiempo real. Por lo general consta de dos elementos: una correa transmisora para el pecho y un receptor que puede ser un reloj, un ciclo computador, nuestro teléfono móvil, etc. Los modelos más avanzados miden, además, la variabilidad del ritmo cardíaco para evaluar la capacidad física del usuario.

La cinta del pecho tiene los electrodos en contacto con la piel para controlar electrónicamente las pulsaciones del corazón. Cuando se detectan los latidos del corazón se transmite una señal de radio, que el receptor utiliza para determinar la frecuencia cardíaca. Esta señal puede ser un simple pulso de radio o una sola señal codificada desde la correa del pecho, que impide que otro usuario cercano que use también un transmisor semejante reciba la señal (conocida como diafonía, un tipo de interferencia).

##### **4.1.1.1 Características del Cardiotacómetro**

El cardiotacómetro digital es un prototipo de equipo electrónico portátil y de bajo costo, que permite tomar una señal cardíaca y amplificarla, para posteriormente medir almacenar los valores de la frecuencia cardíaca en una memoria, con base a la detección de la onda R, para implementar el análisis de la variación de frecuencia cardíaca.

Los cardiotacómetros se utilizan para la obtención del ritmo cardíaco, usualmente a partir de la señal de ECG, pero también puede obtenerse a partir de otros bioseñales como la presión arterial o los sonidos cardíacos. Frecuentemente incorporan circuitos de alarma que indican cuándo el ritmo cardíaco excede un rango previamente programado. Se clasifican en

cardiotacómetros de promedio (proporciona el valor medio en un cierto periodo de tiempo) o de pulso a pulso (proporciona el valor instantáneo del ritmo a partir de la inversa del intervalo entre pulsos consecutivos).

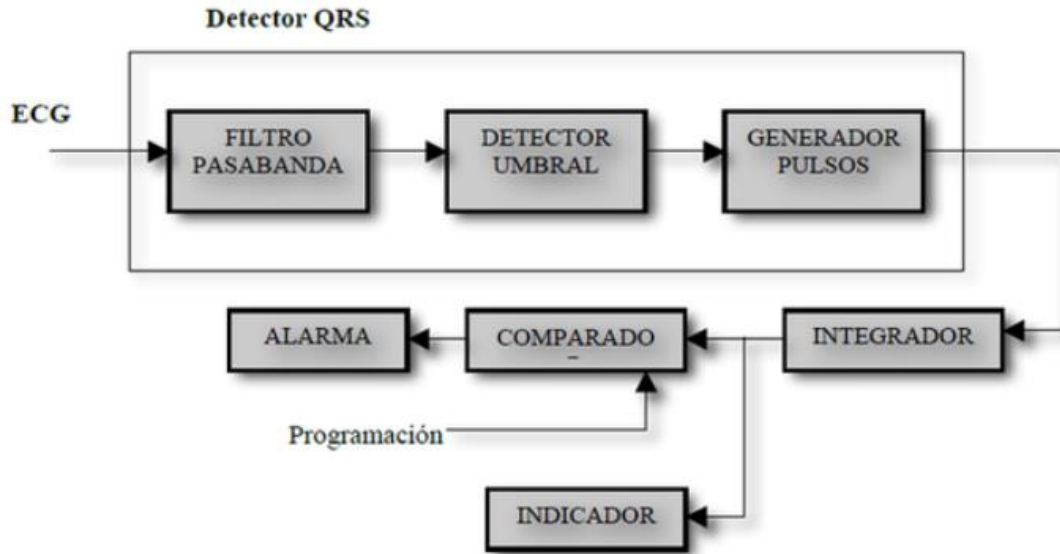


Figura 4. 1: Diagrama de bloques de un cardiotacómetro promedio.

La figura 4.1 muestra el diagrama básico de un cardiotacómetro de promedio. La señal, previamente amplificada por un amplificador de ECG, es analizada por un detector de QRS constituido por un filtro pasa banda, un detector de umbral y un generador de pulso. A la salida del detector se obtiene un pulso por cada QRS detectado. El tren de pulsos obtenido es integrado para obtener una señal promedio, cuya amplitud es proporcional al ritmo cardíaco. Esta señal se presenta al usuario mediante un indicador, y puede también utilizarse para disparar una alarma comparando su valor con límites predefinidos.

El cardiotacómetro promediador sólo permite seguir las tendencias del ritmo cardíaco, pero no su variabilidad latida a latido. En este último caso se utilizan los cardiotacómetros instantáneos, que utilizan también un detector de QRS, pero que sustituyen el integrador por un circuito que convierta el intervalo entre latidos en una tensión de salida. Una forma de implementar esto puede ser la utilización de contadores digitales que midan el número de pulsos de reloj durante

dicho intervalo, seguidos de un conversor D/A para obtener la señal analógica de salida. También en este caso puede utilizarse circuitos de alarma. (Pardell, 2021)

#### **4.1.1.2 Proceso del prototipo**

Esta señal se determina por medio de unos pequeños electrodos que están conectados a una tapa y en contacto con el paciente para la recepción de la señal.

Este prototipo simulado en el programa proteus conta de arduino uno, el cual contiene el código con el proceso del cardiotacómetro en el cual recolecta los latidos en 15 segundos multiplicándolos por 4 para así estimar la frecuencia cardiaca de un minuto, el pulsador simula las pulsaciones que emite el corazón y este demuestra el estado de la frecuencia cardiaca y también las pulsaciones por minuto en la pantalla del display.

#### **4.1.2 Frecuencia cardiaca**

El corazón trabaja con una serie nodos, capaces de crear impulsos eléctricos, con el fin de estimular las células cardiacas, con el fin de contraer el corazón para el bombeo de la sangre a través de todo el cuerpo. Dichas corrientes, pueden ser medidas de tal manera que se puede analizar el funcionamiento del corazón. Un ejemplo en la aplicación de estas corrientes es la contabilización de la frecuencia cardiaca. La frecuencia cardiaca está definida como la cantidad de contracciones del corazón durante un minuto. Dentro de los parámetros normales y en condiciones saludables, la frecuencia cardiaca normal, está cerca de los 80 latidos por minuto. Fuera de esta frecuencia (80 lpm) podríamos decir que el corazón se encuentra trabajando de manera anormal o que estamos en presencia de alguna afección cardiaca, como, por ejemplo, una taquicardia. El conteo de dicha frecuencia puede ser posible, si somos capaces de contabilizar el componente R del complejo QRS, dentro de la señal característica del electrocardiograma, entre dos ciclos completos. Para dicho propósito, se emplea un cardiotacómetro, que básicamente es un dispositivo electrónico capaz de filtrar la señal del ECG, con el fin de dejar únicamente presente un impulso equivalente al voltaje de la onda R. (Barajas & Encalada, 2014)

<b>HOMBRES: VALORES DE REFERENCIA PULSACIONES EN REPOSO POR MINUTO</b>				
EDAD (AÑOS)	INADECUADO (PPM)	NORMAL (PPM)	BUENO (PPM)	EXCELENTE (PPM)
20 - 29	86 o más	70 - 84	62 - 68	60 o menos
30 - 39	86 o más	72 - 84	64 - 70	62 o menos
40 - 49	90 o más	74 - 88	66 - 72	64 o menos
50 o más	90 o más	76 - 88	68 - 74	66 o menos

<b>MUJERES: VALORES DE REFERENCIA PULSACIONES EN REPOSO POR MINUTO</b>				
EDAD (AÑOS)	INADECUADO (PPM)	NORMAL (PPM)	BUENO (PPM)	EXCELENTE (PPM)
20 - 29	96 o más	78 - 94	72 - 76	70 o menos
30 - 39	98 o más	80 - 96	72 - 78	70 o menos
40 - 49	100 o más	80 - 98	74 - 78	72 o menos
50 o más	104 o más	84 - 102	76 - 82	74 o menos

Figura 4. 2: Rangos promedios de la frecuencia cardiaca.

### 4.1.3 Electrocardiograma

Mediante la electrocardiografía se puede registrar y medir los impulsos eléctricos que se generan en el sistema eléctrico del corazón. Este sistema transmite impulsos que se producen la contracción del músculo cardíaco.

Los electrodos son los dispositivos sensitivos que captan las actividades eléctricas que ocurren en los tejidos que se encuentran debajo de donde se colocan. En su conjunto miden la cantidad de energía y la dirección de un impulso eléctrico, cuando un impulso se aproxima al electrodo, se registra como una onda positiva, al contrario, sucede cuando el impulso se aleja del electrodo pues entonces el registro será de una onda negativa.

Las derivaciones son electrodos que registran la actividad eléctrica generado por las células y el electrocardiógrafo los convierte en ondas.

Hay doce derivaciones que constan de seis derivaciones estándar (I, II, III, aVR, aVL y aVF) y seis derivaciones precordiales (V1, V2, V3, V4, V5 y V6). Las derivaciones estándar se llaman bipolares (I, II y III) y aumentadas (aVR, aVL y aVF).

- Derivación I: Registra la diferencia de voltaje entre los electrodos del brazo izquierdo y del brazo derecho
- Derivación II: La diferencia de voltaje entre los electrodos de la pierna izquierda y el brazo derecho.
- Derivación III: La diferencia de voltaje entre los electrodos de la pierna izquierda y del brazo izquierdo. (Homo medicus, 2021)

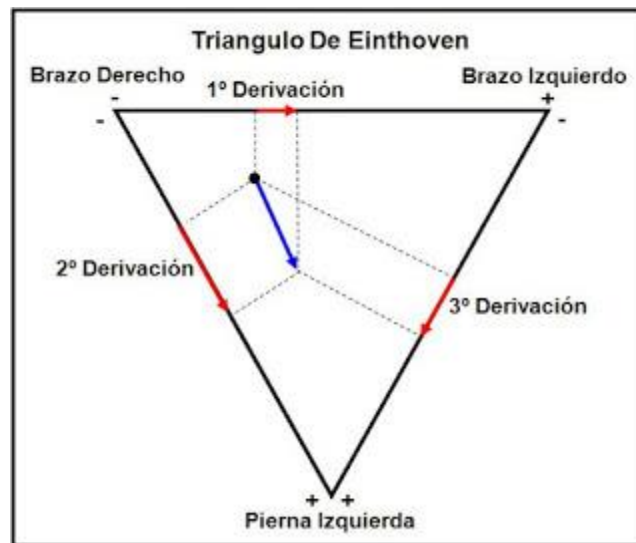


Figura 4. 3: Triángulo de Einthoven.

#### 4.1.4 Señal de electrocardiograma

La señal electrocardiográfica es una variable electrofisiológica que constituye un método de apoyo al diagnóstico clínico y permite obtener indicadores confiables del estado anatómico funcional del Sistema Cardiovascular. Se materializa mediante dos electrodos o más colocados sobre la piel en puntos distintos del tórax, obteniéndose de esta forma las correspondientes derivaciones electrocardiográficas.

La actividad eléctrica del corazón es medida por el electrocardiógrafo y plasmada en un electrocardiograma (ECG), que normalmente registra una serie de ondas según los distintos potenciales eléctricos que se forman en el corazón durante un latido. Su ventaja respecto a otras técnicas radica en que no es invasivo y es la forma más sencilla de obtener información de esa excitación. Hoy en día, es el parámetro electrofisiológico que se registra y analiza con mayor frecuencia en los procesos de asistencia médica, ya sea, de carácter primario, urgencias o dentro de la actividad de cirugía y estancia en unidades hospitalarias. (Esquivel & Márquez, 2015)

De forma general se considera que en un individuo normal deben estar presentes las siguientes ondas, intervalos, complejos y segmentos:

- Onda P: Inicio de un ciclo o período cardíaco. Dura entre 0,09 s y 0,11 s. Tiene una amplitud aproximada de 0,25 mV.
- Intervalo P-R: Espacio comprendido entre el fin de la onda P y el inicio del complejo QRS. Dura entre 0,11 s y 0,20 s.
- Complejo QRS: Compuesto por una despolarización eléctrica del músculo cardíaco, conocida como depresión u onda Q; una rápida repolarización, que constituye el pico más elevado de la señal, onda R; y otra inversión de la polaridad, dada por la depresión S. Es frecuente que el complejo QRS tenga las ondas separadas: Q, R y S, aunque no siempre ocurre así. Dura entre 0,07 s y 0,11 s. La onda R llega a alcanzar alrededor de 1,60 mV; mientras que la Q es cerca del 25 % de la amplitud de R.
- Intervalo Q-T: Posee una duración entre 0,35 s a 0,44 s.
- Segmento ST: Comprende entre el fin del complejo QRS y el inicio de la onda T. Suele ser isoelectrico en los ECG normales. Tiene un intervalo de tiempo de entre 0,05 a 0,15 s.
- Onda T: De igual polaridad al complejo QRS. Alcanza entre 0,1 a 0,5 mV

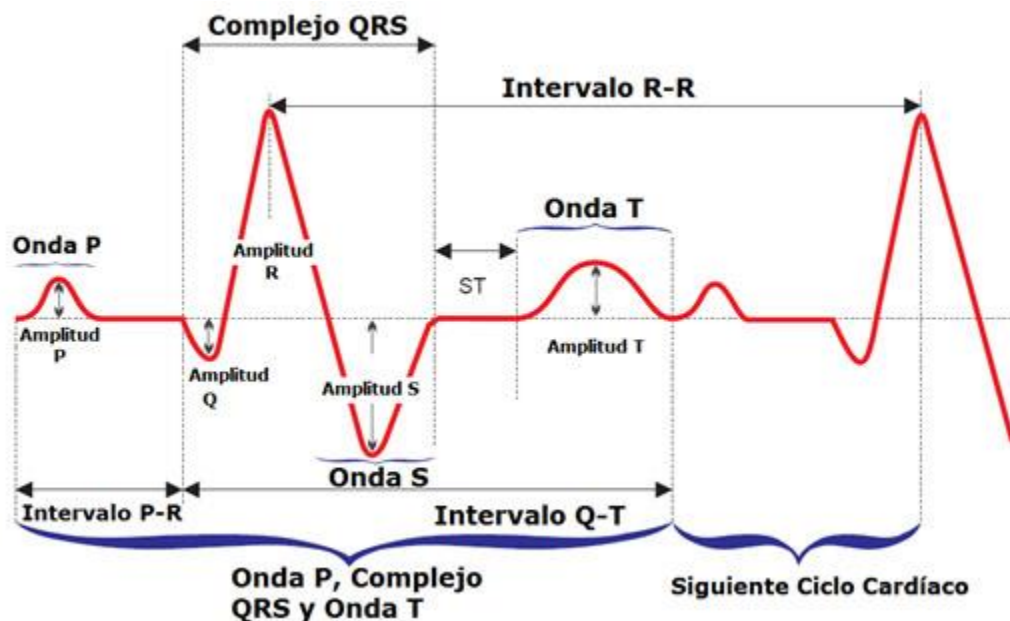


Figura 4. 4: Trazado ECG y sus formas de ondas más representativas.

#### 4.1.5 Historia del cardiotácometro

Este aparato tiene un origen médico y fue utilizado, en un principio, para monitorizar las constantes vitales de los enfermos de los hospitales. Posteriormente los finlandeses, que son los creadores del cardiotácometro deportivo, hacen unos pequeños aparatos transportables para que los deportistas registren el esfuerzo realizado en sus entrenamientos. Este accesorio se ha convertido en una de las piezas tecnológicas más utilizadas entre los deportistas de todos los niveles. Desde la miniaturización del dispositivo pasando por la codificación matemática de la señal de la banda pectoral, el cardiotácometro no ha dejado de evolucionar a medida que el mercado y los usuarios han ido exigiendo nuevas y mejores prestaciones. Actualmente las principales marcas basan sus mejoras en tres pilares: mejora de software, asociación con otros dispositivos e integración del GPS. La invención del pulsómetro comenzó con los proyectos e ideas de Galileo Galilei sobre las oscilaciones del péndulo pesante que permite medir el pulso y en una escala de tiempo permite conocer el valor de este. El invento consistía simplemente en un péndulo cuya longitud podía regularse, en particular, hasta que su frecuencia coincidiera con la del pulso que se quería contar: la longitud del hilo daba una medida objetiva del pulso.

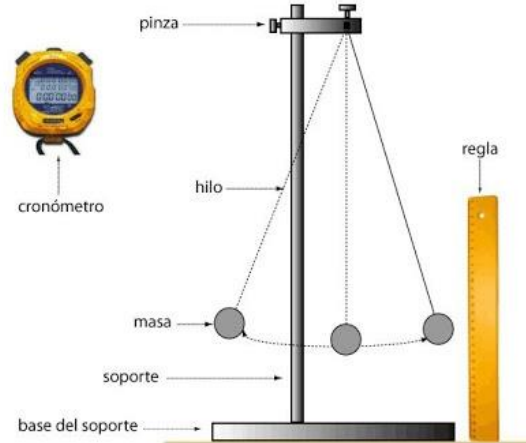
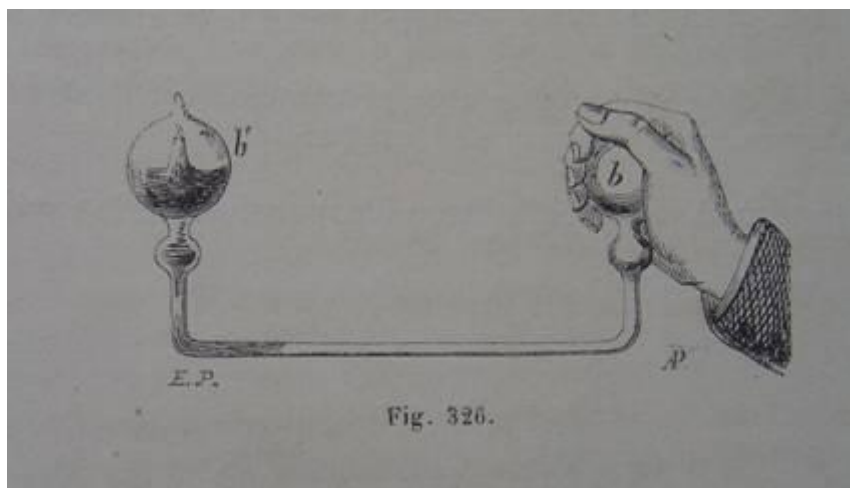


Figura 4. 5: Péndulo simple.

Santorio trató de explicar el funcionamiento del cuerpo de los animales por motivos puramente mecánicos, adaptando varios inventos de Galileo a la práctica médica. En 1602 inventa el pulsilogium que fue el primer instrumento de precisión para medir la frecuencia del pulso. Santorio utilizó un péndulo de 99 centímetros el cual calculó que tenía un semiperíodo de un segundo; tomaba el pulso durante 60 oscilaciones hacia un solo lado. Por vez primera se pudo cuantificar la frecuencia del pulso en un minuto.

En 1861 aparece el pulsómetro de Franklin, que consiste en calentar con la mano una de las bolas para que se forme una porción de vapor. Este pasa a burbujas impelido por el movimiento de cada pulsación.



*Figura 4. 6: Pulsómetro de Franklin.*

Sin embargo, el primer pulsómetro deportivo aparece en 1975 cuando la idea de disponer de monitores portátiles de frecuencia cardíaca se hizo realidad en una pista de esquí. Entonces, todavía no era posible registrar con precisión la frecuencia cardíaca durante un entrenamiento.

Tan solo un año más tarde, se fundó la empresa POLAR, cerca de la ciudad de Oulu, en Finlandia, una región conocida por la investigación tecnológica y rodeada de algunos de los entornos más exigentes de Europa. La zona fue rápidamente identificada como el lugar perfecto donde probar los equipos pioneros de la empresa al límite de sus posibilidades.

En 1979 POLAR registró su primera patente con un equipo wireless o inalámbrico de medición de frecuencia cardíaca. Más tarde, en 1982, POLAR lanzó el primer monitor portátil de frecuencia cardíaca, cambiando para siempre el método de entrenamiento de los atletas. (Fernandez, 2013)

### 4.1.3.1 Evolución del cardiotaquímetro o pulsómetro deportivo

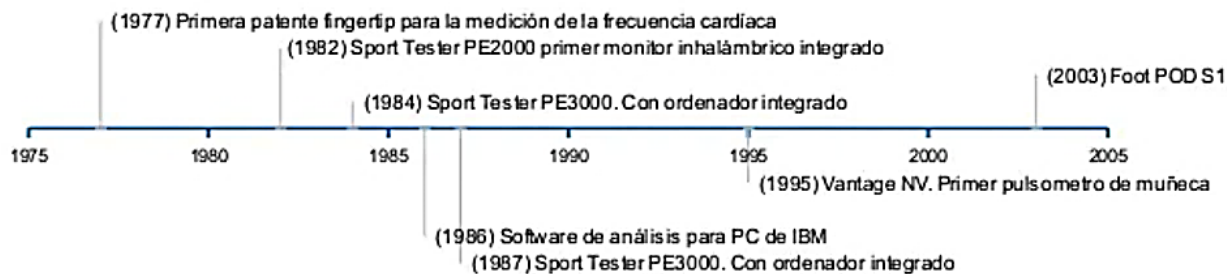


Figura 4. 7: Evolución del cardiotaquímetro.

## 4.2 Condiciones cardiovasculares

### 4.2.1 Variabilidad de frecuencia cardíaca

La variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) muestra las oscilaciones en los espacios temporales entre cada latido. En todo momento, los latidos cardiacos y la tensión arterial varían, entre otras causas, por efecto de la respiración (arritmia sinusal respiratoria) y en respuesta a factores de carácter físico, medioambientales y/o emocionales. Estas fluctuaciones dan información relativa a la forma en la que el organismo influye sobre la respuesta cardíaca a través de los centros cerebrales (comando central), áreas de control en el cerebro y sistema nervioso vegetativo.

Aspectos como la actividad física y/o el estado de salud, entre otros, son fuente de estímulos que actúan directa o indirectamente sobre la respuesta funcional del corazón. Por este motivo, la VFC frecuentemente es utilizada como un índice de regulación vegetativa, convirtiéndose en una interesante herramienta para el estudio, no invasivo, de los cambios que tienen lugar en el balance simpático-vagal de la respuesta cardíaca.

Debemos tener en cuenta que las características condicionales, funcionales y morfológicas de los deportistas son significativamente diferentes a las que podremos encontrar en poblaciones de sujetos sedentarios o en personas que presentan determinadas patologías. También son relevantes las diferencias que podemos observar entre los practicantes de las diferentes modalidades deportivas (halterofilia, culturismo, carreras de resistencia, etc.). Gran

parte de estas diferencias son consecuencia de la naturaleza de las cargas de trabajo que utilizan habitualmente durante su práctica deportiva.

De entre todas las disciplinas, los deportes de combate o lucha siempre han ocupado un lugar relevante y han generado múltiples variantes (lucha libre, lucha grecorromana, lucha sambo, etc.). Lo habitual es que las confrontaciones se organicen en categorías por peso corporal, sin embargo, algunas de ellas presentan la característica de que este criterio no es utilizado. Este es el caso de la denominada lucha canaria. A grandes rasgos, podemos decir que los practicantes de esta modalidad deportiva se caracterizan por ser deportistas de un elevado peso corporal, gran masa muscular y alto porcentaje graso. Es un deporte en el que su rendimiento, como en la mayor parte de los deportes de lucha, depende en gran medida de la fuerza muscular del deportista. Como consecuencia de sus características morfológicas y de las técnicas deportivas que se utilizan, los luchadores provocan, en cada confrontación, una sollicitación muy intensa del sistema cardiovascular (SCV).

Son bien conocidos los efectos que el elevado peso corporal, y especialmente la obesidad, tienen sobre la salud cardiovascular (hipertensión) y sobre otros tipos de patologías (diabetes, dislipidemias, aterosclerosis, osteoartritis, cáncer, insuficiencia renal crónica, etc.). De entre todas las mencionadas, la hipertensión asociada al sobrepeso es uno de los principales factores de riesgo en la sociedad actual. Es un hecho bien documentado que la tensión arterial aumenta con el peso corporal y disminuye con la pérdida de peso. La relación del sobrepeso, o la obesidad, con la hipertensión conlleva cambios funcionales vinculados a la resistencia a la insulina y leptina con supresión de la actividad biológica del péptido natriurético, contribuyendo a la retención de sodio, el aumento del volumen cardiopulmonar e incrementando el gasto cardíaco y, como consecuencia, incidiendo en la VFC.

También es sabido que la obesidad provoca cambios en el control cardíaco del sistema vegetativo. La forma en cómo la composición corporal afecta a las dos ramas del sistema vegetativo (simpático y parasimpático) es compleja y presenta diferencias según la población estudiada. Algunas investigaciones demuestran que, tanto en humanos como en animales, la obesidad va acompañada de cambios del control vegetativo del ritmo cardíaco que, frecuentemente, se manifiestan en una disminución del control parasimpático y una elevación de la actividad simpática. (Sarmientob & Martín-González, 2009)

### **4.2.2 Trastornos del ritmo cardiaco**

- Taquicardia: un ritmo cardíaco rápido más de 100 latidos por minuto.
- Bradicardia: un ritmo cardíaco lento menos de 60 latidos por minuto.
- Arritmia supraventricular: es ritmos anormales que se originan en las cámaras superiores del corazón (aurículas).
- Arritmias ventriculares: arritmias que se originan en las cámaras inferiores del corazón (ventrículos).
- Bradiarritmias: ritmo lento del corazón que generalmente está causado por una enfermedad en el sistema de conducción del corazón.

## **4.3 Análisis de la situación actual**

### **4.3.1 Enfermedades coronarias en Honduras**

Las enfermedades cardiovasculares (ECV) están entre los factores más frecuentes de morbilidad y mortalidad en la población activa. La tendencia actual es al crecimiento, no solo en las grandes economías, sino también en los países subdesarrollados.

Según los últimos datos de OMS (Organización mundial de la salud) publicados de 2018 las muertes causadas por Enfermedad coronaria en Honduras han llegado a 6.882 (19,60% de todas las muertes). La tasa de mortalidad por edad es de 120,29 por 100,000 de población. Honduras ocupa el lugar número 97 en el mundo. (world life expectancy, 2018)

## **4.4 Elementos principales**

### **4.4.1 Arduino UNO**

Arduino es una plataforma de desarrollo basada en una placa electrónica de hardware libre que incorpora un microcontrolador reprogramable y una serie de pines hembra. Estos

permiten establecer conexiones entre el microcontrolador y los diferentes sensores y actuadores de una manera muy sencilla (principalmente con cables Dupont). (Arduino.cl, s.f.)

#### 4.4.1.1 Características

- **Microcontrolador:** ATmega328
- **Voltaje Operativo:** 5v
- **Voltaje de Entrada (Recomendado):** 7 – 12 v
- **Pines de Entradas/Salidas Digital:** 14 (De las cuales 6 son salidas PWM)
- **Pines de Entradas Análogos:** 6
- **Memoria Flash:** 32 KB (ATmega328) de los cuales 0,5 KB es usado por Bootloader.
- **SRAM:** 2 KB (ATmega328)
- **EEPROM:** 1 KB (ATmega328)
- **Velocidad del Reloj:** 16 MHZ.

(Guerrero, 2014)

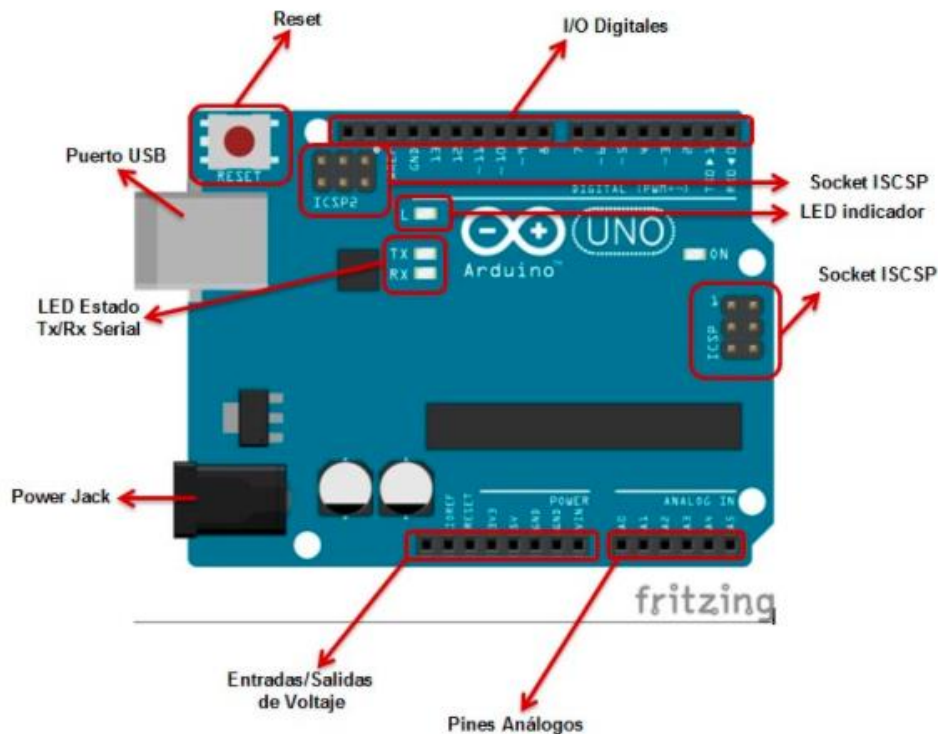


Figura 4. 8: Arduino Uno y sus partes.

### 4.4.2 Display LCD

El término LCD 16x2 se refiere a un pequeño dispositivo con pantalla de cristal líquido que cuenta con dos filas, de dieciséis caracteres cada una, que se utiliza para mostrar información, por lo general alfanumérica. Las capacidades de estos dispositivos son altas, pues se puede mostrar todo tipo de información sin importar qué tipo de símbolos o caracteres sean, el idioma o el lenguaje, pues el sistema puede mostrar cualquier carácter alfanumérico, símbolos y algunas figuras, el número de píxeles que tiene cada símbolo o carácter varía dependiendo del modelo del dispositivo y cada artefacto está controlado por un microcontrolador que está programado para dirigir el funcionamiento y la imagen mostrada en la pantalla. (Hetpro, s.f.)

#### 4.4.2.1 Especificación y características

- Tipo: Pantalla LCD Monocromática
- Voltaje de alimentación: 5V DC
- Interfaz de comunicación: Paralelo 4 u 8 bits
- Filas: 2
- Columnas: 16
- Controlador: HD44780
- Color: Fondo azul y texto blanco
- Modo de operación: 4 y 8 bits
- Corriente máximo: 25mA
- Peso: 32 g

Pineado de displays LCD

Pin	Simbolo	Función
1	Vss	Pin conectado a GND (masa)
2	V <sub>DD</sub>	Alimentación +5v
3	V <sub>0</sub>	Pin para fijar el contraste de la pantalla
4	RS	Selector de registro
5	R/W	Selector de modo (lectura o escritura)
6	E	Habilitación de la pantalla para recibir información
7~10	DB0~DB3	Bus de comunicación No usado (excepto en operaciones de 8 bit's)
11~14	DB4~DB7	Bus de comunicación para transferir los datos (4 bit's)
15	LED+	Retroiluminación (+5v)
16	LED-	Retroiluminación (GND)

Figura 4. 9: Pines del display LCD.

### 4.4.3 Sensor óptico (sensor de pulso ritmo cardiaco XD-58C)

El sensor de pulso Amped es un sensor para Arduino tipo plug and play para el ritmo cardiaco. Puede ser usado por estudiantes, artistas, atletas, makers y desarrolladores de juegos, o bien quienes quieren incorporar fácilmente el ritmo cardiaco en tiempo real en sus proyectos. Esencialmente combina un sensor óptico para ritmo cardiaco con circuitos de amplificación y cancelación de ruido, haciéndolo rápido y fácil para obtener lecturas de pulso fiables. También consume poca energía con sólo 4 mA a 5 V, por lo que es ideal para aplicaciones móviles.

La información del ritmo cardiaco puede ser realmente útil si se diseñan rutinas de ejercicio, si se estudian los niveles de actividad o ansiedad o solamente quieres que la playera parpadee cuando el corazón bombea. El problema es que el ritmo cardiaco puede ser difícil de medir. Por fortuna, el sensor de pulso Amped puede resolver ese problema.

Simplemente coloca el sensor de pulso en el lóbulo de la oreja o en la yema del dedo y conéctalo a los pines de 3.3 o 5 V del Arduino y estarás listo para leer el ritmo del corazón.

#### 4.4.3.1 Especificaciones

- Diámetro: 16mm
- Grosor: 3mm
- Voltaje de trabajo: 3V a 5V
- Corriente de trabajo: ~4mA a 5V
- Contenido:
- 1 x Sensor de pulso ritmo cardiaco XD-58C (C&D)



Figura 4. 10: sensor de pulso ritmo cardiaco XD-58C.

#### 4.4.4 Potenciómetro

El potenciómetro (también conocido como pot) es un dispositivo electrónico con un valor de resistencia variable y generalmente ajustable manualmente que se puede usar para medir posición angular. Los potenciómetros tienen tres terminales y se suelen utilizar en circuitos de corriente baja, para circuitos de mayor corriente se utilizan los reóstatos. En muchos dispositivos eléctricos los potenciómetros son los que establecen el nivel de salida. Por ejemplo, en un altavoz, el potenciómetro ajusta el volumen; en un televisor o un monitor de ordenador se puede utilizar para controlar el brillo.

El valor de un potenciómetro viene expresado en ohmios (símbolo  $\Omega$ ) como las resistencias, y ese valor corresponde siempre es la resistencia máxima que puede llegar a tener. El mínimo valor lógicamente es cero. Por ejemplo, un potenciómetro de  $5\text{ k}\Omega$  puede tener una resistencia variable con valores entre  $0\Omega$  y  $5000\Omega$ . (MecatrónicaLATAM, 2021)

##### 4.4.4.1 Características de un potenciómetro

- Tienen 3 terminales o patas.
- Son 2 resistencias conectadas en serie.
- El valor viene expresado en ohmios (símbolo  $\Omega$ ).



Figura 4. 11: Composición de un potenciómetro.

## 4.5 Productos existentes en el mercado

### 4.5.1 Cardiotacómetro de banda marca POLAR

#### 4.5.1.1 Características

- Precisión suprema: ampliamente reconocido por su máxima precisión por muchas fuentes, Polar H10 es el sensor de frecuencia cardíaca más preciso en la historia de Polar. Polar H10 proporciona medición de frecuencia cardíaca de alta calidad y es la elección de muchos atletas profesionales.
- POLAR Correa de pecho profesional: con electrodos mejorados, hebilla fácil de usar y puntos de silicona, la correa es cómoda y sin interferencias, y se mantiene en su lugar cuando estás en movimiento.
- Versatilidad: usa el monitor Polar HR al remo, ciclismo, correr, entrenar en interiores.



Figura 4. 12: Cardiotacómetro de banda marca POLAR.

## 4.5.2 Cardiotacómetro de pulso marca Garmin Vivosmart 4

### 4.5.2.1 Características

- El rastreador de actividad delgado y inteligente combina un diseño de moda con elegantes detalles de metal y una pantalla brillante y fácil de leer.
- Las herramientas de monitoreo de fitness y salud incluyen frecuencia cardíaca estimada basada en la muñeca, seguimiento del estrés durante todo el día.
- Cuenta con temporizadores de actividad dedicados para paseos, carreras, entrenamiento de fuerza, yoga, natación de piscina y otros.

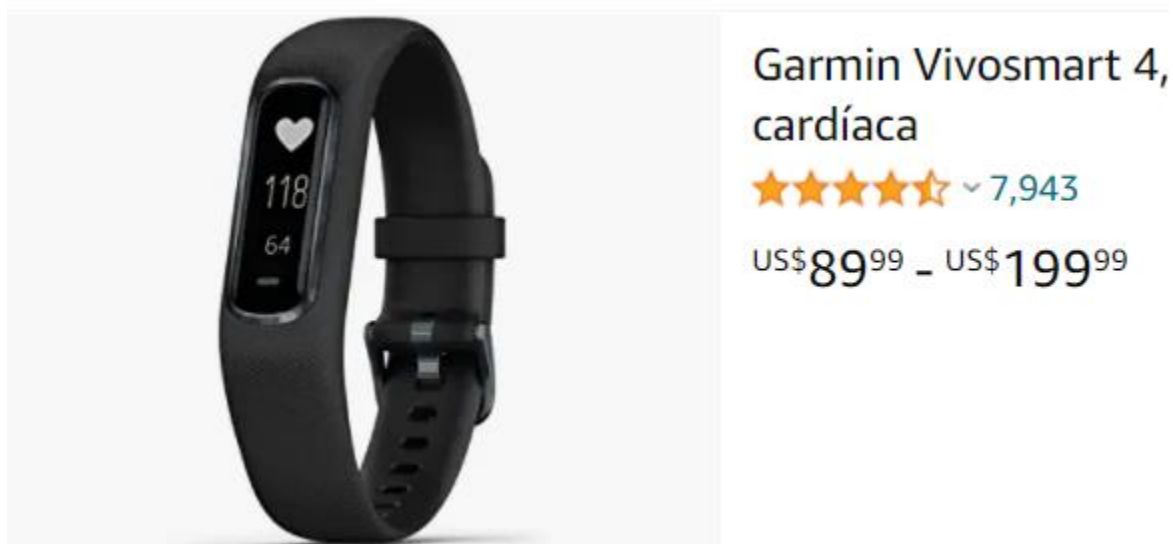


Figura 4. 13: Cardiotacómetro de pulso marca Garmin Vivosmart 4.

## CAPÍTULO V. METODOLOGÍA

### 5.1 Enfoque y métodos

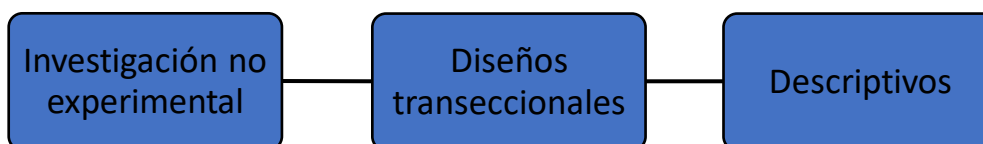
#### 5.1.1 No experimental, transaccional descriptivo

El diseño de la investigación será no experimental, transeccional descriptivo ya que es un estudio que se realizará sin la manipulación deliberada de las variables y en los que solo se observarán los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos.

En los estudios no experimentales no se hacen variar de forma intencionada las variables dependientes para ver el efecto que se tiene sobre otras variables, sino que solamente se observan los fenómenos tal y como se están dando en su contexto natural con el objetivo de recolectar esta información y en base a esta información fomentar la toma de decisiones.

Será de tipo transeccional ya que por su naturaleza se recolectarán datos en un solo momento dado, es decir en la actualidad y su principal propósito es describir sus variables y analizar su incidencia e interrelación en este preciso momento y de manera única, esta investigación puede abarcar varios grupos o subgrupos de personas, así como diferentes comunidades, situaciones o eventos.

Será de tipo descriptivo ya que tiene como objetivo indagar la incidencia de las modalidades o niveles de una o más variables en la población, y su estudio es puramente descriptivo.



*Figura 5. 1: Enfoque y método.*

## **5.1.2 Congruencia metodológica**

### **5.1.2.1 Enfoque del estudio**

El estudio tendrá un enfoque mixto ya que busca cuantificar aspectos de la demanda del producto, precios, recursos, entre otros y también busca entender el comportamiento del mercado, la necesidad y preferencia de los clientes sobre el cardiotacómetro digital mediante el uso de arduino.

### **5.1.3 Alcance de la investigación**

El alcance de esta investigación es descriptivo ya que busca especificar propiedades, características y rasgos importantes como ser del estudio para diseño de un prototipo de cardiotacómetro digital mediante el uso de un microcontrolador arduino en la ciudad de Tegucigalpa, también se encarga de mostrar con precisión cada una de las características de la aplicación de este prototipo. Además de encarga seleccionar una serie de variables y se mide o recolecta información sobre cada una de ellas para así describir lo que se investiga.

## **5.2 Selección de muestra**

### **5.2.1 Población y Muestra**

#### **5.2.1.1 Población**

La investigación se realizará en la ciudad de Tegucigalpa, Francisco Morazán, en donde habita una población total en el área urbana de 1,158,903 personas, distribuidas en 299,739 familias de las cuales me centrare en la clase media la cual tendría acceso a este dispositivo, las cuales según el INE es un total de 79,913 familias.

#### **5.2.1.2 Muestra**

La muestra es un grupo de población de familias, la cual fue calculada con un nivel de confianza del 90%, y un margen de error del 5% tomando en cuenta un tamaño poblacional de 79,913 familias, de las cuales debido a las limitaciones durante el desarrollo de proyecto se pretende abarcar un 10% es decir 7,991 familias, así que la muestra será un total aproximado de 262 familias, este cálculo fue realizado mediante la herramienta STATS®

La muestra es probabilística, ya que se estudia un subgrupo de la población en el que todos los elementos tienen la misma posibilidad de ser elegidos. Y es dirigida ya que fue

enfocada a un mercado con una necesidad específica el cual es el chequeo constante y esporádico de la frecuencia cardíaca.

### 5.2.2 Elemento Muestral

Este procedimiento de selección es muy útil e implica elegir dentro de una población  $N$  un número  $n$  de elementos a partir de un intervalo  $K$ , este último ( $K$ ) es un intervalo que se determina por el tamaño de la población y el tamaño de la muestra. Así tenemos que  $K=N/n$ , en donde  $K$  es un intervalo de selección sistemática,  $N$  la población y  $n$  la muestra, por lo tanto;

$$K=N/n$$

$$K= 7,991/262$$

$$K= 30.5 \approx 31$$

### 5.2.3 Tipo y procedimiento a usar

<b>Identificación del problema</b>	En esta etapa se identificó el problema a resolver y la oportunidad de negocio.
<b>Desarrollo del planteamiento de la investigación</b>	Se identifican los antecedentes que generan el problema identificado la justificación y la viabilidad de la investigación, así como el establecimiento de objetivos y el análisis de la situación actual.
<b>Elaboración del marco teórico</b>	Es la estructura de la fundamentación crónica que ayudara a abordar el tema en estudio de manera científica, fundamentado en citas, dio inicio con el mapa conceptual y finalizó con la descripción de los elementos principales del cardiotacómetro digital.
<b>Formulación del diseño de investigación</b>	En esta etapa se definió el enfoque utilizado para la investigación, así como las técnicas e instrumentos para desarrollar la investigación, siendo estos la encuesta, la recolección de información y entrevista/ Juicio de expertos.
<b>Trabajo de campo y recolección de datos</b>	Con los instrumentos de investigación ya definidos, se procederá a la aplicación de estos a la muestra seleccionada en el paso anterior
<b>Preparación de análisis de datos</b>	En esta la etapa la investigación se agrupa y codifican los datos obtenidos, para proceder con la evaluación de los resultados y el análisis de estos.

*Tabla 5. 1: Tipo y procedimiento a usar.*

## 5.3 Recolección de datos cuantitativos

### 5.3.1 Tipo de instrumento a utilizar

La obtención de los datos de la investigación se realizará a través del uso de los instrumentos a continuación especificados en la siguiente tabla.

<b>Encuesta</b>	Se aplicará la encuesta según la muestra determinada 262 personas económicamente activas con el fin de obtener los datos e información sobre el mercado meta, como ser preferencia de cardiotaómetro, alcance económico Etc. Que nos permita hacer respectivos análisis necesarios para determinar la factibilidad del proyecto.
<b>Recolección de información</b>	Sobre los cardiotaómetros existentes en el mercado, modelo de negocio Etc. A través de medios impresos y digitales; es decir, información obtenida de páginas web, periódicos, anuncios, etc.
<b>Entrevistas/ Juicio de expertos</b>	A profesionales del rubro, expertos en electrónica, médicos, usuarios existentes Etc. Para poder determinar cuáles son las mejores opciones y modelos para el cardiotaómetro.

*Tabla 5. 2: Tipo de instrumento a utilizar.*

### 5.4 Cronología de trabajo

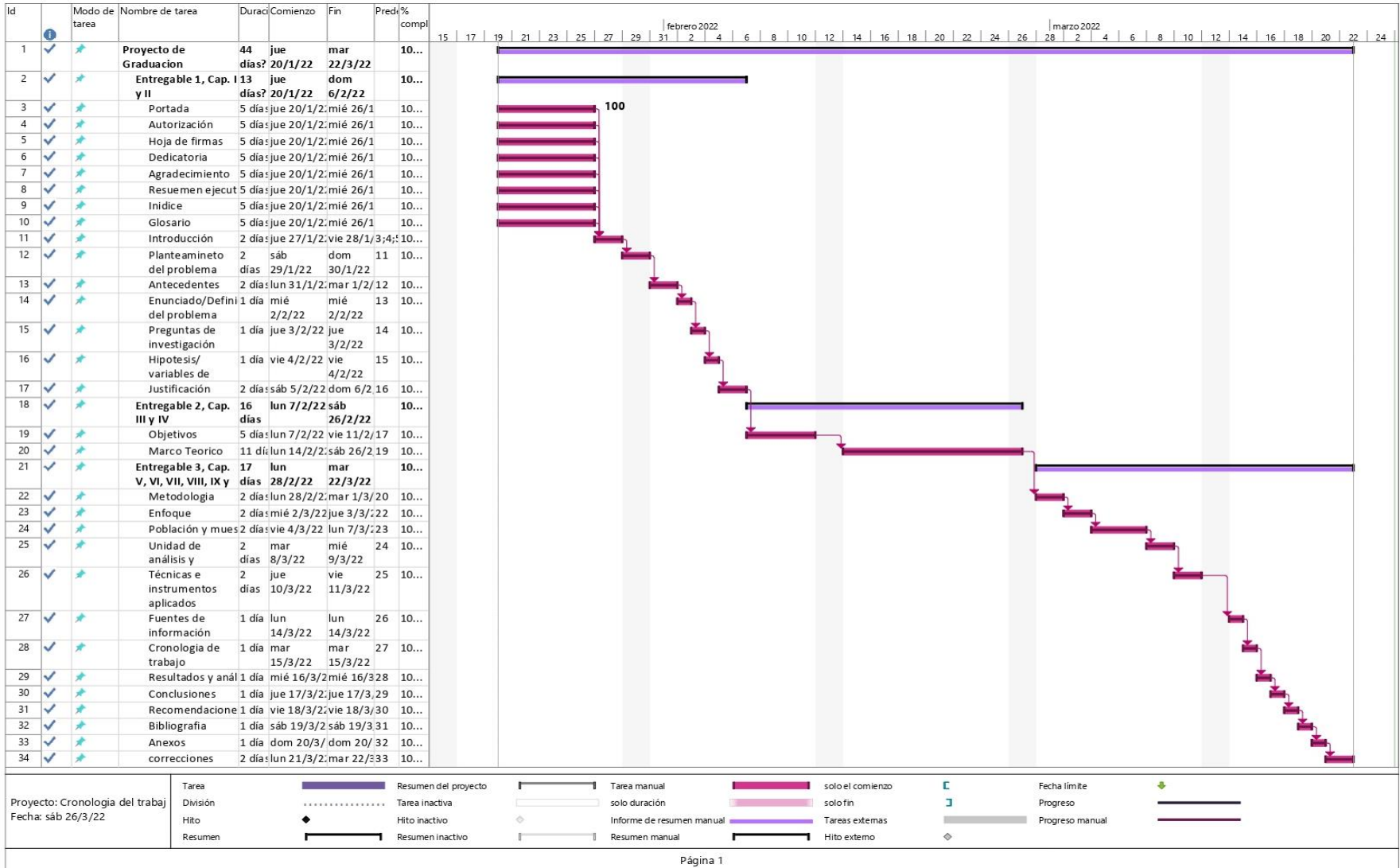


Figura 5. 2: Cronología de trabajo.

## **CAPÍTULO VI. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **6.1 Resultados de la encuesta.**

Para realizar el estudio de mercado se utilizó como principal herramienta una encuesta compuesta por 14 preguntas a 208 hogares en la ciudad de Tegucigalpa, Para fines de este estudio se consideró que los habitantes de esta ciudad cuentan con las características del mercado meta al que pretendemos llegar, ya que se aplicó por medio de un teléfono inteligente mediante internet, y las personas que tienen acceso al mismo se consideran que pertenecen al estrato social medio, al cual pretendemos llegar con el producto

Se realizó un análisis de la oferta y de la demanda (Precio, Producto, Plaza y Promoción) el cual se detalla a continuación.

#### **6.1.1 Análisis del Precio**

Al consultar a la muestra seleccionada cual es el precio que estaría dispuesto a pagar por el Cardiotacómetro digital un 52.2% creen que un precio razonable sería de entre 500 y 999 lempiras, un 34.6% estarían dispuestos a pagar un valor entre 1000 y 1499 lempiras, un porcentaje un poco más bajo, pero igual significativo estarían dispuestos a pagar un valor entre 1500 y 1999 lempiras, y un porcentaje mínimo de solamente el 1% estaría dispuesto a pagar en un rango de 2,000 a 2,500 lempiras, esta información es de mucha importancia para determinar el precio al que se ofertará el producto, esta información combinada con la adquirida mediante un estudio técnico y un estudio financiero será la que determina el precio del cardiotacómetro digital en el mercado.

### ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por un cardiotacómetro?

205 respuestas

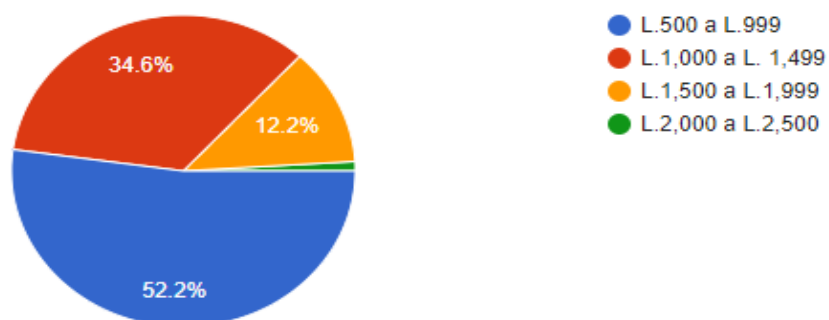


Figura 6. 1: Encuesta, pregunta 1.

También se realizó la consulta del promedio del ingreso familiar, y como podemos observar la mayoría de los encuestados poseen ingresos de entre 15,000 y 34,500 lempiras, por lo que se podría considerar que el nicho de mercado al que se puede lanzar este producto sería familias con estos ingresos promedios mensuales, considerando que el rango del precio ofertado será de entre 500 y 2000 lempiras dependiendo las características del mismo se puede considerar que es un precio accesible según el ingreso familiar promedio del mercado meta.

### Ingreso Familiar Mensual

203 respuestas

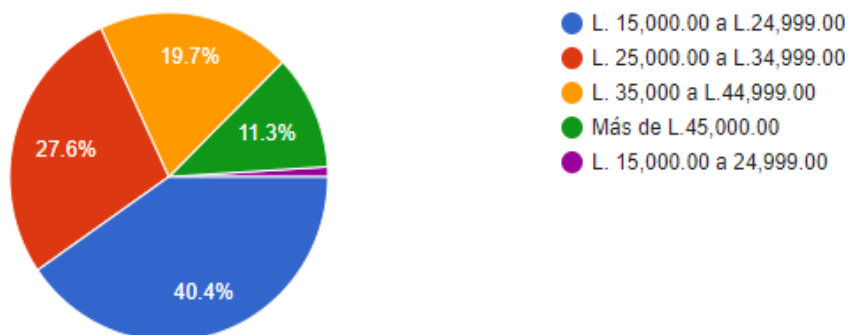


Figura 6. 2: Encuesta, pregunta 2.

### 6.1.2 Análisis del producto

Al consultarle a la muestra seleccionada cual es la característica más importante con la que debe de contar un cardiotacómetro el 58.9% respondió que debe de ser fácil de usar, el 56.6% también consideró que debe de ser fácil de interpretar los resultados, para el 66.2% es muy importante que este dispositivo sea cómodo, un porcentaje no muy bajo de los encuestados respondieron que es importante que sea económico, siendo este solo un 37.7%, siendo esta información muy útil para determinar la estrategia de posicionamiento en el mercado, inclinándose más a una estrategia de diferenciación más que una de ser líderes en costos ya que como pudimos apreciar el precio si bien es un factor importante a considerar, el mercado meta valora otras características del cardiotacómetro digital.

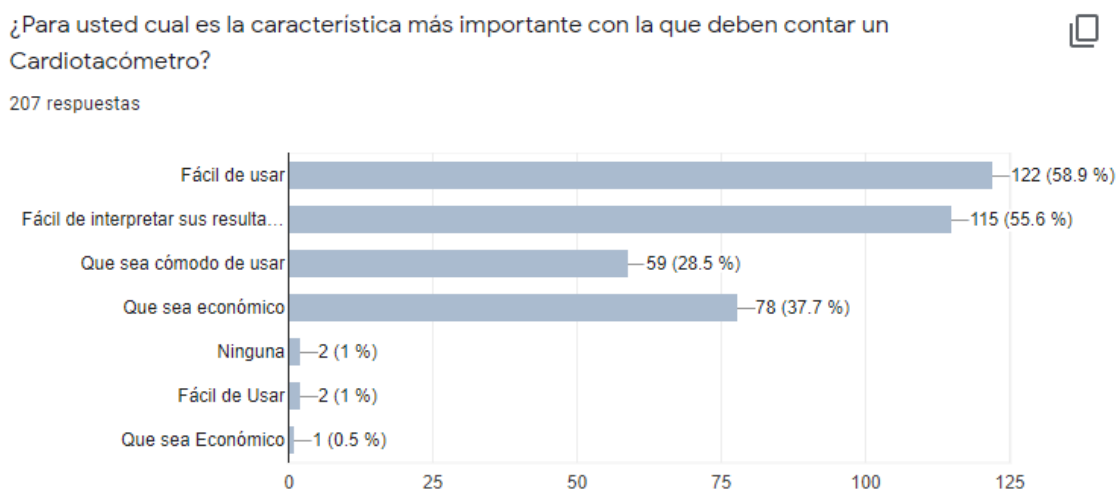


Figura 6. 3: Encuesta, pregunta 3.

También se dejó una pregunta abierta para que los encuestados determinaran con que otras características debía de contar el cardiotacómetro y se recolectó la siguiente información, sin duda dicha información será de mucha ayuda al momento de lanzar un producto y buscar la satisfacción del mercado meta, si bien es cierto no se pueden incluir todas las características deseadas por el mercado, pero se pueden incluir aquellas que hayan sido las que más coincidían en las solicitudes o recomendaciones de la muestra encuestada.

1. Memoria para llevar el control
2. Portátil
3. Que pueda arrojar valores confiables
4. Instructivo fácil de comprender
5. Tener algún adaptador de medir presión
6. Confiabilidad en los resultados, que tenga un margen de error reducido
7. Que sea en español
8. Que pueda implementar también los pasos recorridos
9. que tenga varias funciones
10. Se pueda cargar en el bolsillo, fácil de usar, durabilidad en la carga, venga en todos los colores
11. Recargable
12. Así está bien
13. Fácil su uso y lectura
14. Que sea accesible para niños y adultos
15. Que dure la carga
16. Que detecte alguna anomalía
17. Está bien así.
18. Debe sea compacto.
19. Que sea eficiente resultados creíbles
20. Oxígeno
21. Que sea inclusivo con las personas que tengan alguna incapacidad, por ejemplo, los ciegos.
22. Oxímetro
23. Que sea pequeño el tamaño, fácil de usar y interpretar para personas de tercera edad.
24. Que sea preciso
25. Que se disimule por bajo de la ropa
26. Con un manual de instrucción para leer el resultado
27. Fácil de usar
28. Tamaño
29. Alarma ante frecuencias anormales
30. Que sea de fácil adquisición
31. Resistente
32. Que pueda traer el oxímetro
33. Que sea cómodo y fácil de usar para todas las edades.

34. Resistente
35. Que sea pequeño
36. Ninguna
37. Que el material no sea incómodo
38. Pueda incluir un oxímetro
39. Que sea económico, para que más personas tengan acceso a él.
40. Oximetría de pulso
41. Que los resultados sean seguros
42. Idioma español
43. Que sea de fácil utilidad para las personas mayores ya que ellas tienden de ayuda al utilizar cosas electrónicas
44. Durabilidad y precisión
45. Que tenga audio para dictar los resultados
46. Que resultados sean confiables
47. Que sea muy efectivo
48. Con repuestos a fácil alcance
49. Larga duración.
50. Que venga con el oxímetro
51. No se
52. Que sea en español
53. Medir la presión arterial

### **6.1.3 Análisis de la Plaza.**

Como se aprecia en la figura, el 74.6% de las familias creen que es muy importante que todos los hogares posean un cardiotacómetro digital para el chequeo de la frecuencia cardiaca, y un 22% consideran que, si es importante, pero no mucho, por lo que se podría considerar que un 97% de la muestra encuestada considera que poseer uno de estos dispositivos en los hogares tiene un grado de importancia significativo, en comparación a un 3% que es el segmento que piensa que no es nada importante, por lo que se considera que tomando en cuenta las personas que consideran es importante poseer uno de estos dispositivos en sus hogares hay un mercado potencial insatisfecho de este producto.

¿Cree que es importante que en todos los hogares posean un Cardiotacómetro Digital para el chequeo de frecuencia cardiaca?

205 respuestas

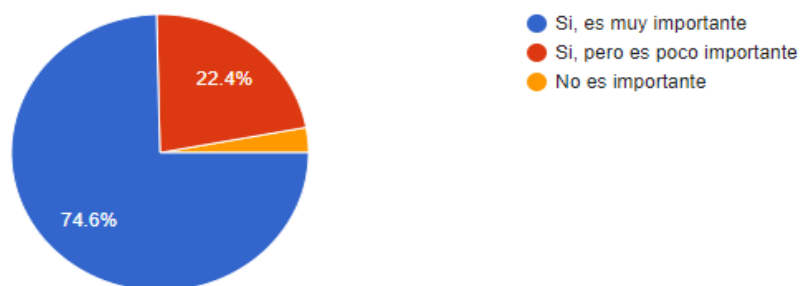


Figura 6. 4: Encuesta, pregunta 4.

Un porcentaje muy parecido al que considera que es importante poseer un cardiotacómetro digital en los hogares es el que cree que la prevención temprana de problemas cardiacos es importante, y como podemos observar en la imagen en un porcentaje muy alto ya que es el 97.6%, en comparación al bajo porcentaje de personas que creen que la prevención temprana no es importante siendo este solamente un porcentaje de 2.4% de los encuestados, al realizar un cruce de entre el porcentaje de personas que creen que es importante poseer un cardiotacómetro en sus hogares y los que consigan que la prevención temprana de problemas cardiacos es importante sin duda se obtiene un porcentaje muy alto de personas a las que se les podría ofrecer este producto.

¿Cree que es importante la Prevención temprana de Problemas cardiacos?

207 respuestas

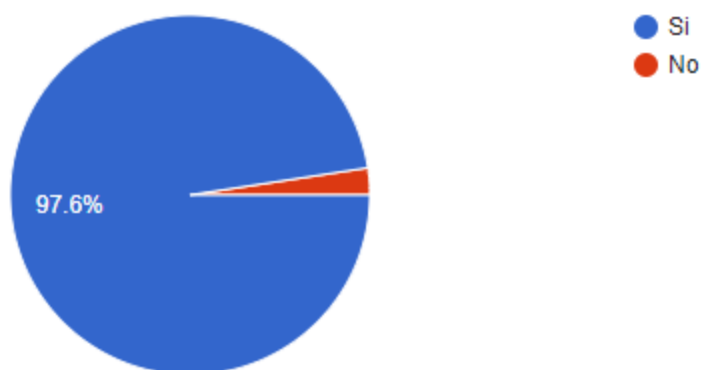


Figura 6. 5: Encuesta, pregunta 5.

Según la muestra encuestada un 44% de la población se realiza chequeos del estado cardiaco de manera poco frecuente, y un 13% de manera muy frecuente, se puede considerar que la suma de estos porcentajes el segmento de mercado el cual se realiza chequeos de manera regular, y al cual debe de ir orientado el lanzamiento del cardiotacómetro digital.

¿Con que frecuencia se chequea su estado cardiaco Actual?

207 respuestas

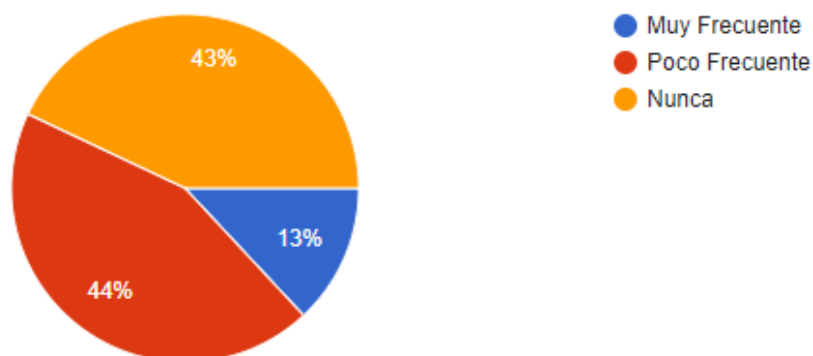


Figura 6. 6: Encuesta, pregunta 6.

Al consultarle a los encuestados como reaccionaria al presentar una irregularidad cardiaca un 20.3% respondió que iría al médico, pero no de manera inmediata, y se considera que las personas que tienen esta reacción al tener una irregularidad cardiaca son las más propensas a comprar un cardiotacómetro y de esta manera confirmar cualquier anomalía desde la comodidad de su casa y visitar al médico a menos que sea una emergencia.

¿Si ante alguna irregularidad cardiaca como reacciona ante ella?

207 respuestas

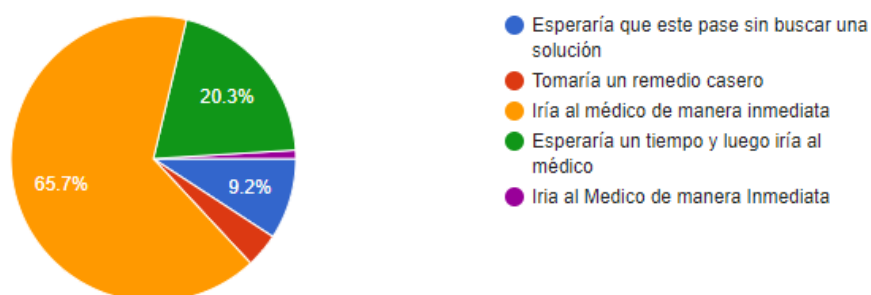


Figura 6. 7: Encuesta, pregunta 7.

Un porcentaje muy alto de los encuestados 49% consideran que les gustaría checarsu estado cardiaco desde casa con un aparato de uso sencillo, debido a ello consideramos que hay un mercado potencial insatisfecho para nuestro producto, al cual preferiría realizarse chequeos frecuentes desde la comodidad de su casa y al identificar alguna posible anomalía acudir a un experto para una segunda opinión o indicación de un tratamiento.

¿Al conocer la importancia de los Problemas cardiacos, como prefiere checarsu?

206 respuestas

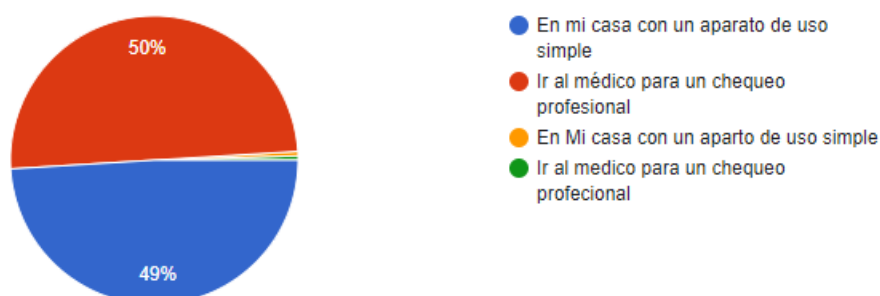


Figura 6. 8: Encuesta, pregunta 8.

### 6.1.4 Análisis de la Promoción

Al consultarle a la muestra encuestada si sabe lo que es un cardiotacómetro digital un porcentaje muy alto del 32.4% no lo sabía, y un 38.2% si lo sabía, pero no lo tenía del todo claro, por lo que se considera de mucha importancia realizar campañas de promoción agresivas para que el mercado meta conozca el concepto de lo que es un cardiotacómetro digital, y esta promoción puede ser mediante medios digitales, ya que consideramos que sería el más efectivo al momento de llegar al mercado meta, también se considera que es de mucha importancia realizar una promoción mediante el personal médico, mediante entrega de panfletos ya que se considera que este producto podría tener mucho éxito si su promoción se realiza mediante divulgación de boca en boca en el personal de salud y así llegar al mercado meta.

¿Sabe usted que es un Cardiotacómetro Digital?

207 respuestas

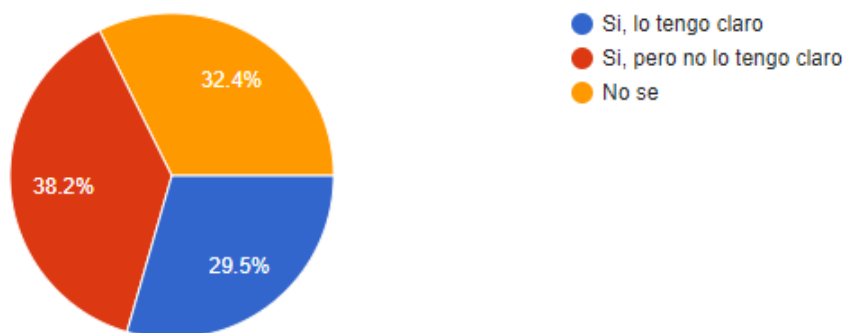


Figura 6. 9: Encuesta, pregunta 9.

## 6.2 Generalidades

Gracias al estudio de mercado se determinó que el mercado meta está segmentado por edades, siendo el porcentaje mayor del 30.9% de personas de entre 41 y 50 Años de edad, 25.6% correspondiente a personas en un rango de 31 a 40 años, seguido con un porcentaje de 23.2% personas de entre 20 y 30 años, dichos porcentajes van bajando a medida va aumentando el rango de edad ya que se identificó que un 14% son personas de entre 50 y 60 años y solamente un 6.3% personas mayores a 60 años, dichas edades ayudaran a determinar el nicho de mercado

al que enfocaremos el producto, y esto no necesariamente significa que las personas de mayor edad no están interesadas en el producto, sino que se deben diseñar estrategia que permitan llegar a las personas de mayor edad por medio de sus familiares menos longevos, ya que el porcentaje de personas mayores a las que se puede llegar mediante promociones en medios digitales es un número limitado.

#### Edad

207 respuestas

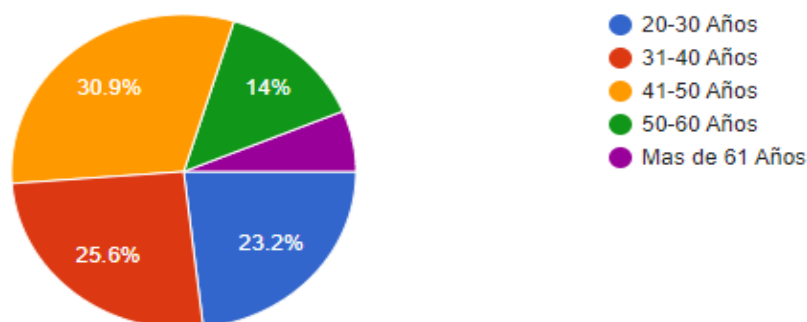


Figura 6. 10: Encuesta, pregunta 10.

Se determinó que el 53.1% de las personas encuestadas pertenecen al género masculino y el 46.4% al género femenino, el 0.5% prefirió no mencionar el género al que pertenece, esto significa que el género no representa una diferencia significativa al momento de dirigir el producto como si sucede en productos de otros rubros como ser en el rubro de la belleza, o los video jugos que hay una diferencia marcada en las preferencias según el género.

#### Genero

207 respuestas

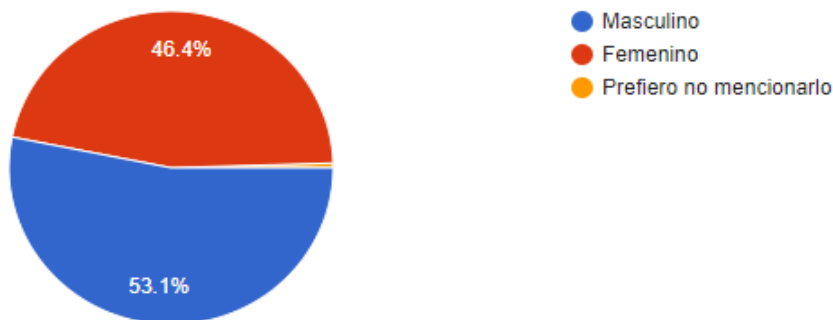


Figura 6. 11: Encuesta, pregunta 11.

### 6.3 Juicio de Expertos

El Juicio de expertos es un método de validación de información que es muy útil para verificar la fiabilidad de una investigación que se define como una opinión informada de las personas con trayectoria en el tema, que son reconocidas por otras como expertos cualificados en el tema, que pueden dar información, evidencia, juicio y valoraciones, en este caso el juicio de expertos fue dirigido a expertos en el área de la salud, como ser médicos y a expertos en el área electrónica, específicamente con el uso de microcontrolador Arduino, las preguntas dirigidas fueron las siguientes.(Anexo.4 Respuestas a Juicio de expertos).

Al realizar la consulta a los expertos de qué manera el cardiotacómetro contribuye al seguimiento y tratamiento de condiciones cardiacas coincidieron es que uno de sus mayores aportes es la detección rápida de posibles complicaciones, también el cardiotacómetro permite la revisión continua y progresiva de la condición cardiaca de los pacientes.

Al consultar cual es la característica más importante con la que debe de contar un cardiotacómetro digital los expertos determinaron que debía de ser la sencillez en su uso y la portabilidad y ergonomía, sin duda alguna dicha información será de mucha utilidad en la etapa de diseño del cardiotacómetro digital mediante el microcontrolador arduino.

Los expertos consultados concuerdan en su totalidad que la detección temprana de problemas cardiacos contribuye en gran medida a minimizar el impacto que estos pueden llegar a tener sobre la salud de los pacientes, cometan que en algunas ocasiones el daño ya es irreversible, pero la detección temprana ayuda a evitar la progresión del mismo contribuyendo a que el paciente tenga una mejor calidad de vida.

Al consultar a los expertos sobre la frecuencia en que los pacientes se realizan chequeos preventivos los resultados fueron un poco negativos, ya que todos coincidieron que los chequeos son muy poco frecuentes, sin duda un dato desalentador para el área de la salud pero que puede representar una oportunidad de negocio ya que existe un amplio mercado al que le

podría interesar el cardiotacómetro digital yal y como se pudo corroborar en el estudio de mercado.

Todos los expertos coincidieron en que es de mucha importancia que todas las personas sin importar su estado de salud se realicen chequeos médicos, esta información cruzada con la obtenida en el estudio de mercado donde se consultaba a la muestra si consideraban importante el chequeo de su estado cardiaco nos viene a confirmar que sin duda hay un mercado potencial insatisfecho para el producto ya que tanto los médicos como los pacientes le dan un grado de importancia elevado a uso del cardiotacómetro.

Con la ayuda de los expertos se determinó cual es uno de los mejores diseños con los que se puede realizar el cardiotacómetro digital, esta información cruzada con la recolectada en el marco teórico, la obtenida del mercado meta mediante el estudio de mercado y la obtenida de los expertos en el área de la salud sin duda será de mucha ayuda para determinar aspectos importantes dentro del proyecto como ser el diseño que debe de tener y el proceso productivo por que se tiene que llevar acabo para llegar al producto final, las aplicaciones con las que debe contar, su usabilidad, precios y el mercado al que debe de ser orientado el cardiotacómetro digital.

## CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES

### 7.1 Conclusiones

- Mediante el estudio de mercado y el juicio de expertos se pudo determinar la existencia de un mercado potencial insatisfecho, ya que tanto los médicos como los pacientes consideran que es de mucha importancia la realización de chequeos con este dispositivo y según la encuesta el 98.8% de la muestra creen que en cierta manera es importante que todos los hogares cuenten con un cardiotacómetro digital.
- Al realizar simulación en el programa proteus se logró obtener los resultados deseados en el proceso de recolección de información, de esta manera se puede llevar un control de la frecuencia cardiaca y poder ver su comportamiento para la detección temprana de anomalías cardiacas.
- Se determinó que el proceso mediante el cual el cardiotacómetro recolecta información mediante señales cardiacas, consiste en generar información adquiriendo la señal analógica derivada del pulso dicha señal u onda resultante tendrá que ser procesada digitalmente para poder visualizar en una pantalla LCD la frecuencia cardiaca.
- Al usar arduino uno para este prototipo, se facilita más que usar otros microcontroladores pues tiene una programación simple y directa, además de contar con una licencia gratuita lo que ayuda a tener facilidad en el desarrollo del código.

## CAPÍTULO VIII. RECOMENDACIONES

- Dada la situación actual este proyecto consistía en diseñar una solución práctica, y que estuviera al alcance de la mayoría de los Hondureños que fuese capaz de satisfacer una necesidad en específico, y de esto se puede concluir que es una forma de confirmar que la ingeniería electrónica y la medicina son dos ciencias que trabajan de la mano con el objetivo de brindar una mejor calidad de vida a las personas a precios bajos y prácticos para el uso doméstico, dicho esto se recomienda incentivar a las universidades como entes generadoras de soluciones sociales incentivar a sus alumnos, catedráticos y autoridades a invertir recursos que permitan encontrar más soluciones y alternativas como esta.
- Se recomienda que al realizar la simulación de este dispositivo mediante el programa proteus y al no contar este con el sensor óptico, se determinó que la mejor opción es utilizar un pulsador para sustituir las pulsaciones emitidas por el corazón y de esta forma poderlas demostrar y proyectar en la pantalla del display.
- Realizar un estudio financiero que determine la viabilidad de este producto para determinar si no solamente es una buena opción técnica y mercadológica, sino también financiera, comprobando que puede competir en el mercado local con productos de la competencias y productos sustitutos existentes.
- Se recomienda extender el estudio a toda la ciudad de Tegucigalpa y a las principales ciudades del país como ser San Pedro Sula, la región de Atlántida y Choluteca, ya que en estas zonas se identifica constantemente una problemática similar.
- Mediante el estudio de mercado se recolecto información valiosa para poder diseñar un cardiotacómetro digital mediante arduino, obteniendo otras características importantes las cuales se recomienda analizarlas para ser valoradas por el mercado meta y su inclusión en el proyecto.

## CAPÍTULO IX. BIBLIOGRAFÍA

- Arduino.cl. (s.f.). *Arduino*. Obtenido de <https://arduino.cl/que-es-arduino/>
- Balderas, L. (s.f.). Obtenido de <https://www.drlozanobalderas.com/single-post/seguimiento-medico>
- Barajas, A., & Encalada, A. (2014). *SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS*. Obtenido de <https://www.studocu.com/es-mx/document/instituto-tecnologico-de-puebla/circuitos-electronicos-i/sistema-aquisicion-de-datos-cardiotacometro/7050019/download/sistema-aquisicion-de-datos-cardiotacometro.pdf>
- Brabata, A. L. (15 de abril de 2021). *¿Cuáles son las características técnicas de un producto?* Obtenido de A.L.P.E.H: <https://aleph.org.mx/cuales-son-las-caracteristicas-tecnicas-de-un-producto#:~:text=Cuando%20se%20habla%20de%20caracter%C3%ADsticas,entendidas%20por%20el%20consumidor%20medio.>
- C&D, T. . (s.f.). Obtenido de <https://cdtecnologia.net/sensores/293-sensor-de-pulso-ritmo-cardiaco-xd-58c.html>
- CSO. (2019). Obtenido de Centro de Salud Ocupacional: <https://www.centrodesaludocupacional.pe/chequeo-preventivo/>
- Emprendimiento . (12 de octubre de 2017). Obtenido de <https://rpp.pe/campanas/contenido-patrocinado/que-es-un-prototipo-y-como-se-desarrolla-noticia-1082274>
- Esquivel, I. R., & Márquez, I. A. (2015). Diseño de un Sistema de Adquisición y Procesamiento de la Señal de ECG basado en Instrumentación Virtual. *Scielo*, 36. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-59282015000100002](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59282015000100002)
- Fernandez, M. F. (2013). *Evolucion del pulsometro digital*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/maria198527/evolucion-del-pulsometro-digital>
- Guerrero, J. (21 de septiembre de 2014). *PLUSELECTRIC*. Obtenido de Arduino Uno: Especificaciones y características: <https://pluselectric.wordpress.com/2014/09/21/arduino-uno-especificaciones-y-caracteristicas/>
- Hetpro. (s.f.). *LCD 16x2*. Obtenido de <https://hetpro-store.com/lcd-16x2-blog/>
- Homo medicus. (14 de diciembre de 2021). *¿Cuáles son las derivaciones del electrocardiograma y como se colocan?* Obtenido de <http://www.homomedicus.com/cuales-son-las-derivaciones-del-electrocardiograma-y-como-se-colocan/>
- InE. (s.f.). Obtenido de <https://www.ine.cl/ine-ciudadano/definiciones-estadisticas/poblacion/mortalidad>
- MecatrónicaLATAM. (23 de abril de 2021). Obtenido de <https://www.mecatronicalatam.com/es/tutoriales/electronica/componentes-electronicos/potenciometro/>
- Mediplus. (01 de enero de 2020). Obtenido de <https://medlineplus.gov/spanish/ency/patientinstructions/000759.htm>

- Pardell, X. (09 de diciembre de 2021). *Sistemas de Instrumentación Médica*. Obtenido de <https://www.pardell.es/instrumentacion-medica.html>
- Radiology*. (s.f.). Obtenido de <https://www.radiologyinfo.org/es/info/screening-cardiac#:~:text=Las%20pruebas%20de%20detecci%C3%B3n%20pueden,im%C3%A1genes%20del%20interior%20del%20cuerpo>
- Sarmientob, J., & Martín-González. (diciembre de 2009). Aplicación de la variabilidad de la frecuencia cardiaca en la caracterización de deportistas. *Andaluza medicina del deporte*, 2(4), 5. Obtenido de <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-andaluza-medicina-del-deporte-284-articulo-aplicacion-variabilidad-frecuencia-cardiaca-caracterizacion-X1888754609461988>
- TOPDOCTORS*. (s.f.). Obtenido de <https://www.topdoctors.es/diccionario-medico/chequeo-cardiovascular>
- world life expectancy. (2018). *CLASIFICACIONES MUNDIALES DE SALUD*. Obtenido de <https://www.worldlifeexpectancy.com/es/honduras-coronary-heart-disease>

## CAPÍTULO X. ANEXOS

### ANEXO 1. Matriz metodológica

Titulo	Pregunta de Investigación	Objetivos		Hipotesis	Variable			Items del Instrumento							
		General	Específicos		Dependiente	Independiente	Instrumento	Encuesta				Recolección de Información	Entrevista/Juicio de expertos		
Diseño de un prototipo de cardiotacómetro digital mediante el uso de un microcontrolador arduino	¿Cuáles son las características de cardiotacómetro que facilitan su usabilidad con respecto a otros dispositivos con aplicaciones similares?	Desarrollar un estudio de factibilidad del diseño de un "Cardiotacómetro" mediante un microcontrolador arduino capaz de captar las pulsaciones cardiacas y demostrarlas por medio de una pantalla el estado cardiaco del usuario (frecuencia normal, bradicardia o taquicardia).	Identificar la demanda del mercado para la creación de un microcontrolador arduino capaz de captar las pulsaciones cardiacas y demostrarlas por medio de una pantalla el estado cardiaco del usuario (frecuencia normal, bradicardia o taquicardia).	Hi: Los usuarios que realizan revisión cardiaca frecuente mediante un cardiotacómetro son más propensos a identificar anomalías cardiovasculares que pueden provocar daños severos a su salud.	Revisión cardiaca frecuente	Anomalías cardiovasculares	Encuesta / Juicio de expertos	¿Con que frecuencia se chequea su estado cardiaco Actual?	¿Si tuviera a su alcance un dispositivo para el chequeo cardiaco con que frecuencia lo haria ?				Tipos de anomalías cardiovasculares existentes	¿Cual es la característica mas importante con la que debe de contar un cardiotacómetro digital?	Cual es el mejor diseño que debe tener un cardiotacómetro Digital Arduino
	¿De qué manera el cardiotacómetro contribuye al seguimiento y tratamiento de condiciones cardiacas?		Demostrar como este prototipo puede detectar algunas anomalías cardiacas y llevar un control del ritmo cardiaco.	Ho: La no detección temprana de problemas cardiacos, aumentan los índices de mortalidad a raíz de estas patologías.	Detección de problemas cardiacos	Índice de mortalidad	Recolección de información	¿Cree que es importante la Prevencion temprada de Problemas cardiacos?	¿Si ente alguna irregularidad cardiaca como reacciona ante ella?	¿Al conocer la importancia de los Problemas cardiacos, como prefiere checase?	¿En su familia hay alguna persona que padece o padecio problemas cardiacos?	Índice de mortalidad en Honduras debido a anomalías cardiovasculares	¿La detección temprana de problemas cardiacos contribuye a minimizar el impacto de los mismos?		
	¿Cómo este prototipo genera información sobre la variabilidad de la frecuencia cardiaca?		Describir el proceso mediante el cual este prototipo recolecta la información mediante señales cardiacas.	Ha: La Importancia que las personas le atribuyen al chequeo preventivo, es significativamente menor a la importancia que le dan al seguimiento de una patología ya existente.	Chequeo preventivo	Seguimiento de patologías.	Encuesta / Juicio de expertos	¿Cree que el chequeo preventivo es importante para las personas aunque no tengan antecedentes cardiacos?	¿Cree que es importante que en todos los hogares posean un Cardiotacómetro Digital para el chequeo de frecuencia cardiaca?		¿Sabe cuales con los indicadores cardiovasculares normales que debe de tener una persona?	Características de los Cardiotacómetros	Con que frecuencia los pacientes se realizan chequeo Preventivo	¿Es Necesario que todas las personas sin importar su edad o estado de salud se realicen chequeos frecuentes ?	

Figura 10. 1: Matriz metodológica.

## ANEXO 2. Encuesta de Mercado

El objetivo de esta encuesta es conocer sobre  
“Diseño de un prototipo de Cardiotacómetro  
digital mediante el uso de un microcontrolador  
Arduino”

 sonia04varela@gmail.com (no compartidos)  
[Cambiar de cuenta](#) 

\*Obligatorio

Cardiotacómetro

Un cardiotacómetro es un dispositivo que permite a un usuario medir su frecuencia cardiaca en tiempo real.

Edad \*

20-30 Años

31-40 Años

41-50 Años

50-60 Años

Mas de 61 Años

Genero \*

Masculino

Femenino

Prefiero no mencionarlo

Figura 10. 2: Encuesta de mercado.

Ingreso Familiar Mensual

- L. 15,000.00 a L.24,999.00
- L. 25,000.00 a L.34,999.00
- L. 35,000 a L.44,999.00
- Más de L.45,000.00

¿Con que frecuencia se chequea su estado cardiaco Actual? \*

- Muy Frecuente
- Poco Frecuente
- Nunca

¿Sabe usted que es un Cardiotacometro Digital? \*

- Si, lo tengo claro
- Si, pero no lo tengo claro
- No se

¿Cree que es importante que en todos los hogares posean un Cardiotacometro Digital para el chequeo de frecuencia cardiaca?

- Si, es muy importante
- Si, pero es poco importante
- No es importante



Figura 10. 3: Encuesta de mercado.

¿Si tuviera a su alcance un dispositivo para el chequeo cardiaco con que frecuencia lo haría ?

- Muy Frecuente
- Poco Frecuente
- Nunca

¿Cree que es importante la Prevención temprana de Problemas cardiacos?

- Si
- No

¿Cree que el chequeo preventivo es importante para las personas, aunque estas no tengan antecedentes cardiacos?

- Si, muy importante
- Si, pero poco importante
- No es importante

¿Si ente alguna irregularidad cardiaca como reacciona ante ella?

- Esperaría que este pase sin buscar una solución
- Tomaría un remedio casero
- Iría al médico de manera inmediata
- Esperaría un tiempo y luego iría al médico




Figura 10. 4: Encuesta de mercado.

¿Al conocer la importancia de los Problemas cardiacos, como prefiere chequearse?

- En mi casa con un aparato de uso simple
- Ir al médico para un chequeo profesional

¿Para usted cual es la característica más importante con la que deben contar un Cardiotacómetro?

- Fácil de usar
- Fácil de interpretar sus resultados
- Que sea cómodo de usar
- Que sea económico
- Ninguna

¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por un cardiotacómetro?

- L.500 a L.999
- L.1,000 a L. 1,499
- L.1,500 a L.1,999
- L.2,000 a L.2,500

Describir con que otras características debe contar un cardiotacómetro (Opcional)

Tu respuesta

Figura 10. 5: Encuesta de mercado.

### ANEXO 3. Juicio de expertos

## Encuesta dirigida sobre el uso de Cardiotacometro

1. ¿De qué manera el cardiotacómetro contribuye al seguimiento y tratamiento de condiciones cardíacas?

---

2. ¿Cuál es la característica mas importante con la que debe de contar un cardiotacometro digital?

---

3. ¿La detección temprana de problemas cardíacos contribuye a minimizar el impacto de los mismos?

---

4. ¿Con que frecuencia los pacientes se realizan chequeo Preventivo ?

---

5. ¿Es necesario que todas las personas sin importar su edad o estado de salud se realicen chequeos frecuentes ?

---

*Figura 10. 6: Encuesta, Juicio a expertos.*

#### ANEXO 4. Respuestas a Juicio de expertos

¿De qué manera el cardiotacómetro contribuye al seguimiento y tratamiento de condiciones cardíacas?

4 respuestas

que sea específico ya que la precisión y especificidad nos da la seguridad de tener un aparato confiable, lo cual es muy importante para el diagnóstico temprano de alteraciones cardíacas

Permite ver de forma continua la progresión o empeoramiento de la saturación de oxígeno, lo cual indirectamente nos puede informar acerca de la condición cardíaca

identificación rápida de arritmias estando en tus actividades diarias ( en diagnósticos es donde frecuentemente lo he usado)

Detectar frecuencias cardíacas alteradas

¿Cuál es la característica más importante con la que debe contar un cardiotacómetro digital?

4 respuestas

Que sea portátil, ergonómico de fácil uso e interpretación de los datos adecuada

Capacidad de dar lectura sencilla de oximetría y frecuencia cardíaca

No lo sé

Frecuencia cardíaca y presión arterial

*Figura 10. 7: Respuestas a encuesta, Juicio a expertos.*

¿La detección temprana de problemas cardiacos contribuye a minimizar el impacto de los mismos?

4 respuestas

claro la deteccion temprana de problemas cardiacos ya sea fluctuaciones o variabilidad de la frecuencia cardiaca minimiza los efectos negativos cardiovasculares a corto y mediano plazo ya que con estos dispositivos se nos brinda una herramienta para la deteccion temprana y la busqueda de tratamiento oportuno

Si, al hacer chequeos al nacer podemos encontrar defectos congenitos que pueden ser resueltos tempranamente para evitar complicaciones durante el desarrollo de la persona. En el caso de adultos, la deteccion temprana de problemas cardiacos, aunque el dano sea irreversible pero al menos podemos detener su progresion y mejorar la calidad de vida

Manejo oportuno de las arritmias evita complicaciones

Si

¿Con que frecuencia los pacientes se realizan chequeo Preventivo ?

4 respuestas

Los chequeos medicos preventivos son muy poco frecuentes, la mayoría de los pacientes inician sus chequeos medicos ya cuando tienen sintomas de enfermedades asociadas diabetes, hipertension o cardiopatias luego de esto si acuden con mas frecuencia a chequeos preventivos

En Honduras depende de muchos factores, especialmente socioeconomicos, pero en poblacion rural casi nunca y en poblacion urbana una vez cada 5 años

Pocos pacientes tiene acceso a uno

Raro

*Figura 10. 8:Respuestas a encuesta, Juicio a expertos.*

¿Es necesario que todas las personas sin importar su edad o estado de salud se realicen chequeos frecuentes ?

4 respuestas

Si es necesario que toda la poblacion en general se realizen chequeos preventivos para diagnosticos tempranos, evitar procesos cardiacos letales o incapacitantes ademas son una pauta para el tratamiento y manejo oportuno

Si, una vez las personas llegan a la edad de 40-50 anios, se recomienda un chequeo anual general, en el cual va incluido tambien la condicion cardiopulmonar

Si

Si per entrevmas mayores deben ser más seguidos

*Figura 10. 9: Respuestas a encuesta, Juicio a expertos.*

## ANEXO 5. Simulación del cardiostacómetro.

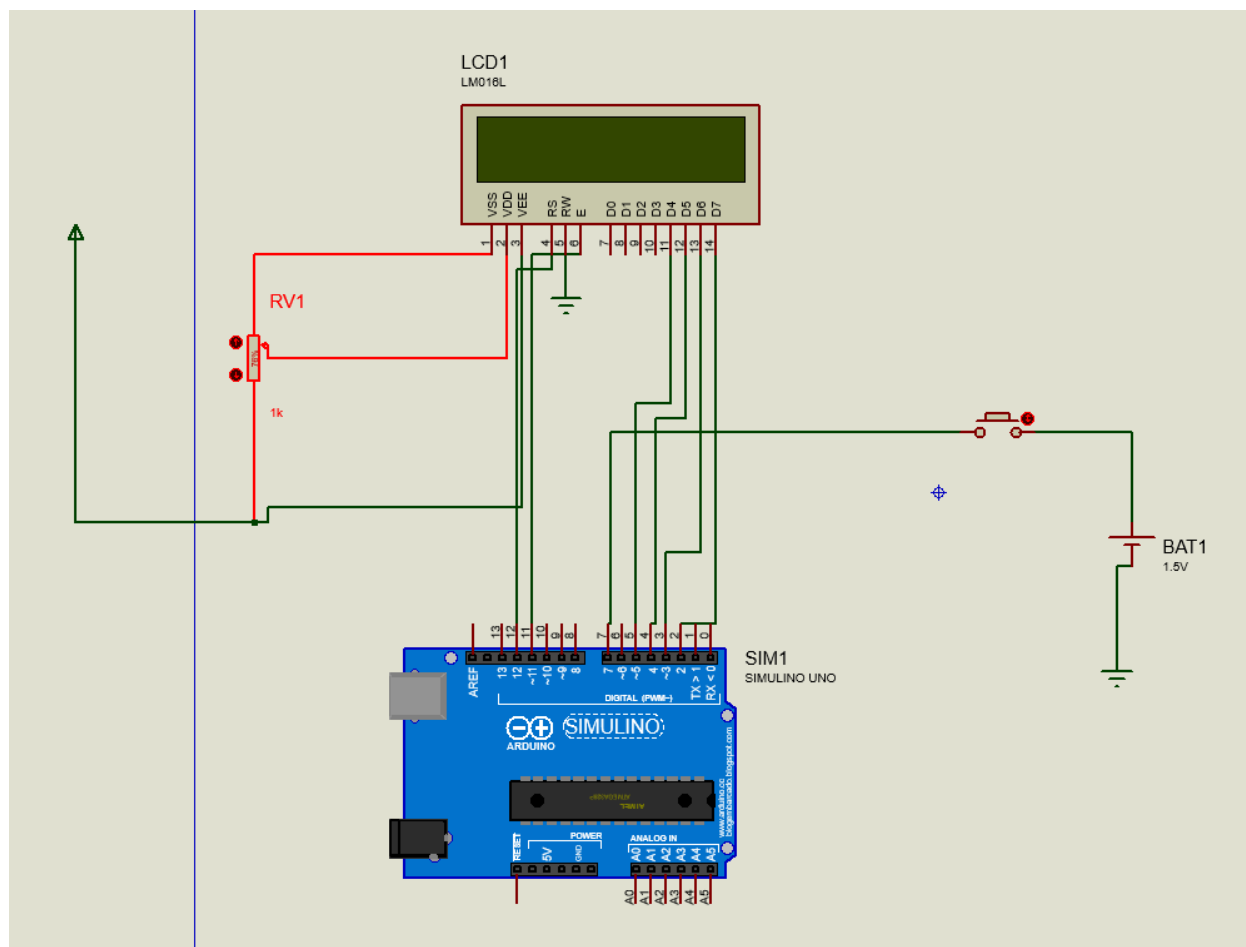


Figura 10. 10: Diseño del cardiostacómetro.

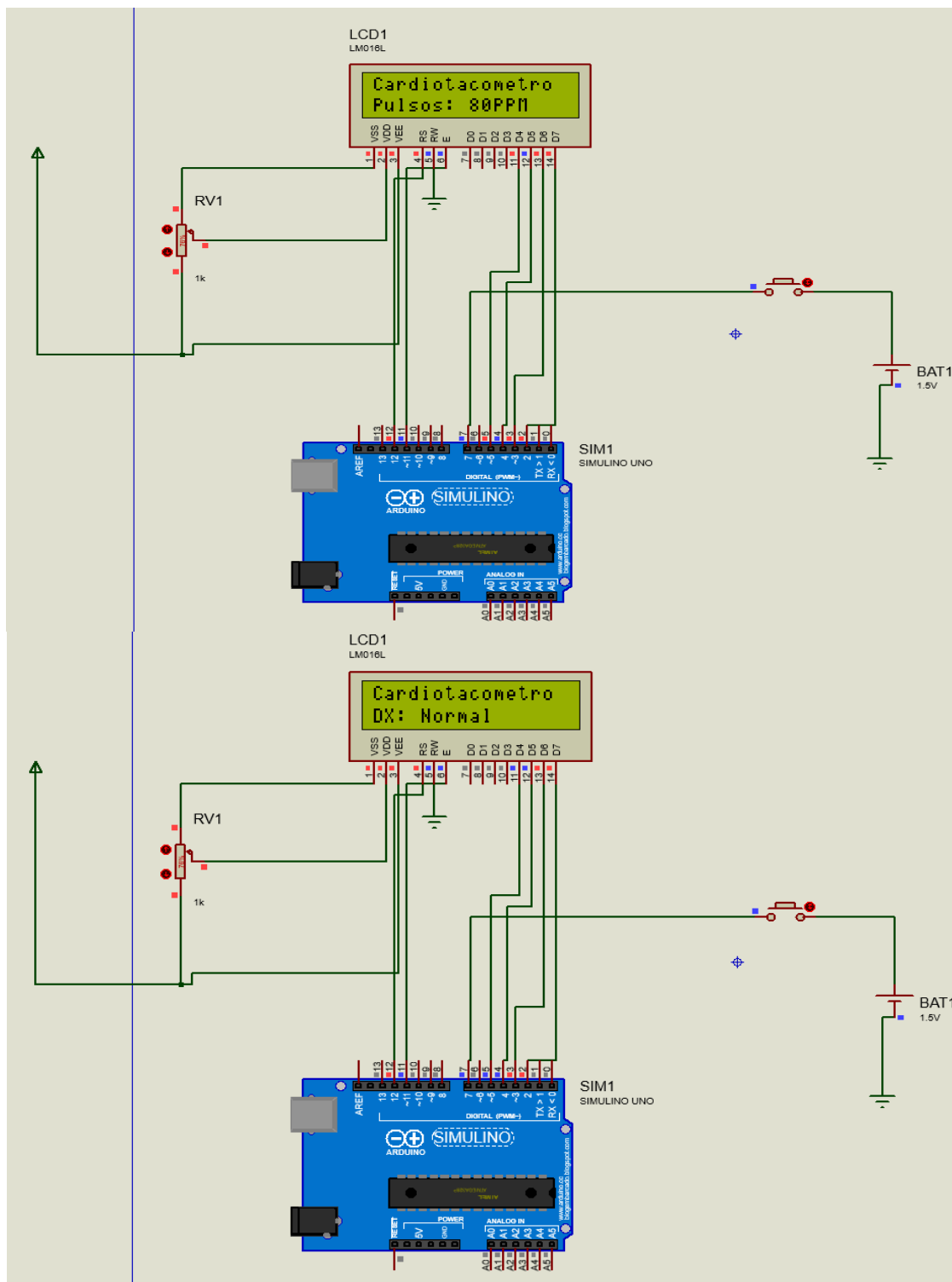


Figura 10. 11: Estado normal de frecuencia cardiaca en cardiotacómetro.

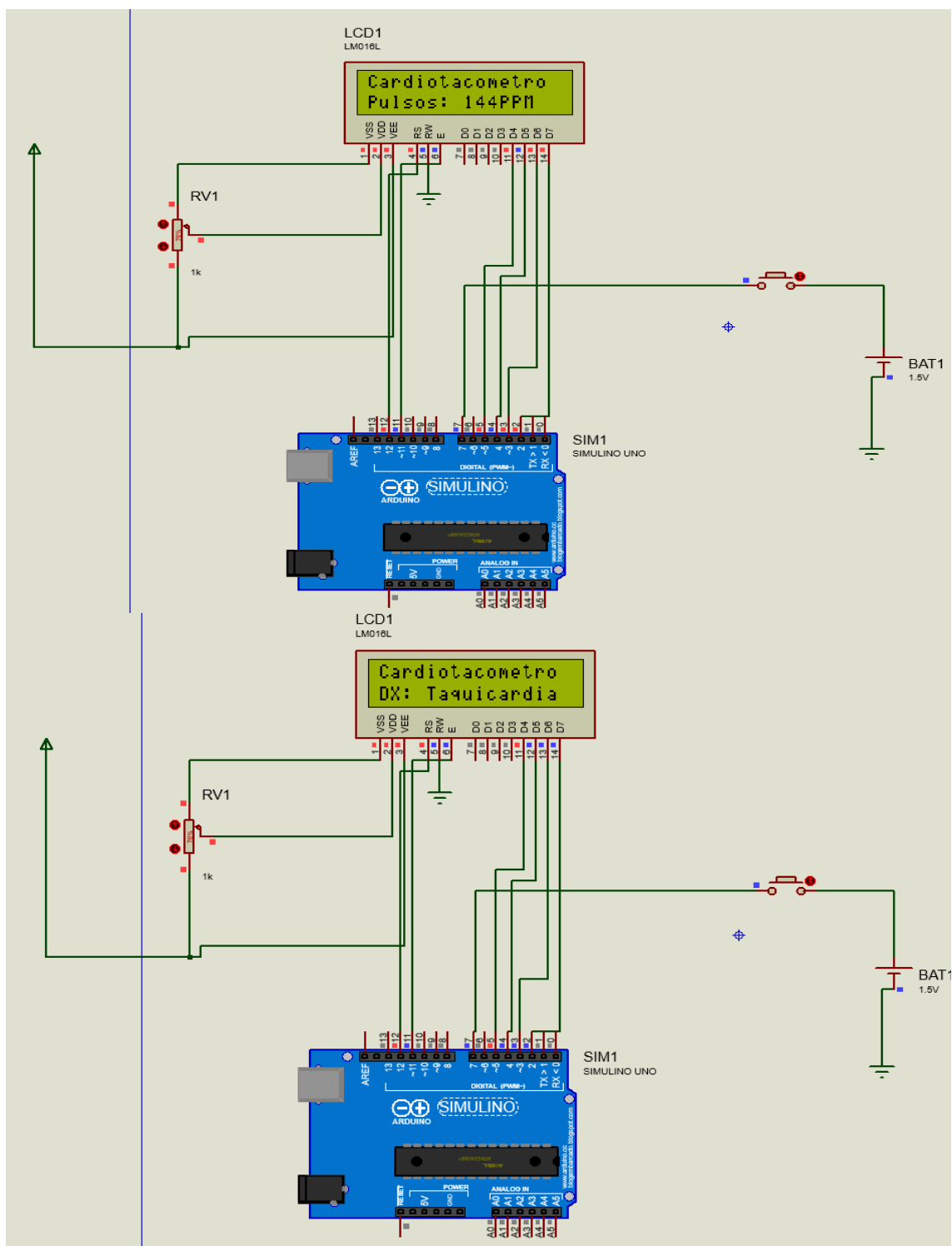


Figura 10. 12: Taquicardia en cardiotacómetro.

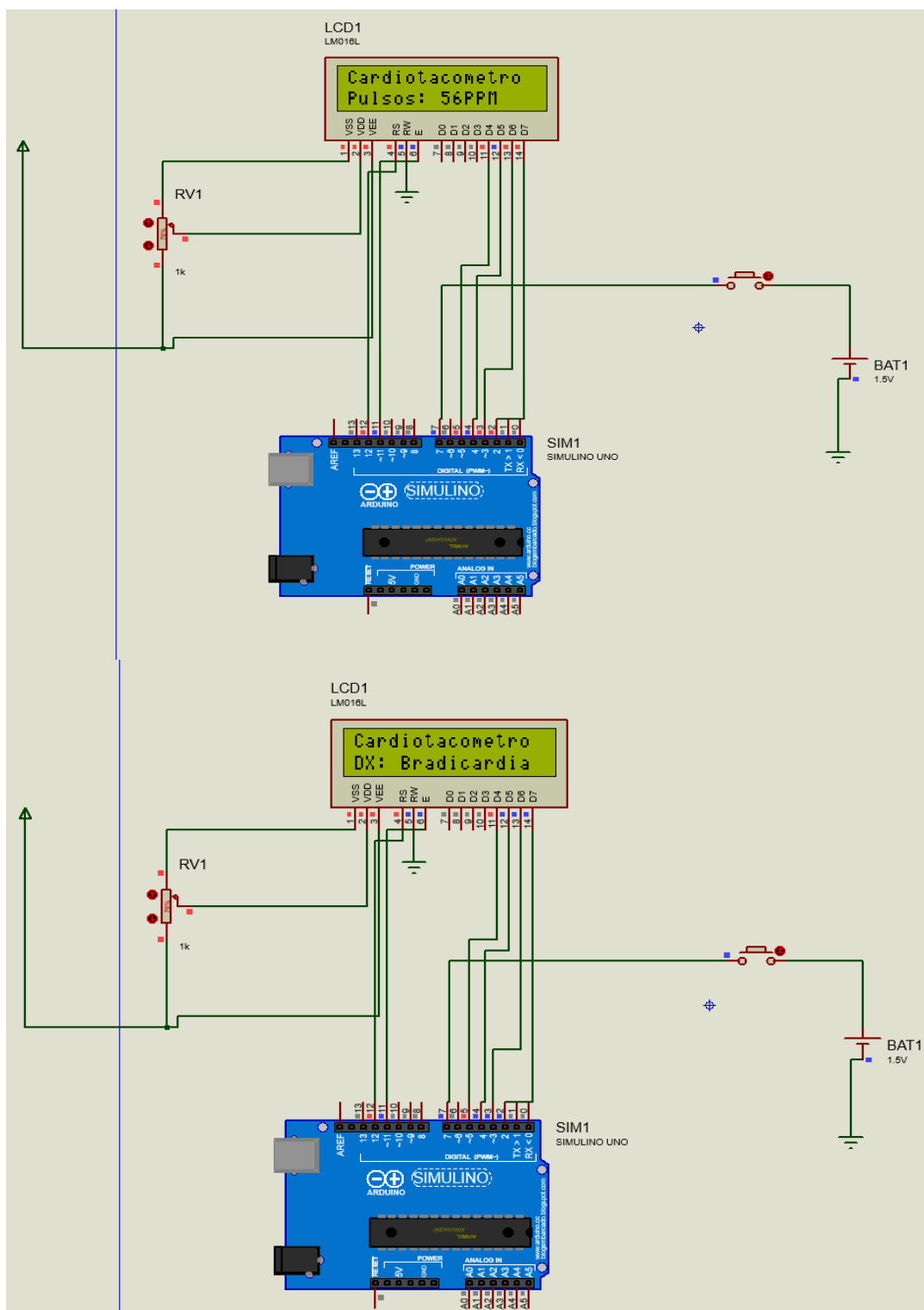


Figura 10. 13: Bradicardia en cardiotacómetro.

## ANEXO 6. Código de arduino.



```

codigo2_cardiotacometro
1 #include<LiquidCrystal.h>;
2 LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
3 int seconds = 0;
4 const int buttonPin = 7;
5 int pulsos = 0;
6 long start_time;
7 long finish_time;
8 int divisor;
9 int buttonState = 0;
10 int bpm;
11 void setup()
12 {
13   lcd.begin(16,2);
14   lcd.print ("Cardiotacometro");
15   pinMode(buttonPin, INPUT);
16   start_time = millis();
17 }
18 void loop(){
19
20   if (seconds > 15){
21     lcd.clear();
22     lcd.setCursor(0,0);
23     lcd.print ("Cardiotacometro");
24     bpm=pulsos*4;
25     start_time = millis();
26     lcd.setCursor(0,1);
27     lcd.print ("Pulsos: " + String(bpm)+ "PPM");
28
29     delay(2000);
30
31     if (bpm>100){
32       lcd.clear();
33       lcd.print ("Cardiotacometro");
34         lcd.setCursor(0,1);
35         lcd.print ("DX:");

```

Compilado

Figura 10. 14: Código de arduino del cardiotacómetro.

```

36         lcd.setCursor(4,1);
37         lcd.print("Taquicardia");
38         delay (3000);
39     }
40     else if(bpm <60)
41     {
42 lcd.clear();
43 lcd.print ("Cardiotacometro");
44         lcd.setCursor(0,1);
45         lcd.print ("DX:");
46         lcd.setCursor(4,1);
47         lcd.print("Bradicardia");
48         delay (3000);
49     }
50     else if(bpm >=60 & bpm <= 100)
51     {
52     lcd.clear();
53 lcd.print ("Cardiotacometro");
54         lcd.setCursor(0,1);
55         lcd.print ("DX:");
56         lcd.setCursor(4,1);
57         lcd.print("Normal");
58         delay (3000);
59     }
60
61
62     pulsos=0;
63     seconds=0;
64 }
65 lcd.setCursor(0,1);
66 lcd.print("Segundos: " + String(seconds)+ " ");
67 finish_time = millis() - start_time;
68
69 if ( finish_time > 1000){
70     start_time = millis();
71     seconds++;
72 }
73 if (digitalRead(buttonPin) ==HIGH) {
74     delay (400);
75     pulsos++;
76 }
77
78
79 }

```

Compilado

Figura 10. 15: Código de arduino del cardiotacómetro.

## ANEXO 7. Costos

No.	Insumo	Imagen	Proveedor	Costos	Conversión a moneda local
1	Arduino UNO	 <p>Arduino Uno Original 43 \$</p>	C&D Tecnologia	\$43.00	L. 1058.77
2	Display LCD	 <p>Pantalla LCD 16X2 Con... 9 \$</p>	C&D Tecnologia	\$9.00	L. 221.60
3	Sensor de pulso ritmo cardiaco XD-58C	 <p>Sensor De Pulso Ritmo... 8 \$</p>	C&D Tecnologia	\$8.00	L. 196.98
4	Potenciómetro	 <p>Potenciometro Con Perilla... 3 \$</p>	C&D Tecnologia	\$3.00	L. 73.87
5	Mano de obra			\$20.62	L.500.00
<b>Total</b>				<b>\$83.62</b>	<b>L.2051.22</b>

Tabla 10. 1: 3Costos estimados en C&amp;D Tecnologia.