

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA ELECTRÓNICA



PROYECTO DE GRADO

**DESARROLLO DE UN DISPOSITIVO DE FÁCIL ACCESO PARA EL MONITOREO
DE SIGNOS VITALES PARA PERSONAS QUE SUFRIERON INFARTOS
CARDIACOS**

POSTULANTE: DIEGO MARCELO BOTELLO CARDOZO

ASESOR: MSC. ING. CESAR FERNANDO LOZANO MANTILLA

LA PAZ – BOLIVIA

2022



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERIA**



LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.

LICENCIA DE USO

El usuario está autorizado a:

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

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

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

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado principalmente a mi papá que siempre me brinda su apoyo incondicional, a mis hermanas que a pesar de todo no me dan la espalda y por su puesto a mi mamá y mi hermano mayor que siempre me cuidan, me guían y me protegen desde el cielo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi papá, a mi mamá y a mis hermanas por todo el apoyo brindado durante este tiempo académico. Asimismo, agradezco al Msc. Ing. Cesar Fernando Lozano Mantilla por guiarme en la elaboración del presente trabajo.

También agradezco al Ing. Alfonso Jurado por su guía, a Don Martin Michme por su apoyo incondicional.

RESUMEN

El presente proyecto trata de aportar al progreso de los desarrollos e-health, que hacen uso de la tecnología en electrónica de control y telecomunicaciones, el acceso a los servicios de salud es muy importante para personas con enfermedades crónicas, las cuales requieren de la supervisión de su salud las 24 horas. Hay una variedad de tecnología mediante la cual se puede obtener beneficios para construir una nueva plataforma de sistema de salud electrónica que podría ayudar a lograr servicios de salud de alta calidad. De tal modo, la atención de salud será forma remota y de fácil acceso para las personas, ayudando al descongestionamiento de los servicios de salud y evitando retrasos en la llegada de la información médica de los pacientes a los médicos, particularmente en situaciones de emergencia, reduciendo el tiempo o dificultad para el ingreso de los datos del paciente al sistema.

El objetivo es realizar un monitoreo y registrar los signos corporales de una persona que sufrió infarto cardiaco, para ser consultados de forma remota mediante el uso de una página web y si estos signos vitales sobrepasan los umbrales de los niveles normales, enviar una alerta, con el fin de que se pueda contar con el monitoreo, registro y alerta que permita a la persona que la recibe, llamar a un centro de emergencia, para que le presten la debida atención médica a la persona que utilice el dispositivo de monitoreo y así, si es el caso poder salvar la vida del paciente.

INDICE DEL CONTENIDO

CAPÍTULO I	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Justificación	4
1.3. Alcance del Proyecto	5
1.4. Objetivos	6
1.4.1. Objetivo General	6
1.4.2. Objetivos Específicos	6
1.5. Descripción General del Proyecto	7
CAPÍTULO II	8
2. MARCO TEORICO	8
2.1. Introducción.	8
2.2 Marco Teórico	8
2.2.1. Signos Vitales	8
2.2.2. Temperatura Corporal	10
2.2.3. Fiebre, hipertermia e hiperpirexia	12
2.2.4. Principales trastornos	12
2.2.5. Epidemiología	12
2.2.6. Etiología	13
2.2.7. Calambres por calor	13
2.2.8. Síncope por calor	14
2.2.9. Agotamiento por calor	16
2.2.10. Golpe de calor	17
2.2.11. Hipertermia maligna	19

2.2.12. Síndrome neuroléptico maligno	20
2.2.13. Hipertermia por fármacos	22
2.2.14. Frecuencia Cardíaca	23
2.2.15. ECG (Electrocardiograma)	26
2.2.16. Problemas de movilidad	33
2.2.17. Problemas de desplazamiento	34
2.2.18. Ingeniería Electrónica y la Medicina	35
2.2.19. Sensores	35
2.2.20. Termopares	40
2.2.21. Desafíos del termopar	40
2.2.22. Sensores Ópticos	41
2.2.22.1. Detección de Luz, IR y UV	41
2.2.22.2. Detección de distancia de objeto, ausencia / presencia	43
2.2.23. Microcontrolador	43
2.2.23.1. Historia	44
2.2.23.2. Características	45
2.2.24. Reemplazo de Sensores Convencionales	48
2.2.25. Transmisión de Fibra Óptica	48
2.2.26. Ventajas de los Sensores Ópticos	49
CAPITULO III	50
3.1. Modalidad de Investigación.	50
3.2. Recolección de Información.	50
3.3. Población y Muestra	50
3.4. Procesamiento de datos.	50
3.5. Desarrollo del proyecto.	51

CAPITULO IV	52
4.1. Sensores	52
4.1.2. Sensores de temperatura	52
4.1.2.1. Lm 35	52
4.1.2.2. MCP 9808	52
4.1.2.3. Sensor DS18B20 WP	53
4.2. Diseño construcción y pruebas	53
4.3. Esquema General del Sistema	53
4.4. Diseño e implementación del Prototipo	55
4.5. Adquisición de los signos vitales	55
4.5.1. Temperatura	55
4.5.2. Especificaciones y características	56
4.6. Caracterización del Gateway/Concentrador de datos.	57
4.7. Diseño del hardware	58
4.8. Nodo sensor ECG	60
4.9. Nodos de Frecuencia Cardiaca	60
4.10. Nodos de Temperatura	61
4.11. Nodo flujo de Aire	62
4.12. Concentrador de datos	63
4.13. Diseño de la base de datos	64
4.14. Diseño web	73
4.15. Diseño página web para inicio de sesión	80
4.16. Implementación del Sistema de Monitoreo	75
CAPITULO V	78
VALIDACIÓN DEL PROYECTO	78

5.1. Pruebas de Funcionamiento	78
5.2. Temperatura	78
5.2. ECG	81
5.3. Frecuencia Cardiaca	82
5.4. Flujo de respiración	84
5.5. Presupuesto	86
VI CONCLUSIONES	87
VII RECOMENDACIONES	88
VIII BIBLIOGRAFÍA	89

INDICE FIGURAS

Figura Nro. 1: Posición de Trendelenburg	15
Figura Nro. 2: Posición de Trendelenburg.	16
Figura Nro. 3: Partes del corazón	26
Figura Nro. 4: Electrocardiograma	27
Figura Nro. 5: Lectura de ondas	32
Figura Nro. 6: Termómetro	36
Figura Nro. 7: Tipos de sensores	37
Figura Nro. 8: Tipos de sensores	38
Figura Nro. 9: Fotocélula típica	42
Figura Nro. 10: Microprocesador	45
Figura Nro. 11: Fotodetector típico de una unidad de CD	47
Figura Nro. 12: Construcción de cable de fibra óptica	48
Figura Nro. 13: Sensor LM35	55
Figura Nro. 14: Configuración usada para el sensor de Temperatura	56
Figura Nro. 15: Pin out	57
Figura Nro. 16: Circuito	58
Figura Nro. 17: Circuito general:	62
Figura Nro. 18: Bosquejo página de inicio	74
Figura Nro. 19: Sistema de monitoreo	75
Figura Nro. 20: Sistema de monitoreo	76
Figura Nro. 21: Inicio de sesión	77
Figura Nro. 22: Prototipo	78
Figura Nro. 23: Prototipo	80
Figura Nro. 24: Electrocardiógrafo real	81

Figura Nro. 25: Electrocardiógrafo prototipo	81
Figura Nro. 26: ECG prototipo	82
Figura Nro. 27: Flujo respiratorio prototipo	85

INDICE TABLAS

Tabla Nro. 1: Variaciones normales de los signos vitales	9
Tabla Nro. 2: Factores que intervienen en la regulación de la temperatura corporal	11
Tabla Nro. 3: Etiología de los trastornos de la temperatura	23
Tabla Nro. 4: Características Principales de Diferentes Sensores de Temperatura	39
Tabla Nro. 5: Tabla de variables	66
Tabla Nro. 6: Tabla de variables	66
Tabla Nro. 7: Tabla comparativa de los sensores de temperatura	77
Tabla Nro. 8: Tabla temperatura prototipo	79
Tabla Nro. 9: Frecuencia cardiaca prototipo	82
Tabla Nro. 10: Flujo de respiración prototipo	84
Tabla Nro. 11: Presupuesto	86

INDICE DE ESQUEMAS

Esquema Nro. 1: Esquema General del Sistema	54
Esquema Nro. 2: Circuito empleado	57
Esquema Nro. 3: Acondicionamiento general del circuito	59
Esquema Nro. 4: Diagrama de bloques del nodo ECG	60
Esquema Nro. 5: Diagrama de bloques del nodo ECG	61
Esquema Nro. 6: Diagrama de bloques	62
Esquema Nro. 7: Diagrama de bloques	63
Esquema Nro. 8: Concentrador de datos	63
Esquema Nro. 9: Concentrador de datos	64
Esquema Nro. 10: Diseño base de datos	65
Esquema Nro. 11: Diagrama entidad-relación para las tablas	67
Esquema Nro. 12: Diagrama entidad-relación	73

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico Nro. 1: Medidas prototipo	80
Gráfico Nro. 2: Frecuencia cardiaca prototipo	83
Gráfico Nro. 3: Flujo de respiración prototipo	85
Gráfico Nro. 4: Presupuesto	86

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Cirugía a distancia, ojo clínico con forma de robot, control de la medicación por SMS, diagnósticos con máquinas, la necesidad de mejorar servicios y ahorrar costes entre una población cada vez más vieja hace imprescindible el aprovechamiento de la tecnología en los hospitales.

Durante el congreso eHealth Week se trató el tema sobre que la CE lleva 20 años impulsando la salud electrónica, que permitirá mejores y más eficaces servicios sanitarios.

En tal sentido, se determinó que las enfermedades cardiovasculares son la principal causa de muerte en el mundo y en la mayoría de los países de las Américas, en donde se estima que causan 1,9 millones de muertes al año. (Fuente: Organización Panamericana de la Salud, día mundial de la Salud 2019).

Por otro lado, Bolivia se encuentra entre los países en desarrollo de América Latina en materia de salud, no obstante, los progresos observados en los últimos años.

En base en consultas y atenciones en centros públicos, privados y de la seguridad social, la Sociedad Boliviana de Cardiología y especialistas estiman que al día se registran 15 casos de infarto en Bolivia. El estrés y los hábitos alimenticios son algunas causas (fuente: La razón 11 de julio de 2017).

“El riesgo cardiovascular persiste dos años después de un infarto de miocardio”

La vulnerabilidad a sufrir un nuevo infarto, un ictus o morir por causa cardiaca se mantiene elevada incluso dos años después del primer episodio, según un estudio realizado en Suecia y presentado este domingo en el Congreso Anual de la Sociedad Europea de Cardiología, que se celebra hasta el martes en Barcelona (Fuente: Infosalus.com).

La Organización Mundial de la Salud (2010) define la **telemedicina** como “aportar servicios de salud, donde la distancia es un factor crítico, por cualquier profesional de la salud, usando las nuevas tecnologías de la comunicación para el intercambio válido de información en el diagnóstico, el tratamiento y la prevención de enfermedades o lesiones, investigación y evaluación, y educación continuada de los proveedores de salud, todo con el interés de mejorar la salud de los individuos y sus comunidades”. Ciertamente, esta definición nos lleva a pensar que la telemedicina puede ser una alternativa interesante para la población boliviana que enfrenta dificultades para acceder a servicios de salud de calidad.

En el último tiempo se está hablando bastante de telemedicina. Se sabe que el gobierno boliviano está planificando extender los servicios de telemedicina en el país, y en marzo de 2014, el Ministerio de Salud y Entel firmaron un convenio para implementar el proyecto “Telesalud’

En el mundo se han acumulado ya bastantes experiencias referidas a telemedicina, en particular en países desarrollados, y en la literatura especializada es posible encontrar no solamente cientos de artículos sobre el tema, sino también varias revisiones sistemáticas que tratan de extraer conclusiones sobre la base de los artículos publicados, entre ellas las de Roine y colegas (2001), Whitten y colegas (2002), Ekeland y colegas (2010, 2012).

Bolivia también cuenta con algunas experiencias recientes en cuanto a telemedicina. Una de ellas corresponde al **proyecto RAFT-Altiplano** (RAFT, Red Africana Francófona de Telemedicina), cuyo objetivo es evaluar la viabilidad, potencialidad y riesgos de la implementación y el desarrollo de una red de telemedicina en el contexto de un país en desarrollo como Bolivia, para mejorar el acceso a la atención médica y la formación continua en el área rural. El proyecto empezó en 2011 bajo la dirección del servicio de telemedicina del Hospital Universitario de Ginebra, cuenta con financiamiento de la empresa suiza PIAGET, y está descrito en un artículo reciente de Alejandro Vargas y colegas (2014) “Telemedicina en Bolivia: Proyecto RAFT-Altiplano, experiencias, perspectivas y recomendaciones”. Los autores afirman que, después de varios años de ejecución, se ha logrado establecer una red nacional de telemedicina

con sede en el Hospital Arco Iris en la ciudad de La Paz, que conecta más de veinte instituciones de salud en los departamentos de La Paz, Oruro y Potosí, para la implementación y utilización de herramientas de tele consulta y tele enseñanza.

Una segunda experiencia es la del Programa de Coordinación en Salud Integral (PROCOSI) que, junto a Ayuda en Acción y al Centro de Investigación, Educación y Servicios (CIES), lleva a cabo en el departamento de Potosí un **proyecto piloto del Sistema Integral de Telemedicina**, con apoyo financiero y técnico de CAF – Banco de Desarrollo de América Latina. El proyecto piloto está descrito en el documento publicado en 2013 “Telemedicina: Una nueva forma de vivir con salud. Sistematización del servicio de telemedicina implementado en los municipios potosinos de Cotagaita y Vitichi”. El proyecto se implementó en dos centros de salud para llevar de forma virtual la atención de especialistas a comunidades alejadas.

Otros de los trabajos relacionados con la misma área, es el implementado por Bailey (2010), éste presenta un sistema de monitoreo clínico inalámbrico que recopila lecturas de pulso y saturación de oxígeno de pacientes, la contribución principal de este proyecto radica en la evaluación de la viabilidad de las redes de sensores inalámbricos para el monitoreo de pacientes en unidades hospitalarias generales, además de un análisis de confiabilidad del sistema implementado.

Chung, Lee & Jung (2008) presentaron el diseño y desarrollo de un sistema de control de la asistencia sanitaria ubicua y portátil que utiliza sensores integrados de electrocardiograma, acelerómetro y saturación de oxígeno; este sistema de atención médica no intrusivo se diseñó basado en la red de sensores inalámbricos (WSN) para una cobertura de área amplia con un mínimo de energía de la batería para soportar la transmisión de RF. Este sistema permite que los datos fisiológicos se transmitan en una red de sensores inalámbricos utilizando el estándar IEEE 802.15.4 desde dispositivos de sensores portátiles en el cuerpo a una estación base que está conectada a una PC servidor. Los datos fisiológicos se pueden visualizar y almacenar en la PC del servidor de forma continua.

Debido a la tendencia e impacto de éstas nuevas tecnologías y sus respectivas aplicaciones, se plantea el presente trabajo de titulación como una forma para

relacionar las temáticas del cuidado y la salud personal con IoT a través de un sistema de monitoreo de signos vitales compuesto por una red de sensores inalámbricos conectados a un concentrador que procesa los datos y se conecta a Internet para enviarlos y posteriormente presentarlos en tiempo real en una aplicación web, seguido de un proceso de almacenamiento de datos en la nube.

1.2. Justificación

Los pacientes que superan un infarto al corazón, cuentan con una segunda oportunidad de vida, que implica el cambio de hábitos de vida y monitoreo de los signos vitales constantes para prevenir un nuevo ataque. Entre los monitoreos de rutina, un paciente debería poder realizar la medición de sus signos vitales en su propio hogar para alertar a cerca de un posible nuevo ataque.

Además, de un respaldo de la toma de datos que permita al paciente llevar un control más preciso de su salud y una mejor coordinación con el personal médico que atiende su salud.

En tal sentido, la importancia de desarrollar un dispositivo casero capaz de monitorear los signos vitales de un paciente que sufrió infarto cardiaco; el mismo debe ser de fácil manipulación para el usuario, para poder alertar a cerca de desvíos que podrían indicar un posible nuevo episodio de infarto.

La realización de un proyecto destinado al monitoreo de los signos vitales de un paciente que sufrió un infarto cardiaco es sustentando en los siguientes puntos:

- **Tecnológico:** Se debe adaptar y actualizar de algún modo a los pacientes cardiacos para explotar las nuevas tecnologías en la vida cotidiana.
- **Académico:** con la ayuda de conocimientos adquiridos se pretende emplearlo para diseñar tanto la parte circuital, implementación de, sensores, etc. y la parte de software para enlazar a sistemas que controlen dichos sensores y así poder visualizarlos

- **Económico:** Se buscará que el gasto para esta innovación sea la más económica posible, además sea rentable; debido a que los pacientes cardiacos serán quienes correrían con los gastos para cada uno de sus hogares.
- **Social:** Se quiere mejorar la salud social en la población, darle a los pacientes y a sus familias la tranquilidad de poder prevenir enfermedades fatales.
- **Desarrollo sostenible:** El desarrollo de este proyecto ayudaría a disminuir el índice de mortalidad por problemas cardiovasculares y otros.

1.3. Alcance del Proyecto

Con el presente proyecto se pretende desarrollar un dispositivo de fácil acceso para el control de signos vitales, recepción y visualización de los mismos para personas que sufrieron infartos de miocardio y así mejorar su calidad de vida.

También se pretende desarrollar un sistema personal que permita la adquisición y envío de datos, correspondientes a los signos vitales de una persona que sufrió infarto cardiaco, hacia un concentrador que los procese y envíe a Internet, de tal forma que puedan ser visualizados en tiempo real en aplicación web. Las variables que se pretende obtener a través de los sensores son: PPG (photoplethysmography), frecuencia cardiaca, temperatura y ECG (Electrocardiogram).

Adicionalmente, todos estos resultados se almacenan en una base de datos de tal forma que puedan ser accesibles en cualquier lugar y momento, haciendo factible un mejor seguimiento a la salud del paciente.

Se realizará en diferentes Etapas:

La primera etapa de este proyecto de investigación consta del diseño e implementación física de la red, es decir, a cada sensor se le acopla un módulo de adquisición y envío de datos de forma inalámbrica; dichos datos son recibidos por el concentrador que se encarga del procesamiento de los mismos.

En la segunda etapa, se desarrolla el bloque de almacenamiento en la nube; aquí se diseña la etapa de adquisición de datos en el servidor y la aplicación web que presenta

los resultados en tiempo real, además se crea la base de datos que almacena los datos que obtiene de forma continua a través de la red de sensores en el bloque anterior.

Una vez creados ambos bloques se procede a unirlos, probando un sensor a la vez, es decir, el sensor detecta la variable y su respectivo módulo de adquisición toma los datos y los envía al concentrador, este a su vez los procesa y los envía hacia Internet; los datos se van mostrando en la aplicación en tiempo real y a la vez se van almacenando en las bases de datos.

Ya exitosa la unión de los dos bloques, se replica la actividad con los demás sensores, del mismo modo y uno a la vez. Realizando más de una prueba por cada sensor y validando los datos obtenidos de manera que se pueda asegurar que son los correctos esperados. Finalmente se implementa la red de monitoreo de forma total, con todos los sensores y se prueba el sistema para analizar su funcionalidad.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Desarrollar un dispositivo para el monitoreo de signos vitales, empleando tecnología de fácil acceso, que permita la recepción y visualización para personas que sufrieron infartos cardiacos.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Analizar el concepto y funcionamiento de los sensores biomédicos.
- Diseñar un dispositivo de adquisición de datos de los signos vitales de enfermos cardiacos.
- Diseñar un sistema que permita procesar los datos adquiridos durante el control de los signos vitales de enfermos cardiacos.
- Diseñar e implementar apropiadamente procedimientos para poder almacenar en una base de datos la información obtenida durante el control de los signos vitales de enfermos cardiacos.
- Analizar y validar los resultados, con un monitoreo diario de un paciente que sufrió un infarto al corazón.

1.5. Descripción General del Proyecto

El presente proyecto de investigación se encuentra organizado de la siguiente manera:

Primero, se muestra de forma general la descripción del trabajo de titulación, así como la importancia, justificación, el alcance y los objetivos que se pretende cumplir con el desarrollo de la presente investigación.

En una segunda sección, se desarrolla el Estado del Arte de las temáticas involucradas en el proyecto donde se detalla la teoría correspondiente al sistema, tales como signos vitales, monitoreo remoto, redes de sensores inalámbricos (Wireless Sensor Networks) e IoT.

Para una tercera sección, se realiza el diseño del sistema, levantando los requerimientos tanto de la parte de hardware y software, se continúa con la caracterización de los sensores y establece el diseño de la red de sensores. A continuación, se procede con la implementación del sistema, es decir la unión de los bloques de hardware y software diseñados con anterioridad para que funcionen en conjunto previo a la realización de pruebas. Finalmente, una vez que el sistema esté integrado y el protocolo de pruebas listo se procedió a analizar su funcionamiento y evaluar su efectividad al mostrar los datos de forma remota y en tiempo real.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEORICO

2.1. Introducción.

La detección temprana de problemas cardiacos está basada en exámenes periódicos, que tienen como fin encontrar enfermedades antes de que el paciente comience a sentir los síntomas asociados a la condición estudiada.

Las pruebas de detección pueden incluir pruebas de laboratorio para evaluar la sangre y otros fluidos, pruebas genéticas que buscan marcadores genéticos heredados asociados a la enfermedad, y los exámenes por imágenes que producen gráficas del interior del cuerpo. Estas pruebas generalmente están disponibles para la población en general; sin embargo, las necesidades de una persona con respecto a una prueba de detección se basan en factores tales como la edad, el sexo y los antecedentes familiares.

En tal sentido, existen varios aparatos y mecanismos para el estudio de los problemas del corazón, en el presente documento se propone la implementación de un dispositivo casero que ayude con el monitoreo de los signos vitales de personas que ya presentaron algún problema cardiaco con anterioridad.

2.2 Marco Teórico

2.2.1. Signos Vitales

De acuerdo con Hopkins (2017), los signos vitales son medidas de las funciones más básicas del cuerpo, y son directamente tomados por profesionales médicos y proveedores de atención médica para monitorear de manera rutinaria el comportamiento de sus pacientes y poder detectar problemas de salud.

Por lo general, son cuatro los signos vitales que se toman: temperatura corporal, pulso, frecuencia respiratoria y presión arterial; cada uno de estos posee parámetros numéricos que ayudan a la interpretación de la medición realizada. No obstante, para aquellos casos en los que la observación constante es primordial en ciertos pacientes, otros son los signos vitales que se analizan, como pigmentación de la piel, la

conciencia o nivel de respuesta; esto depende claramente de la persona a la cual se orienten las mediciones y el problema de salud presentado (Luo & Chang, 2016).

Los signos vitales reflejan funciones esenciales del cuerpo, incluso el ritmo cardíaco, la frecuencia respiratoria, la temperatura y la presión arterial. Su proveedor de atención médica puede observar, medir y vigilar sus signos vitales para evaluar su nivel de funcionamiento físico. Los signos vitales normales cambian con la edad, el sexo, el peso, la capacidad para ejercitarse y la salud general. Entonces, los rangos normales de los signos vitales son:

Tabla Nro. 1: Variaciones normales de los signos vitales

VARIACIONES NORMALES DE LOS SIGNOS VITALES RELACIONADAS CON LA EDAD				
Edad	Temperatura	Pulso (lat./min)	Respiración (resp./min)	Presión Sanguínea (mm Hg)
Recién nacido	36.8 C (98.2 F) (axilar)	80-180	30-60	73/55
1-3 años	37.7 C (99.9 F) (rectal)	80-140	20-40	90/55
6-8 años	37 C (98.6 F) (bucal)	75-120	15-25	95/75
10 años	37 C (98.6 F) (bucal)	75-110	15-25	102/62
Adolescentes	37 C (98.6 F) (bucal)	60-100	15-20	102/80
Adultos	37 C (98.6 F) (bucal)	60-100	12-20	120/80
>70 años	37 C (98.6 F) (bucal)	60-100	15-20	120/80

Fuente: MedicalNewsToday, <https://www.medicalnewstoday.com/articles/es/temperatura-normal-del-cuerpo#tabla-de-temperatura>

Para el presente proyecto los signos vitales a medir son: temperatura corporal, PPG, frecuencia cardíaca y ECG; por lo cual nos dedicaremos a las definiciones de los mismos.

2.2.2. Temperatura Corporal

La temperatura corporal de una persona varía de acuerdo a varios parámetros como el género, la actividad reciente, el consumo de alimentos y líquidos, la hora del día, el ciclo menstrual de las mujeres, entre otros (Luo & Chang, 2016).

En condiciones normales, la temperatura corporal se encuentra entre 35,8 y 37,2 °C, con variaciones durante el día que hacen que esta temperatura sea más elevada por la tarde.

Este signo vital es uno de los más fáciles de obtener y medir, ya que se lo puede obtener de cualquiera de las siguientes maneras:

- **Oralmente:** se puede obtener la medición de temperatura corporal utilizando un termómetro de vidrio clásico insertándolo en la boca.
- **Rectalmente:** suele ser tomada por vía rectal con un termómetro de vidrio o digital, esta medida usualmente es entre 0.5 y 0.7 grados Fahrenheit más alta a la medida por vía oral.
- **Axilar:** se toma la temperatura por debajo del brazo, esta medida tiene a ser entre 0.3 a 0.4 grados Fahrenheit más baja que aquella medida por vía oral.
- **Por el oído:** a través de un termómetro especial se puede medir la temperatura desde el tímpano, esta medida refleja la temperatura central del cuerpo, es decir, la de los órganos internos.
- **Por la piel:** se emplea un termómetro especial para medir rápidamente la temperatura de la piel en la zona de la frente.

Según Gómez (2007) la temperatura corporal depende del equilibrio entre la producción de calor y la pérdida de éste, como se puede observar en tabla Nro. 2. Por lo tanto, la temperatura se debe regular a partir de un proceso complejo, que incluye 3 mecanismos:

Tabla Nro. 2: Factores que intervienen en la regulación de la temperatura corporal

PRODUCCIÓN DE CALOR	PÉRDIDA DE CALOR
<ul style="list-style-type: none"> • Contracción muscular (ejercicio físico, escalofríos) • Reacciones metabólicas • Ingesta de alimentos • Acción de hormonas (tiroxina, adrenalina, cortisol) • Lipólisis de grasa parda 	<ul style="list-style-type: none"> • Radiación • Convección • Conducción • Evaporación de sudor

Fuente: Adela Gómez, 2007

- Termorreceptores, localizados en la piel y en el núcleo preóptico del hipotálamo.
- Efectos termorreguladores, basados en la sudación y la vasodilatación periférica.
- Área de control localizada en el cerebro.

Por otro lado, “el aumento de la temperatura corporal hace que entren en acción diferentes mecanismos compensadores. Por un lado, aparecen mecanismos, como la sudación, la vasodilatación y la hiperventilación, generan una sobrecarga circulatoria con el consiguiente descenso de las resistencias periféricas, aumento de la frecuencia y del gasto cardíaco” (Gómez, 2007).

Otro mecanismo es el relacionado con el centro termorregulador, el cual estimula la sed y la necesidad de disipar el calor. Pero ancianos, niños y pacientes psiquiátricos tienen disminuido este último mecanismo, lo que los convierte en individuos demasiado vulnerables a enfermedades inducidas por el calor (Gómez, 2007).

Asimismo, Gómez (2007) también menciona que el organismo humano puede considerarse como un motor que convierte el alimento en energía. Este metabolismo basal consume entre 50 y 60 kcal/h/m².

Por tal motivo, según Gómez si el organismo no tuviera que un sistema de enfriamiento, la magnitud de la tasa metabólica originaría un aumento de un grado

centígrado por hora en la temperatura corporal. Los trastornos por calor se presentan cuando la producción de calor es más rápida que su eliminación.

2.2.3. Fiebre, hipertermia e hiperpirexia

Como indica Gómez (2007) en caso de que la temperatura corporal medida en la cavidad bucal sube por encima de los 38 °C, el individuo tiene fiebre. En este sentido, la temperatura rectal siempre es superior a la bucal, en concreto 0,6 °C por encima; esta zona de medida es para niños pequeños, pacientes graves y pacientes poco colaboradores o hiperventilados. Sin embargo, la temperatura axilar es menor que la temperatura interna, es por debajo de 1 °C; por ello, esta zona se considera poco precisa.

“El fracaso del centro termorregulador, con temperaturas iguales o superiores a 41 °C, conduce a la denominada hipertermia, la cual se caracteriza por un fallo en los mecanismos de pérdida de calor. El aumento descontrolado de la temperatura origina importantes lesiones orgánicas, por lo que la hipertermia implica un importante riesgo para la salud, de ahí la importancia de un diagnóstico y tratamiento tempranos” (Gómez 2007).

“Si la temperatura es de 41 °C en un registro aislado, o bien se produce un incremento de 1 °C cada 2 horas seguidas o más, se habla de hiperpirexia, cuyo origen puede ser la fiebre o la hipertermia” (Gómez, 2007).

2.2.4. Principales trastornos

Según Gómez (2007) la enfermedad que es causada por la alteración de la temperatura corporal tiene varios cuadros leves como calambres y el síncope por calor y otros que pueden poner en serio peligro la vida de una persona (el golpe de calor, la hipertermia maligna, el síndrome neuroléptico maligno, etc.).

2.2.5. Epidemiología

“Los trastornos de la temperatura corporal representan un problema de salud a tener muy en cuenta, ya que según datos del Center for Disease Control and Prevention de

Estados Unidos, entre 1979 y 1997 fallecieron 7.000 personas, siendo la tasa de incidencia en este país de 26,5 casos por cada 100.000 habitantes. En otras zonas del mundo, especialmente las que cuentan con grandes zonas desérticas, como es el caso de Arabia Saudí, la incidencia durante la época estival puede llegar a los 250 casos por cada 100.000 habitantes” (Gómez, 2007).

Asimismo, es de vital importancia saber el hecho de que los casos de agotamiento por calor pueden ser 3 a 4 veces más frecuentes que los casos de golpe de calor fatal (Gómez, 2007).

2.2.6. Etiología

Gómez (2007) indica que las elevaciones de la temperatura corporal que no superan los 38 °C pueden tener como causas tan diversas entre las cuales menciona a el estrés, el embarazo, la segunda fase del ciclo menstrual, el ejercicio, e incluso un ambiente caluroso.

Por otro lado, “la hipotermia usualmente suele deberse a una lesión hipotalámica, lugar éste donde se ubica el centro termorregulador; una lesión a este nivel puede desencadenar una desregulación de la temperatura” (Gómez, 2007).

Asimismo, Gómez (2007) habla sobre la enfermedad térmica que habitualmente suele presentarse por un desequilibrio entre el aumento de la producción de calor, esto ocurre en la hipertermia maligna o en el golpe de calor que se da por realizar ejercicio, y por disminución de su pérdida, también ocurre en el golpe de calor pasivo, el cual puede estar implicado un mecanismo mixto, esta situación que se da cuando existe en el síndrome neuroléptico maligno.

2.2.7. Calambres por calor

Los calambres por calor son definidos como “espasmos musculares involuntarios y dolorosos que suelen ocurrir durante el ejercicio intenso en ambientes calurosos. Los espasmos pueden ser más intensos y prolongados que los típicos calambres nocturnos en las piernas” (Mayo Clinic, 2022).

Estos calambres se presentan usualmente en trabajadores o atletas que sudan profusamente cuando trabajan en temperaturas bastante elevadas.

Asimismo, los calambres que son contracciones rápidas, intermitentes y dolorosas, que normalmente aparecen cuando el individuo termina su actividad y se encuentra descansando (Gómez, 2007).

En cuanto a su diagnóstico, se debe tomar en cuenta especialmente a los espasmos dolorosos de los músculos voluntarios del abdomen y de las extremidades; la piel puede estar húmeda o seca, fría o caliente y la temperatura corporal es normal o algo elevada. Los exámenes de laboratorio que son solicitados en muy raras ocasiones, indican hemoconcentración e hiponatremia (Gómez, 2007).

Asimismo, Gómez (2007) indica que “el tratamiento se basa en el reposo de la musculatura afectada, junto con la administración de suero salino al 0,1% por vía oral cada 45 min. Si el paciente no responde a esta solución, el paso siguiente es la utilización de solución salina normal por vía intravenosa”.

2.2.8. Síncope por calor

Según Buforn y Verbag (Enero de 2022) el síncope por calor se define como la pérdida de conciencia y del tono postural de aparición brusca y de corta duración la cual desaparece o se cura espontáneamente y sin secuelas neurológicas.

En tal sentido, Gómez (2007) indica que el síncope por calor “es una reacción sistémica secundaria que se presenta a la exposición prolongada al calor por pérdida de agua y sales. La pérdida de agua es causa de sed intensa y debilidad, que se acompaña de cefaleas, vértigo, hipotensión y taquicardia. No debe olvidarse que uno de los mecanismos para perder calor es la vasodilatación periférica, que tiene como consecuencia una redistribución de la sangre en la piel”.

El síncope por calor se suele presentar en personas predispuestas, por ejemplo, en ancianos en tratamiento con diuréticos y deportistas no aclimatados, en los que la redistribución sanguínea que se acaba de comentar puede disminuir el gasto cardíaco

y la perfusión cerebral, lo que resulta en el síncope, que da lugar a caídas que pueden causar lesiones graves (Gómez, 2007).

En tal sentido, el tratamiento que se debe seguir es colocar al paciente en posición de Trendelenburg como se muestra en figura 1, con lo que la mayoría se recupera. Asimismo, se debe evaluar el estado de hidratación y hacer las correcciones necesarias (Gómez, 2007).

Figura Nro. 1: Posición de Trendelenburg



Fuente:

Eusalud,

<http://eusalud.uninet.edu/misapuntes/index.php/Trendelenburg>

Las personas que tienen esa predisposición a presentar síncope por calor, deben tener en cuenta las siguientes medidas de prevención que se muestran en figura Nro. 2:

- Deben moverse frecuentemente.
- Deben flexionar los músculos de las piernas cuando se encuentran de pie.
- Deben sentarse o también pueden acostarse cuando aparezcan síntomas como náuseas o debilidad.

Figura Nro. 2: Posición de Trendelenburg.



Fuente: GRUPO ASISTENCIAL CORUÑA,
<http://www.grupoasistencialcoruna.es/15837654765e6658659c605-cuales+son+los+cambios+posturales>

2.2.9. Agotamiento por calor

Si hay altas temperaturas ambientales, las personas expuestas a ellas pueden experimentar una depleción de volumen, que se traduce clínicamente en el denominado agotamiento por calor. Su origen hay que buscarlo en una ingesta insuficiente de agua y electrolitos. Cuando el tratamiento no es correcto, cabe la posibilidad de que el síndrome progrese a golpe de calor.

Sus síntomas más característicos son malestar general, mareo, debilidad, náuseas y vómitos. La presencia de un paciente deshidratado, con taquicardia e hiperventilación es típica al realizar un examen físico del individuo. La temperatura usualmente está dentro de los límites normales, sin que el sistema nervioso central esté afectado. Por lo general, no se requieren exámenes de laboratorio.

Respecto al tratamiento, es importante mantener al paciente en reposo en un sitio fresco y rehidratarlo; la cantidad y el tipo de solución empleada depende de los hallazgos clínicos; en los casos leves, es suficiente con suero salino al 0,1% por vía

oral; en los casos más graves, se administra solución salina o lactato de Ringer con suplemento de glucosa al 5%; si la hiponatremia es grave y se acompaña de intoxicación hídrica, es probable que sea necesario administrar solución salina hipertónica. En general, los pacientes se recuperan en 12 h, y puede dárseles el alta sin secuelas.

El golpe de calor también recibe el nombre de insolación, y se caracteriza por ser una auténtica emergencia médica

2.2.10. Golpe de calor

El golpe de calor también recibe el nombre de insolación y se caracteriza por ser una emergencia médica auténtica. Se define como una temperatura corporal superior a 40 °C en presencia de disfunción del sistema nervioso central; es una forma de hipertermia que induce respuesta inflamatoria sistémica, la que conlleva una disfunción orgánica múltiple, donde la encefalopatía es la manifestación predominante.

En la analítica aparece creatinina (CPK) elevada, aunque sin rigidez muscular (lo que permite diferenciarlo del síndrome neuroléptico maligno), hipernatremia, hemoconcentración, leucocitosis, azoemia y alteraciones bioquímicas hepáticas.

Hay 2 tipos de golpe de calor: pasivo y activo. El golpe de calor, en su forma clásica o pasiva, se presenta en condiciones de alta temperatura y humedad ambiental; las víctimas usualmente son ancianos que viven en hogares con una ventilación deficiente; no hay sudación en el 85% de los pacientes. Por su parte, el golpe de calor en su forma activa o asociada al ejercicio ocurre en jóvenes sanos que han realizado ejercicio extenuante en ambientes muy calurosos; caracterizado por una aparición mucho más brusca en comparación con la forma clásica, no es frecuente la existencia de deshidratación e hipovolemia, pero, por el contrario, suele haber rhabdomiólisis, coagulación intravascular diseminada, hipocalcemia e hipofosfatemia, hipoglucemia, hiperpotasemia e hiperuricemia.

Es difícil diferenciar entre un cuadro séptico grave y un golpe de calor, aunque en la sepsis la temperatura no suele aumentar por encima de 41 °C y suele ceder con medidas de enfriamiento. En ocasiones, el cuadro puede confundirse con una meningitis por la aparición de fiebre y alteraciones neurológicas, pero tanto la tomografía computarizada craneal como la punción lumbar son rigurosamente normales. Se trata de un diagnóstico de exclusión, donde es importante la sospecha clínica. Son signos de mal pronóstico los siguientes:

- Temperatura superior a 42 °C.
- Paciente con más de 50 años.
- Síntomas neurológicos graves.
- *Shock*.
- Distrés respiratorio.
- Coagulación intravascular diseminada.
- Acidosis láctica.

El tratamiento es urgente, ya que, dependiendo de la rapidez del diagnóstico y de este tratamiento, la mortalidad puede ser muy elevada. Además, las secuelas pueden ser graves: síndrome cerebeloso, desarrollo prematuro de cataratas, disfunción miocárdica subclínica y disfunción renal.

El tratamiento se dirige a la eliminación inmediata de la hipertermia y al apoyo de los órganos vitales. Una medida práctica es sumergir al paciente en una bañera con agua helada: habría que desnudar al paciente y cubrirlo con agua y pedacitos de hielo, pudiendo mejorarse la refrigeración con un ventilador dirigido hacia el paciente; la alternativa es utilizar compresas de agua fría, pero se debe tener la precaución de mantenerlas muy frías y cambiarlas a menudo. El contacto con el hielo produce vasoconstricción, y así se dificulta el enfriamiento; para evitar este efecto, se aconseja realizar un masaje corporal continuo durante todo el tiempo que dure el enfriamiento.

Se evitarán las fricciones con alcohol, dada su potencial peligrosidad (intoxicación por alcohol). La aspirina no es un fármaco eficaz en esta situación, puesto que su mecanismo de acción se basa en restablecer un valor normal para el nivel crítico del termostato corporal que se encuentra elevado cuando hay fiebre; sin embargo, en el golpe de calor, el nivel crítico se mantiene en su valor normal, aunque el organismo sea incapaz de eliminar el calor necesario para que la temperatura corporal se ajuste a él.

Al mismo tiempo que se procede al enfriamiento, habrá que conservar las vías aéreas permeables y una ventilación adecuada, prestando atención a la infusión de líquidos intravenosos, que pueden ser suero fisiológico o lactato de Ringer. La hipotensión debida a la imposibilidad de aumentar el gasto cardíaco o la depleción de volumen, se trata con la administración de entre 250 y 500 ml de líquido por vía intravenosa durante unos minutos, y vigilar la respuesta por medio de la presión arterial o la presión venosa caudal. La reposición de líquidos se mantiene hasta que se normalice la presión arterial o se eleve la presión venosa central.

Cabe la posibilidad de que durante el enfriamiento tengan lugar violentos escalofríos, que pueden ocasionar convulsiones y generar calor. La clorpromazina intravenosa es el fármaco de elección, ya que disminuye los escalofríos, al igual que el consumo de oxígeno y dilata los vasos sanguíneos, con lo que se favorece el enfriamiento.

Especial mención merecen los trastornos electrolíticos, que deben vigilarse atentamente, de modo que, si aparece hipopotasemia junto con acidosis, la deficiencia de potasio debe reponerse rápidamente, aunque sin olvidar que la hiperpotasemia puede ser mucho más peligrosa que su correspondiente déficit.

2.2.11. Hipertermia maligna

Su aparición puede tener lugar después de administrar anestésicos (halotano, isoflurano, éter, etc.) o relajantes musculares tipo succinilcolina, o bien también puede darse en individuos predispuestos. En el 50% de los casos, el mecanismo de herencia es autosómico dominante.

La sintomatología de la hipertermia maligna incluye:

- Alteración en la regulación del calcio conducente a contractura muscular, que se traduce en rigidez muscular general.
- Aumento de lactato, de CO₂ y del consumo tisular de oxígeno, lo que eleva la temperatura progresivamente hasta más de 42 °C.
- Hipotensión, arritmias, cianosis, acidosis metabólica e insuficiencia respiratoria, rhabdomiólisis y coagulación intravascular diseminada por fallo multiorgánico.

Esta sintomatología puede hacer acto de presencia de forma aguda, o bien de manera insidiosa. Aproximadamente muere el 10% de los afectados como consecuencia de la fibrilación ventricular y del edema cerebral.

Respecto al tratamiento, éste ha de ser de carácter urgente, e incluirá suspensión de la anestesia y administración de dantroleno hasta que cedan los síntomas. Simultáneamente, deberá provocarse una diuresis forzada y se iniciarán medidas de enfriamiento agresivas junto a hiperventilación con oxígeno al 100%.

La prevención de la hipertermia maligna pasa por la realización de una historia clínica exhaustiva, que deberá recoger los antecedentes personales y familiares de problemas con la anestesia.

2.2.12. Síndrome neuroléptico maligno

Según la revista Npunto (2019) el síndrome neuroléptico maligno es un tipo de trastorno de aparición rara, y que se observa más frecuentemente en varones jóvenes con enfermedades psiquiátricas que toman neurolépticos, los cuales tienen mayor riesgo si se asocian con litio y antidepresivos. Esta enfermedad llega a tener un carácter idiosincrásico grave, es un cuadro potencialmente fatal.

“Su incidencia es de aproximadamente 0,4-2,4% de los pacientes tratados con neurolépticos, y es mayor en varones que en mujeres, con una proporción 2:1. La existencia de un patrón constante de incidencia más elevada en varones, se atribuye

a la tendencia de los facultativos a instaurar un tratamiento más intenso en varones, debido a que los varones psicóticos son más violentos que las mujeres enfermas” (Revista Npunto, 2019).

Gómez (2007) indica que la deshidratación, el calor y el ejercicio muscular intenso son situaciones que favorecen a la aparición de este síndrome. Su fisiopatología gira en torno a diversas acciones ejercidas por los neurolépticos sobre el funcionamiento del sistema extrapiramidal y del hipotálamo; una de las hipótesis que se maneja, indica que la causa debe estar mediada por la reducción de la actividad dopaminérgica en el sistema nervioso central, y afectar a los núcleos de la base y al hipotálamo.

Por lo tanto, el descenso en la actividad dopaminérgica explica la hipertermia y el fallo multiorgánico que tienen lugar en este síndrome.

Igualmente, este autor indica que la sintomatología es de aparición insidiosa, y es más frecuente en los primeros días de tratamiento, aunque también puede aparecer 5-10 días después de haberse suspendido la medicación. Los síntomas incluyen:

- Hipertermia, generalmente tardía.
- Síntomas extrapiramidales (rigidez muscular general, disartria, sialorrea, catatonía, parkinsonismo y distonía).
- Disautonomía (sudación profusa, incontinencia urinaria, labilidad de la tensión y de la frecuencia cardíaca).
- Fluctuación del estado mental.
- Rabdomiólisis, en la que la CPK llega a valores 100 veces superiores a los normales.
- Hipoxemia, leucocitosis y acidosis mixta (Gómez, 2007).

La muerte se llega a producir en el 10% al 22% de los casos, y se presenta con mayor frecuencia la neumonía aspirativa, la embolia pulmonar y la insuficiencia respiratoria aguda. Según Gómez, el tratamiento incluye las medidas siguientes:

- “Administración de fluidos por vía intravenosa de forma rápida con el fin de expandir súbitamente el volumen intravascular, deplecionado por la deshidratación y la fiebre fundamentalmente. Se aconseja la infusión de soluciones cristaloides.
- Utilización de medidas de enfriamiento radicales para controlar la hipertermia.
- Si se presenta hipertonía, deberán administrarse relajantes musculares. El dantroleno ha resultado útil en numerosas ocasiones, debiendo administrarse una dosis en bolo de 1 mg/kg intravenoso, y después se repite la administración cada 1-3 min, hasta obtener la relajación muscular.
- Los agonistas de la dopamina, entre los que se incluye la bromocriptina, pueden administrarse por vía oral o por sonda nasogástrica en dosis de 2,5-10 mg, 2-6 veces al día.
- Los antagonistas del calcio, como el nifedipino, han resultado muy útiles para controlar la hipertensión, la fiebre, la taquicardia, la incontinencia urinaria, la rigidez y el estupor.

Sin embargo, el mecanismo de acción de estos efectos no se encuentra totalmente aclarado” (Gómez, 2007) .

2.2.13. Hipertermia por fármacos

Por otro lado, como se muestra en la siguiente tabla, la hipertermia por fármacos se debe sospechar en jóvenes sin antecedentes de realización de ejercicio intenso, que presenten hipertermia debida a una hiperactividad muscular. Aparecen sudorosos, agitados, delirantes, con contractura muscular generalizada; puede aparecer estatus epiléptico (Gómez, 2007).

Esto, no llega a depender ni de la dosis, ni de la vía de administración del fármaco. Conlleva una alta mortalidad. El tratamiento se basa en el empleo de dantroleno y agentes curarizantes (Gómez, 2007).

Tabla Nro. 3: Etiología de los trastornos de la temperatura

FISIOLÓGICA	
Debido a lesión hipotalámica	<ul style="list-style-type: none"> • Hemorragia/infarto • Traumatismo • Tumor • Enfermedad degenerativa • Encefalitis
Por aumento de la producción de calor	<ul style="list-style-type: none"> • Hipertermia maligna • Fármacos o drogas (anfetaminas, LSD, imipramina, dinitrofenol, hormonas tiroideas, meperidina, dextrometorfano, cocaína, cafeína) • Ejercicio intenso • Estrés • Atropamiento excesivo, principalmente en niños y ancianos • Hipertiroidismo, feocromocitoma • Delirium tremens y otros estados de agitación • Golpe de calor tipo a (activo o por ejercicio) • Enfermedades que causan fiebre
Por disminución de la pérdida de calor	<ul style="list-style-type: none"> • Golpe de calor tipo b (pasivo o clásico) • Alteración del sistema nervioso autónomo: enfermedad de Parkinson, lesión medular, diabetes mellitus • Hipopotasemia • Fármacos anticolinérgicos (fenotiazidas, bloqueadores beta, diuréticos) • Insuficiencia vascular periférica e insuficiencia cardíaca y suprarrenal • Dificultad para sudar por alteraciones cutáneas (ictiosis, vendajes oclusivos) • Fármacos (atropina, escopolamina, clorpromazina)
Mecanismo mixto	Síndrome neuroléptico maligno
*Tomada de López S, Recarte C. Trastornos de la temperatura corporal. Jano. 2004;66:47-50.	

Fuente: López S., 2004

2.2.14. Frecuencia Cardíaca

La frecuencia cardíaca es uno de los más importantes signos vitales o indicadores de la salud en el cuerpo humano (Abellan, 2014) (MacGill, 2017). Ésta indica la cantidad de veces por minuto que el corazón se contrae, la cantidad de latidos cardíacos por minuto (bpm, beats per minute). Un corazón sano suministra al cuerpo la cantidad justa de sangre a la velocidad adecuada para lo que sea que esté haciendo el cuerpo en

ese momento. La frecuencia cardíaca se mide con mayor precisión desde el tórax con el transmisor del monitor de frecuencia cardíaca o los electrodos del electrocardiógrafo (EKG, electrocardiograph) (Polar, 2016).

De Acuerdo con Mandal (2018), “el corazón late para suministrar sangre limpia oxigenada desde el ventrículo izquierdo a los vasos sanguíneos del cuerpo a través de la aorta”. A medida que la necesidad de oxígeno cambia en diversas situaciones, como actividad física, el sueño, amenazas a la seguridad y respuestas emocionales, la frecuencia cardíaca cambia en consecuencia (MacGill, 2017)

El conocimiento de este tipo de conceptos puede ser un importante indicador de la salud del corazón (American Heart Association, 2015). En general, una frecuencia cardíaca más baja en reposo implica una función cardíaca más eficiente y una mejor capacidad cardiovascular, no obstante, una frecuencia cardíaca inusualmente alta o baja puede indicar un problema subyacente. Una frecuencia cardíaca normal en reposo para adultos varía de 60 a 100 latidos por minuto (Laskowski, 2015).

- **Frecuencia cardíaca máxima.** Es el valor máximo de frecuencia cardíaca que se puede alcanzar. Se puede determinar adecuadamente por medio de una prueba de esfuerzo máximo de laboratorio o decampo, o mediante referentes teóricos, aunque no tan confiables, como el que se establece a partir de la constante (220) y la edad:

$$\text{Frecuencia cardíaca máxima} = 220 - \text{la edad}$$

- **Frecuencia cardíaca de reposo.** Es el valor que se tiene en estado de reposo, acostado. Se puede medir, en forma más adecuada, luego de un tiempo amplio de estar acostado y tomando la frecuencia cardíaca en esta misma posición.
- **Frecuencia cardíaca de reserva.** Número de pulsaciones que se determinan de la diferencia entre la frecuencia cardíaca máxima y la frecuencia cardíaca de reposo.

En criterios de carga se considera la frecuencia cardíaca de reserva como el 100% de intensidad; es decir, como el mayor valor de variación del pulso cardíaco desde la frecuencia cardíaca de reposo hasta la frecuencia cardíaca

máxima. Como se dijo antes, no expresa un criterio real de pulsaciones por minuto del músculo cardíaco.

Frecuencia cardíaca de reserva = 100% de intensidad

- **Frecuencia cardíaca de entrenamiento.** Es el valor de frecuencia cardíaca a que se está realizando un esfuerzo de entrenamiento. Lo ideal sería tomarla durante el esfuerzo con instrumentos adecuados de registro como, por ejemplo, un pulsómetro. En su defecto, se puede tomar inmediatamente después de finalizado el esfuerzo y en tiempos cortos de medición; por ejemplo, en 10 o en 15 segundos.

La FC se puede definir como el número de contracciones ventriculares por minuto efectuadas por el corazón, medida generalmente en latidos por minuto ($\text{lat}\cdot\text{min}^{-1}$) o pulsaciones por minuto (ppm) (Garatachea1 , 2002), o, más sencillamente, el número de latidos que el corazón realiza en un minuto, expresado generalmente en ppm (Kirkpatrick y Birnbaum, 1997). Estas contracciones responden a las necesidades sanguíneas; y por tanto nutritivas que el organismo precisa como “combustible” para satisfacer sus funciones vitales, así como para la AF. La sangre es el vehículo de transporte de ese combustible, que a través de las arterias llega a aquellos órganos que lo necesitan, para realizar sus funciones.

El corazón actúa como una bomba que envía la sangre “oxigenada y rica en nutrientes” a esos órganos mediante lo que denominamos contracción ventricular o sístole. Llamamos diástole a la recuperación o tiempo de relajación del músculo cardíaco tras la sístole. Esa consecución de sístole y diástole de manera rítmica compone las ppm, siendo la pulsación lo que percibimos como respuesta de la eyección sanguínea.

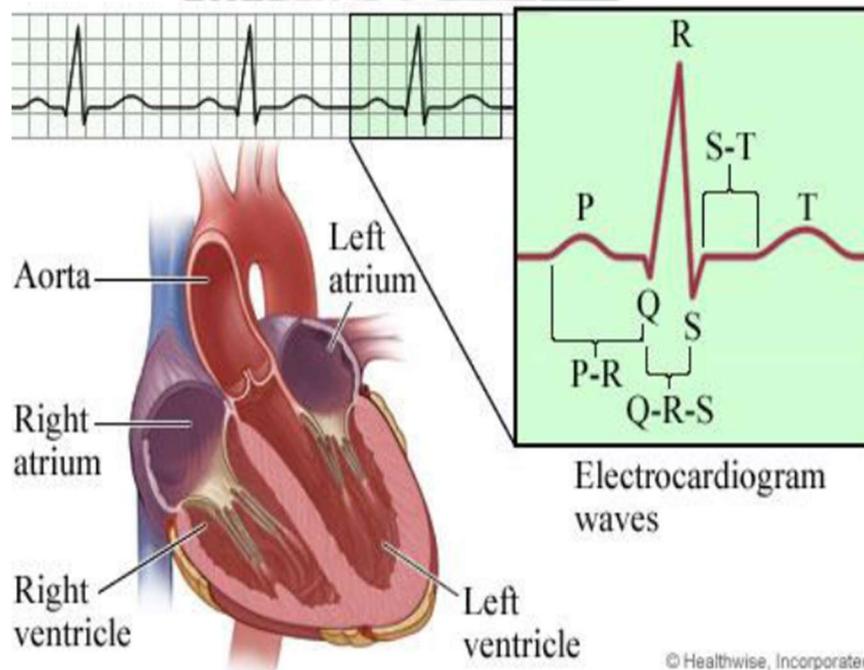
Esta eyección o contracción muscular genera una corriente eléctrica que aparatos muy extendidos actualmente como son los pulsómetros -Heart Rate Monitors (HRMs)- interpretan como una pulsación. Más desarrollados, aunque complicados son los electrocardiogramas, los cuales descomponen la actividad cardíaca en cada una de sus fases electrodinámicas.

2.2.15. ECG (Electrocardiograma)

Clínica Alomar (2022) indica en su página que “un electrocardiograma, o ECG, examina la frecuencia cardíaca, el ritmo y la actividad eléctrica del corazón (Macfarlane, 2014). El corazón es una bomba eléctrica de dos etapas y la actividad eléctrica del corazón puede medirse con electrodos colocados en la piel (Wedro, Lee Kulick, & Davis, 2018). El electrocardiograma puede proporcionar; además, la evidencia indirecta del flujo de sangre al músculo del corazón”.

Un ECG mide cómo se mueven los impulsos eléctricos a través del músculo cardíaco cuando se contrae y relaja concepto que extraen de British Columbia, 2017, o dicho de otra forma, traduce la actividad eléctrica del corazón en trazos de líneas en papel. Los picos y las caídas dichos trazos de línea se llaman ondas, tal como se observa en la siguiente figura (Clínica Alomar, 2022).

Figura Nro. 3: Partes del corazón



Fuente: Cigna, <https://www.cigna.com/es-us/individuals-families/health-wellness/hw/componentes-e-intervalos-en-un-electrocardiograma-zm2308>

“Un electrocardiograma registra las señales eléctricas del corazón. Es una prueba común e indolora que se utiliza para detectar rápidamente los problemas cardíacos y controlar la salud del corazón.

Los electrocardiogramas (también llamados ECG) con frecuencia se realizan en el consultorio del médico, en una clínica o en una habitación de hospital. Las máquinas de electrocardiograma son un equipo estándar en los quirófanos y las ambulancias. Algunos dispositivos personales, como los relojes inteligentes, ofrecen control de electrocardiograma. Pregunta a tu médico si esta es una opción para ti” (Clínica Alomar, 2022).

¿Por qué se realiza?

Figura Nro. 4: Electrocardiograma



Fuente: Mejor Con Salud, <https://mejorconsalud.as.com/pasos-interpretacion-electrocardiograma/>

Según la Clínica Alomar (2022) un electrocardiograma es una manera no dolorosa y no invasiva de diagnosticar muchos problemas cardíacos frecuentes en personas de todas las edades. El médico puede utilizar estos electrocardiogramas para determinar o detectar:

- Un ritmo cardíaco anormal (arritmias)
- Si las arterias obstruidas o estrechadas del corazón (enfermedad de las arterias coronarias) que están ocasionando dolor de pecho o un ataque cardíaco
- Si la persona ha tenido un ataque cardíaco previo
- Cómo están funcionando determinados tratamientos para una enfermedad cardíaca, como un marcapasos

Asimismo, la Clínica Alomar indica que “puede ser que tengas que hacerte un electrocardiograma si tienes alguno de los siguientes signos y síntomas:

- Dolor en el pecho
- Mareos, aturdimiento o confusión
- Palpitaciones cardíacas
- Pulso acelerado
- Falta de aire
- Debilidad, fatiga o disminución de la capacidad de hacer ejercicio”

Según la página de Mayo Clinic (Enero de 2022) “la American Heart Association (Asociación Estadounidense del Corazón) recomienda el uso de electrocardiogramas para evaluar a adultos de bajo riesgo que no presentan síntomas. Pero si tienes antecedentes familiares de enfermedad cardíaca, tu médico puede sugerir que te realices un electrocardiograma como examen de detección, aunque no tengas síntomas”.

En tal sentido, si los síntomas tienden a aparecer y desaparecer, puede que no se capturen durante un electrocardiograma estándar. En este caso, el médico puede recomendar un monitoreo con electrocardiograma remoto o continuo. Existen diferentes tipos:

- **“Monitor Holter.** Un monitor Holter es un pequeño dispositivo que se lleva puesto y que registra un electrocardiograma continuo, normalmente de 24 a 48 horas.
- **Monitor de eventos.** Este dispositivo portátil es similar a un monitor Holter, pero solo registra a determinadas horas durante unos pocos minutos cada vez. Puedes usarlo más tiempo que un monitor Holter, normalmente 30 días. Generalmente se presiona un botón cuando se sienten los síntomas. Algunos dispositivos registran automáticamente cuando se detecta un ritmo anormal.

a) *Riesgos:* Un electrocardiograma es un procedimiento seguro. No hay riesgo de recibir una descarga eléctrica durante la prueba porque los electrodos utilizados no producen electricidad. Los electrodos solo registran la actividad eléctrica del corazón.

Podrías sentir una leve molestia, similar a la que se siente al retirar un vendaje, cuando retiran los electrodos. Algunas personas desarrollan un ligero sarpullido en el lugar donde se colocaron los parches.

b) *Cómo prepararse:* Para un electrocardiograma estándar, no es necesaria ninguna preparación especial.

Se debe hablar con el médico sobre los medicamentos y suplementos que tomes. A menudo, estos pueden afectar los resultados de la prueba.

c) *Lo que puedes esperar:* Un electrocardiograma puede realizarse en el consultorio del médico o en un hospital y, a menudo, es realizado por un técnico o una enfermera.

d) *Antes:* Es posible que te pidan que uses una bata de hospital. Si tienes vello en las partes del cuerpo donde se colocarán los electrodos, el técnico podría afeitarte el vello para que los parches se adhieran.

Una vez que estés listo, te pedirá que te acuestes en una mesa o camilla de exploración.

- e) *Durante:* Durante un electrocardiograma, te colocan hasta 12 sensores (electrodos) en el pecho y las extremidades.

Los electrodos son parches adhesivos con cables que se conectan a un monitor. Registran las señales eléctricas que hacen que tu corazón lata. Una computadora registra la información y la muestra en forma de ondas en un monitor o en papel.

Puedes respirar normalmente durante la prueba, pero deberás quedarte quieto. La persona debe asegurarse que de estar abrigado y preparado para permanecer quieto. Si te mueves, hablas o tienes escalofríos, esto puede afectar los resultados de la prueba. Un electrocardiograma estándar demora pocos minutos.

- f) *Después:* Puedes reanudar tus actividades habituales después del electrocardiograma.

- g) *Resultados:* Tu médico podría comentarte los resultados el mismo día del electrocardiograma o en la próxima cita médica.

Si el electrocardiograma es normal, es posible que no necesites otras pruebas.

Si los resultados muestran que hay una anomalía en tu corazón, es posible que debas realizarte otro electrocardiograma u otras pruebas de diagnóstico, como un ecocardiograma.

El tratamiento depende de la causa de tus signos y síntomas.

El médico revisará la información registrada por la máquina de electrocardiograma y buscará si hay algún problema en tu corazón, incluidos los siguientes:

- **Frecuencia cardíaca.** Normalmente, puede medirse la frecuencia cardíaca al controlar el pulso.

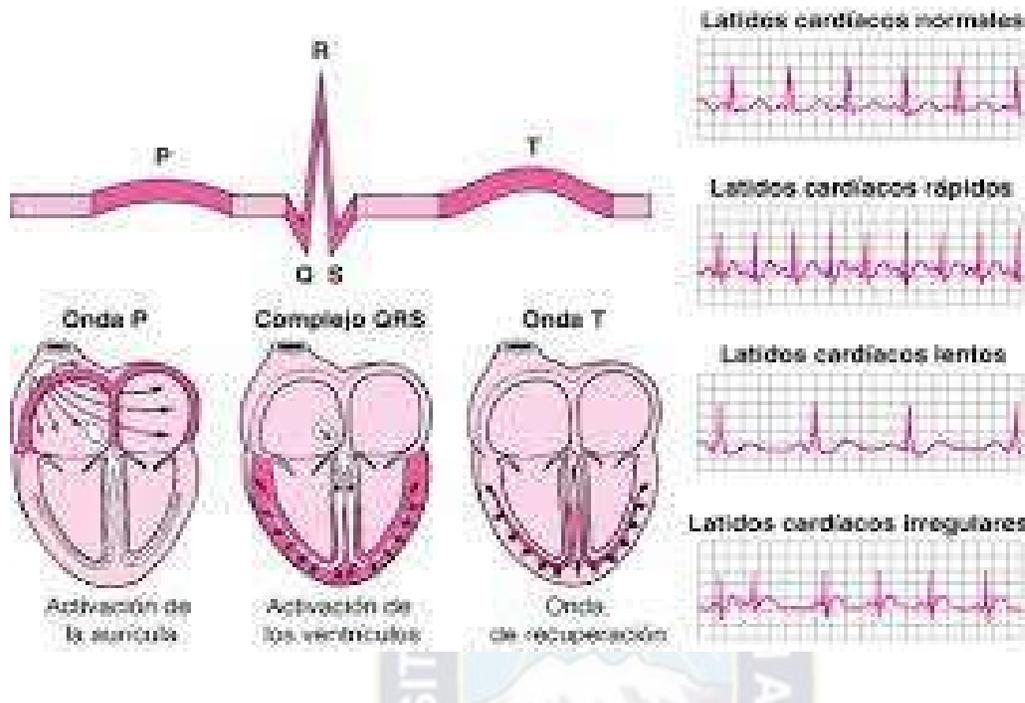
Un electrocardiograma resulta útil si es difícil detectar el pulso o si este es muy acelerado o muy irregular como para contabilizarlo con precisión.

Un electrocardiograma puede ayudar a tu médico a identificar una frecuencia cardíaca inusualmente acelerada (taquicardia) o una frecuencia cardíaca inusualmente lenta (bradicardia).

- **Ritmo cardíaco.** Un electrocardiograma puede mostrar irregularidades en el ritmo cardíaco (arritmias). Estas afecciones pueden ocurrir cuando cualquier parte del sistema eléctrico del corazón no funciona correctamente. En otros casos, los medicamentos, como los betabloqueadores, la cocaína, las anfetaminas y los medicamentos de venta libre para los resfriados y alergias, pueden provocar arritmias.
- **Ataque cardíaco.** Un electrocardiograma puede mostrar evidencia de un ataque cardíaco anterior o de uno que está ocurriendo. Los patrones observados en el electrocardiograma pueden indicar qué parte del corazón se ha dañado, así como el grado del daño.
- **Suministro inadecuado de sangre y oxígeno al corazón.** Un electrocardiograma realizado mientras ocurren los síntomas puede ayudar a tu médico a determinar si el dolor en el pecho está causado por una reducción del flujo sanguíneo al músculo cardíaco, como el dolor por angina de pecho inestable.
- **Anomalías estructurales.** Un electrocardiograma puede brindar indicios sobre el agrandamiento de las cámaras o las paredes del corazón, defectos del corazón y otros problemas cardíacos” (Mayo Clinic (Enero de 2022).

En el caso de que el médico encuentre algún problema en el electrocardiograma, podría solicitar pruebas adicionales para ver si es necesario realizar un tipo de tratamiento.

Figura Nro. 5: Lectura de ondas



Fuente: Manual msd, <https://www.msmanuals.com/es/hogar/multimedia/figure/ecg-lectura-de-las-ondas>

La Clínica Cardioneurovascular (Enero de 2022) indica que la lectura de ondas “es un estudio rápido, fácil de hacer y no invasivo que consiste en colocar una serie de electrodos en la superficie del cuerpo, de tal manera que se registra la actividad eléctrica del corazón en una serie de ondas, éstas pueden analizarse para determinar la frecuencia cardíaca, la presencia de ritmo normal o de arritmias (“pérdida del ritmo”), puede sugerir crecimiento o engrosamiento del corazón, o la presencia de áreas del músculo cardíaco con infartos antiguos o isquemia (disminución del riego sanguíneo con riesgo de un infarto)”.

Asimismo, esta clínica da las siguientes recomendaciones:

a) Recomendaciones:

1. “Para la toma adecuada del electrocardiograma la persona debe quitarse la camisa y en el caso de las mujeres también el sostén. Hay que

acostarse y es necesario retirar las prendas de metal, como pulseras, anillos, collares, etc.; además llaves y monedas de los bolsillos, pues pueden causar interferencia.

2. Se debe mantener muy quieto durante el registro para evitar interferencia.
3. La toma del registro usualmente dura menos de 2 minutos, pero puede prolongarse en caso de necesitar un registro largo para descartar arritmia.

b) Resultados:

Se obtiene un registro en la computadora y el papel. El médico hace una lectura completa e interpretación del trazo. Siempre exija el resultado pues el examen le pertenece y es importante guardarlo para poder compararlo con electrocardiogramas futuros” (Clínica Cardioneurovascular, enero de 2022).

2.2.16. Problemas de movilidad

Los problemas de movilidad pueden abarcar distintos aspectos entre los cuales tenemos:

- **Problemas de movilidad por enfermedades**

Algunas enfermedades son consideradas degenerativas ya que afectan los nervios que controlan los músculos voluntarios, estos músculos son aquellos que se pueden controlar como es el caso de brazos, piernas. Las células nerviosas llamadas neuronas envían señales que controlan estos órganos, es por esta razón que cuando las neuronas se enferman o mueren; la comunicación entre el sistema nervioso y el sistema muscular se interrumpe causando debilidad, calambres, dolores y problemas de movimiento.

- **Problemas de movilidad de los ancianos**

Los problemas de movilidad afectan principalmente a los adultos mayores, causando limitaciones en su vida diaria.

En la actualidad muchas personas han alcanzado una edad superior a los 65 años y en nuestro país se considera que forman parte del grupo de la tercera edad; en esta etapa empiezan a sufrir cambios tanto en el cuerpo como en la mente lo que les dificulta realizar actividades cotidianas.

En los adultos mayores uno de los principales problemas es la inmovilidad que deteriora significativamente su calidad de vida. Existen diferentes formas de inmovilidad entre las cuales podemos mencionar:

- Cuando los adultos mayores sufren accidentes vasculares encefálicos o traumatismos incapacitantes
- Cuando los adultos mayores sufren deterioro progresivo por una enfermedad crónica, como es el caso de osteoartritis o Parkinson.
- Algunos adultos mayores cursan fenómenos episódicos como las enfermedades autoinmunes o neuropatías de origen hidroelectrolítico o episodios que van disminuyendo progresivamente la capacidad motriz.

2.2.17. Problemas de desplazamiento

Existen personas que no cuentan con los medios necesarios para desplazarse hacia un punto donde puedan realizarse chequeos médicos de manera regular, ya sea por factores económicos, humanos o geográficos.

Algunas de las consecuencias principales de los problemas de movilidad son:

- **Sociales:** Entre los cuales tenemos pérdidas de empleo, de actividades de esparcimiento, de relaciones sociales, de capacidad de cuidar a otras personas y el autocuidado.
- **Psicológicas:** Existe la posibilidad de que tengas depresión, temor a las caídas, pérdida del control e incapacidad
- **Físicas:** Puede tener caídas, incontinencia, pérdida de fuerza y capacidad motriz, alteraciones metabólicas, trombosis, embolia, etc.

2.2.18. Ingeniería Electrónica y la Medicina

En la vida cotidiana la Electrónica ha llegado a ser un factor intrínseco, hasta el punto que su presencia pasa desapercibida, ya que utilizamos todo tipo de dispositivos electrónicos desde el momento que despertamos hasta el momento que nos acostamos.

La electrónica está presente desde nuestro nacimiento hasta la muerte, pasando por la detección del ritmo cardiaco del feto (mediante el uso de ultrasonidos), las primeras imágenes obtenidas por ecografía, monitores de parto (para detectar contracciones uterinas y a veces el sufrimiento fetal), incubadoras (con control de humedad y temperatura), hasta máquinas de rayos X y escáner, para realizar detección de enfermedades o anomalías en el cuerpo de maneras no invasivas. En conclusión, estos aparatos médicos que en su mayoría son Electrónicos ayudan enormemente al diagnóstico y posterior tratamiento para mejorar la calidad de vida.

2.2.19. Sensores

Según Maloy (Noviembre de 2021) un sensor “es un dispositivo que detecta el cambio en el entorno y responde a alguna salida en el otro sistema. Un sensor convierte un fenómeno físico en un voltaje analógico medible (o, a veces, una señal digital) convertido en una pantalla legible para humanos o transmitida para lectura o procesamiento adicional”.

“Uno de los sensores más conocidos es el micrófono, que convierte la energía del sonido en una señal eléctrica que puede amplificarse, transmitirse, grabarse y reproducirse.

Los sensores se usan en nuestra vida cotidiana. Por ejemplo, el termómetro de mercurio común es un tipo de sensor muy antiguo utilizado para medir la temperatura. Usando mercurio coloreado en un tubo cerrado, se basa en el hecho de que este producto químico tiene una reacción constante y lineal a los cambios de temperatura.

Al marcar el tubo con valores de temperatura, podemos mirar el termómetro y ver cuál es la temperatura. La precisión es algo limitada debido al tamaño visual de las marcas de escala, pero es suficiente para el propósito previsto” (Maloy, 2022).

Figura Nro. 6: Termómetro

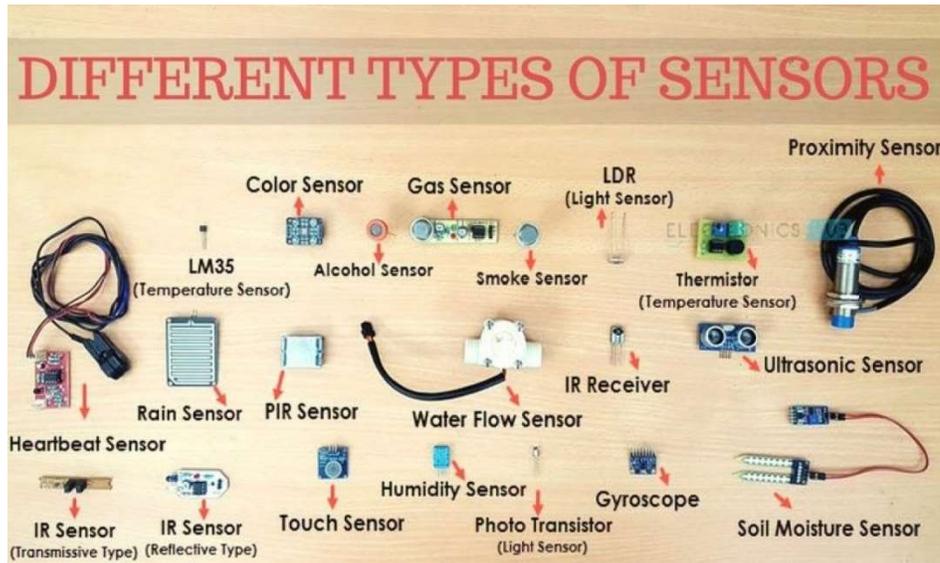


Fuente: La Sexta, https://www.lasexta.com/como-que-cuando/como-funciona-termometro-mercurio_2021121761bcb965ea16b8000193d464.html

Asimismo, no hay salida (aparte de la visual). Y este tipo de termómetro, si bien es útil en el horno o fuera de la ventana de la cocina, no es particularmente útil para las aplicaciones de adquisición de datos ya que, para registrar sus valores, debemos tener una salida que pueda digitalizarse.

Por lo tanto, los sensores de temperatura se han inventado para medir la temperatura y otros fenómenos físicos y para proporcionar una salida que podamos mostrar, almacenar y analizar (Maloy, 2022).

Figura Nro. 7: Tipos de sensores



Fuente: Prototipadolab, <https://prototipadolab.com/2018/05/05/que-son-los-sensores/>.

- **“Termopares, RTD y termistores:** para medir temperatura
- **Calibradores de tensión:** para medir la tensión en un objeto, p. presión, tensión, peso, etc.
- **Celdas de carga:** para medir peso y carga
- **Sensores LVDT:** los LVDT se utilizan para medir el desplazamiento en la distancia
- **Acelerómetros:** medición de vibraciones y golpes
- **Micrófonos:** para capturar ondas sonoras
- **Transductores de corriente:** para medir corriente CA o CC
- **Transformadores de voltaje:** para medir potenciales de alto voltaje
- **Sensores ópticos:** se utilizan para detectar luz, transmitir datos y reemplazar sensores convencionales
- **Sensores de cámara:** se utilizan para capturar imágenes 2D simples y continuas
- **Sensores digitales:** utilizados para conteo discreto de encendido / apagado, codificación lineal y rotativa, mediciones de posición, etc.
- **Sensores de posicionamiento (GPS):** se utilizan para capturar la posición longitudinal, latitudinal basada en GPS, GLONASS y otros sistemas de posicionamiento satelital. Diferentes sensores GPS con diferente precisión están disponibles.

- E incontables más.

Dependiendo del tipo de sensor, su salida eléctrica puede ser un voltaje, corriente, resistencia u otro atributo eléctrico que varía con el tiempo. Algunos sensores están disponibles con salidas digitales, por lo que generan una serie de bytes de datos escalados o no escalados. La salida de estos sensores analógicos generalmente está conectada a la entrada de un acondicionador de señal, que discutiremos en la siguiente sección.

- **Sensores de Temperatura**

Los sensores más comunes y populares para la medición de temperatura incluyen:

- Termopares
- Termistores
- RTDs,
- E incluso detectores de temperatura infrarrojos” (Maloy, 2022).

Figura Nro. 8: Tipos de sensores



Fuente: Sensoricx, <https://sensoricx.com/arduino/sensores-de-temperatura-para-arduino/>

“Millones de estos sensores funcionan todos los días en todo tipo de aplicaciones, desde la temperatura del motor que se muestra en el tablero de instrumentos de nuestro automóvil, hasta las temperaturas medidas en la fabricación de productos farmacéuticos. Prácticamente todas las industrias utilizan la medición de temperatura de alguna manera” (Maloy, 2022).

Tabla Nro. 4: Características Principales de Diferentes Sensores de Temperatura

Tipo de Sensor	Termistor	RTD	Termopar
Rango de Temperatura (típico)	-100 to 325°C	-200 to 650°C	200 to 1750°C
Exactitud (típica)	0.05 to 1.5°C	0.1 to 1°C	0.5 to 5°C
Estabilidad a largo plazo @ 100°C	0.2°C/año	0.05°C/año	Variable
Linearidad	Exponencial	Bastante lineal	No-lineal
Potencia requerida	Voltaje o corriente constante	Voltaje o corriente constante	Autoalimentado
Tiempo de respuesta	Rápido 0.12 a 10s	Generalmente lento 1 a 50s	Rápido 0.10 a 10s
Susceptibilidad al ruido eléctrico	Raramente susceptible Alta resistencia solamente	Raramente susceptible	Susceptible / Compensación de unión fría
Costo	Bajo a moderado	Alto	Bajo

Fuente: Maloy, 2022

2.2.20. Termopares

Grant indica que el termopar es el sensor de temperatura más popular en general utilizado en la actualidad debido a su costo y confiabilidad relativamente bajos. Los termopares se basan en el efecto Seebeck, que demuestra que cuando un par de metales diferentes en contacto entre sí en cada extremo están sujetos a cambios de temperatura, crean un pequeño potencial de voltaje.

“El emparejamiento de diferentes tipos de metales nos da una variedad de rangos de medición. Estos se llaman "tipos". Uno muy popular es el Tipo K, que combina cromel y alumel, lo que resulta en un amplio rango de medición de -200°C a $+1350^{\circ}\text{C}$ (-330°F a $+2460^{\circ}\text{F}$). Otros tipos populares son J, T, E, R, S, B, N y C.

Los tipos de termopares J, K, T y E también se conocen como **termopares de metal base**. Los termopares de los tipos R, S y B se conocen como **termopares de metales nobles**, que se utilizan en aplicaciones de alta temperatura.

La salida de un termopar debe ser linealizada por el sistema de medición.

También se debe hacer referencia a ella utilizando la **Compensación de Unión Fría (CJC)**. La "unión caliente" es el extremo de medición del conjunto de termopar, y el otro extremo es la unión fría, donde normalmente se encuentra la referencia. La compensación de la unión fría elimina el efecto de los voltajes generados por estas uniones frías para una medición de temperatura más precisa.

2.2.21. Desafíos del termopar

Debido a la muy pequeña salida de microvoltios y milivoltios de estos sensores, puede producirse ruido eléctrico e interferencia cuando el sistema de medición no está aislado. Los módulos de Dewesoft abordan esto de frente con un poderoso aislamiento. No hay mejor manera de rechazar los voltajes de modo común que entran en la cadena de señal.

Otra forma de reducir el ruido es colocar el sistema de medición lo más cerca posible del sensor. Evitar largas líneas de señal es una estrategia comprobada para maximizar

la fidelidad de la señal y reducir los costos. Mire nuestros instrumentos modulares SIRIUS y KRYPTON para obtener las mejores soluciones aquí.

Un CJC inadecuado resulta en lecturas incorrectas. Este conjunto debe protegerse de los cambios de temperatura ambiente para proporcionar una referencia sólida. (Maloy, 2022).

2.2.22. Sensores Ópticos

Existen varias aplicaciones para la óptica en el mercado de sensores en la actualidad:

- Sensor de luz, IR y UV
- Detección de distancia de objeto, ausencia / presencia
- Reemplazo de sensores convencionales

2.2.22.1. Detección de Luz, IR y UV

Existen innumerables aplicaciones para detectar o medir la cantidad de luz ambiental alrededor del sensor. Los ejemplos más obvios incluyen interruptores automáticos para apagar o encender las luces: esto requiere un fotodetector.

Incluso nuestros teléfonos móviles tienen un sensor de luz para que puedan ajustar automáticamente el brillo de la pantalla. La mayoría de los automóviles de hoy en día encienden sus faros automáticamente cuando termina la luz del día e incluso encienden / apagan las luces altas por la noche cuando se detecta un vehículo que se aproxima. Las cámaras automáticas miden la luz ambiental para establecer la exposición correctamente.

Las principales tecnologías utilizadas para las aplicaciones enumeradas anteriormente (y más) incluyen fotovoltaica, fotocélulas, también conocidos como fotoresistores. Están diseñados para detectar y medir la luz.

Y aunque la mayoría de estos sensores están diseñados para el espectro visible humano, algunos están diseñados para funcionar dentro del espectro infrarrojo (IR) e incluso el espectro ultravioleta (UV). El espectro IR es lo que usan muchos sistemas

robóticos, así como nuestros controles remotos de televisión en casa. La radiación IR no puede ser vista por el ojo humano, pero puede ser dañina para nuestros ojos en altas dosis, por lo que detectarla es importante por razones de seguridad entre muchas otras aplicaciones.

Figura Nro. 9: Fococélula típica



Fuente: Levan jgarkava - trabajo propio, dominio público, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=7726138>

Una fotocélula, también llamada fotorresistencia o LDR (resistencia dependiente de la luz) puede detectar la presencia y la cantidad de luz debido a sus cambios de salida en proporción con la cantidad de luz que cae sobre la celda, que tiene un patrón generalmente hecho de sulfuro de cadmio. Cuando no brilla la luz en la célula, su resistencia es extremadamente alta. Pero cuando la luz golpea la célula, su resistencia cae en proporción con la cantidad de luz.

Junto con el acondicionamiento de señal apropiado, puede usarse como un sensor de encendido / apagado, o para medir la intensidad de la luz. Según la química de la

célula, estas células pequeñas y económicas pueden detectar todo el espectro infrarrojo.

2.2.22.2. Detección de distancia de objeto, ausencia / presencia

Los fotodetectores, también conocidos como sensores de proximidad, así como su primo basado en semiconductores, el fotodiodo, se utilizan para medir la distancia hacia o entre objetos, y también para detectar la presencia o ausencia de un objeto. Estos se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones industriales, incluidas las líneas de proceso de fábrica, para asegurarse de que los objetos estén espaciados correctamente en una correa o para detectar cuándo un nuevo objeto está en posición en una correa de ensamblaje. También se utilizan en aplicaciones automotrices, detectando la presencia de otro automóvil u objeto, así como sistemas de alarma y unidades de CD y DVD.

2.2.23. Microcontrolador

“Un microcontrolador (abreviado μ C, UC o mCU) es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria. Está compuesto de varios bloques funcionales que cumplen una tarea específica. Un microcontrolador incluye en su interior las tres principales unidades funcionales de una computadora: unidad central de procesamiento, memoria y periféricos de entrada/salida” (<https://es.wikipedia.org/wiki/Microcontrolador>, 2022)

Según Wikipedia, “algunos microcontroladores pueden utilizar palabras de cuatro bits y funcionan a velocidad de reloj con frecuencias tan bajas como 4 kHz, con un consumo de baja potencia (mW o microwatts). Por lo general, tendrá la capacidad de mantenerse a la espera de un evento como pulsar un botón o de otra interrupción; así, el consumo de energía durante el estado de reposo (reloj de la CPU y los periféricos de la mayoría) puede ser solo de nanowatts, lo que hace que muchos de ellos sean muy adecuados para aplicaciones con batería de larga duración. Otros microcontroladores pueden servir para roles de rendimiento crítico, donde sea

necesario actuar más como un procesador digital de señal (DSP), con velocidades de reloj y consumo de energía más altos”.

Asimismo, wikipedia indica que cuando el microcontrolador es fabricado, no contiene datos en la memoria ROM. “Para que pueda controlar algún proceso es necesario generar o crear y luego grabar en la EEPROM o equivalente del microcontrolador algún programa, el cual puede ser escrito en lenguaje ensamblador u otro lenguaje para microcontroladores; sin embargo, para que el programa pueda ser grabado en la memoria del microcontrolador, debe ser codificado en sistema numérico hexadecimal que es finalmente el sistema que hace trabajar al microcontrolador cuando este es alimentado con el voltaje adecuado y asociado a dispositivos analógicos y discretos para su funcionamiento”.

2.2.23.1. Historia

El primer microprocesador fue el Intel 4004 de 4 bits, lanzado en 1971, seguido por el Intel 8008 y otros más capaces. Sin embargo, ambos procesadores requieren circuitos adicionales para implementar un sistema de trabajo, elevando el costo del sistema total.

El Instituto Smithsonian dice que los ingenieros de Texas Instruments Gary Boone y Michael Cochran lograron crear el primer microcontrolador, TMS 1000, en 1971; fue comercializado en 1974. Combina memoria ROM, memoria RAM, microprocesador y reloj en un chip y estaba destinada a los sistemas embebidos.²

Debido en parte a la existencia del TMS 1000,³ Intel desarrolló un sistema de ordenador en un chip optimizado para aplicaciones de control, el Intel 8048, que comenzó a comercializarse en 1977.³ Combina memoria RAM y ROM en el mismo chip y puede encontrarse en más de mil millones de teclados de compatible IBM PC, y otras numerosas aplicaciones. El en ese momento presidente de Intel, Luke J. Valenter, declaró que el microcontrolador es uno de los productos más exitosos en la historia de la compañía, y amplió el presupuesto de la división en más del 25%.

La mayoría de los microcontroladores en aquel momento tenían dos variantes. Unos tenían una memoria EPROM reprogramable, significativamente más caros que la variante PROM que era solo una vez programable. Para borrar la EPROM necesita exponer a la luz ultravioleta la tapa de cuarzo transparente. Los chips con todo opaco representaban un coste menor.

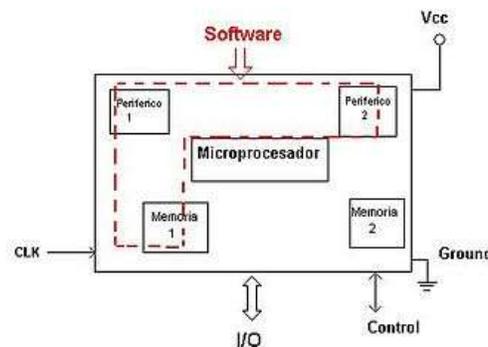
En 1993, el lanzamiento de la EEPROM en los microcontroladores (comenzando con el Microchip PIC16x84)⁴ permite borrarla eléctrica y rápidamente sin necesidad de un paquete costoso como se requiere en EPROM, lo que permite tanto la creación rápida de prototipos y la programación en el sistema. El mismo año, Atmel lanza el primer microcontrolador que utiliza memoria flash.⁵ Otras compañías rápidamente siguieron el ejemplo, con los dos tipos de memoria.

El costo se ha desplomado en el tiempo, con el más barato microcontrolador de 8 bits disponible por menos de 0,25 dólares para miles de unidades en 2009, y algunos microcontroladores de 32 bits a 1 dólar por cantidades similares. En la actualidad los microcontroladores son baratos y fácilmente disponibles para los aficionados, con grandes comunidades en línea para ciertos procesadores.

En el futuro, la MRAM podría ser utilizada en microcontroladores, ya que tiene resistencia infinita y el coste de su oblea semiconductor es relativamente bajo.

2.2.23.2. Características

Figura Nro. 10: Microprocesador



Fuente: Wikipedia, <https://es.wikipedia.org/wiki/Microcontrolador>

Esquema de un microcontrolador. En esta figura, vemos al microcontrolador metido dentro de un encapsulado de circuito integrado, con su procesador (CPU), buses, memoria, periféricos y puertos de entrada/salida. Fuera del encapsulado se ubican otros circuitos para completar periféricos internos y dispositivos que pueden conectarse a los pines de entrada/salida. También se conectarán a los pines del encapsulado la alimentación, masa, circuito de completamiento del oscilador y otros circuitos necesarios para que el microcontrolador pueda trabajar.

Los microcontroladores están diseñados para reducir el costo económico y el consumo de energía de un sistema en particular. Por eso el tamaño de la unidad central de procesamiento, la cantidad de memoria y los periféricos incluidos dependerán de la aplicación. El control de un electrodoméstico sencillo como una batidora utilizará un procesador muy pequeño (4 u 8 bits) porque sustituirá a un autómata finito. En cambio, un reproductor de música o vídeo digital (MP3 o MP4) requerirá de un procesador de 32 bits o de 64 bits y de uno o más códecs de señal digital (audio o vídeo). El control de un sistema de frenos ABS (Antilock Brake System) se basa normalmente en un microcontrolador de 16 bits, al igual que el sistema de control electrónico del motor en un automóvil.

Los microcontroladores representan la inmensa mayoría de los chips de computadoras vendidos, sobre un 50% son controladores "simples" y el restante corresponde a DSP más especializados. Mientras se pueden tener uno o dos microprocesadores de propósito general en casa (Ud. está usando uno para esto), usted tiene distribuidos seguramente entre los electrodomésticos de su hogar una o dos docenas de microcontroladores. Pueden encontrarse en casi cualquier dispositivo electrónico como automóviles, lavadoras, hornos microondas, teléfonos, etc.

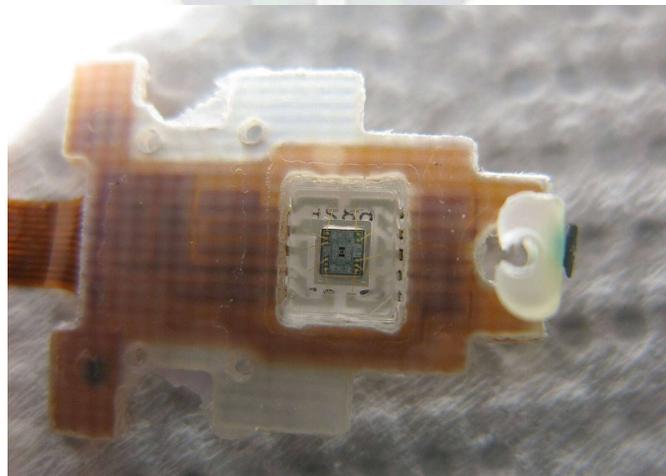
Un microcontrolador difiere de una unidad central de procesamiento normal, debido a que es más fácil convertirla en una computadora en funcionamiento, con un mínimo de circuitos integrados externos de apoyo. La idea es que el circuito integrado se coloque en el dispositivo, enganchado a la fuente de energía y de información que necesite, y eso es todo. Un microprocesador tradicional no le permitirá hacer esto, ya que espera que todas estas tareas sean manejadas por otros chips. Hay que agregarle

los módulos de entrada y salida (puertos) y la memoria para almacenamiento de información.

Un microcontrolador típico tendrá un generador de reloj integrado y una pequeña cantidad de memoria de acceso aleatorio o ROM/EPROM/EEPROM/flash, con lo que para hacerlo funcionar todo lo que se necesita son unos pocos programas de control y un cristal de sincronización. Los microcontroladores disponen generalmente también de una gran variedad de dispositivos de entrada/salida, como convertidor analógico digital, temporizadores, UARTs y buses de interfaz serie especializados, como I²C y CAN. Frecuentemente, estos dispositivos integrados pueden ser controlados por instrucciones de procesadores especializados. Los modernos microcontroladores frecuentemente incluyen un lenguaje de programación integrado, como el lenguaje de programación BASIC que se utiliza bastante con este propósito.

Los microcontroladores negocian la velocidad y la flexibilidad para facilitar su uso. Debido a que se utiliza bastante sitio en el chip para incluir funcionalidad, como los dispositivos de entrada/salida o la memoria que incluye el microcontrolador, se ha de prescindir de cualquier otra circuitería.

Figura Nro. 11: Fotodetector típico de una unidad de CD



Fuente: **Jacopo Werther / CC BY-SA** (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>)

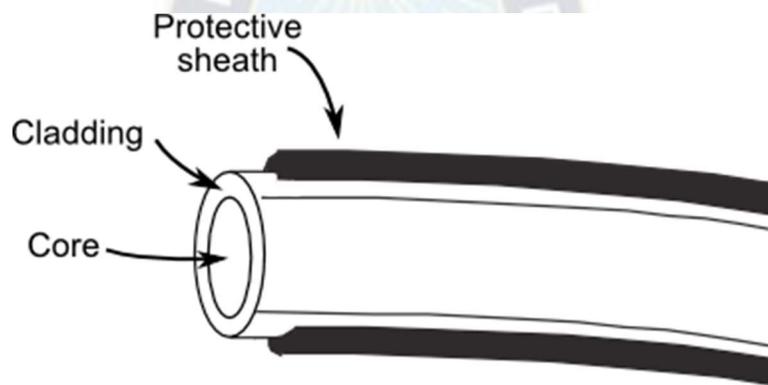
2.2.24. Reemplazo de Sensores Convencionales

El siguiente nivel es usar la óptica para hacer la detección en sí, aumentando y reemplazando los sensores de tecnología convencionales como medidores de tensión, acelerómetros, sensores de temperatura y más. Se agregará más sobre esta nueva tendencia a este artículo en un futuro próximo, así que por favor revise nuevamente.

2.2.25. Transmisión de Fibra Óptica

Además del rendimiento del sensor, otra ventaja es la transmisión de fibra óptica de los datos del sensor en comparación con el uso de cables de cobre

Figura Nro. 12: Construcción de cable de fibra óptica



Fuente: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f0/Fiber-optic-construction.png>

Hoy en día, la fibra óptica se utiliza en lugar de la transmisión eléctrica para enviar señales de un punto a otro. Vemos esto incluso en nuestros propios hogares, donde la fibra se usa para llevar la televisión e Internet a nuestros hogares a velocidades de transmisión que son más altas que el cable convencional. La transmisión de fibra óptica también proporciona varias ventajas distintas sobre la transmisión eléctrica, que incluyen:

- Inmune a la interferencia magnética.

- Inmune a la resistencia y al calentamiento.
- Ruta de transmisión de señal muy larga sin pérdida de señal
- Se pueden reducir múltiples cables de señal a un solo cable delgado
- Ancho de banda muy alto

Aplicaciones de sensores ópticos

- Encender / apagar luces automáticamente, sistemas de alarma
- Aplicaciones de procesos de fábrica, líneas de montaje, sistemas de transporte.
- Robótica, dirección del movimiento y detección.
- Detectores de humo
- Análisis de muestras médicas.
- Buscadores de rango láser, gafas de visión nocturna
- Abrepuertas automáticos

2.2.26. Ventajas de los Sensores Ópticos

- La transmisión de fibra óptica es de muy alta velocidad y no es susceptible a la interferencia de la interferencia electromagnética y otras fuerzas externas.
- Los sensores ópticos son sin contacto y, por lo tanto, de larga duración.
- La mayoría de los sensores ópticos son económicos y bastante pequeños.

Desventajas de los Sensores Ópticos

- Las fotocélulas (también conocidas como fotoresistores) son relativamente lentas para reaccionar a los cambios de luz.

CAPITULO III

3.1. Modalidad de Investigación.

En el presente proyecto de investigación se recurrió a las siguientes modalidades de investigación:

Investigación bibliográfica, ya que es una herramienta necesaria para iniciar el proceso investigativo; la explicación científica de las partes de este proyecto se sustenta en libros, artículos, revistas, documentos, direcciones electrónicas.

Investigación Aplicada la información recolectada se aplica para la solución del problema planteado utilizando métodos y procedimientos adecuados.

3.2. Recolección de Información.

Para la recolección de información se utilizarán fuentes bibliográficas como libros, artículos técnicos, etc. relacionado con la temática propuesta con los cuales se pretende tener una idea general sobre las ventajas y desventajas del proyecto planteado.

Mediante la experimentación se podrá realizar pruebas del funcionamiento del dispositivo y de esta manera corregir errores que permitan mejorar el desempeño del mismo.

3.3. Población y Muestra

Para el presente proyecto de investigación no se necesitará población y muestra, ya que es un trabajo bibliográfico basado en parámetros generales de salud de las personas.

3.4. Procesamiento de datos.

Para el procesamiento de datos se tendrá en cuenta las siguientes actividades:

- Revisión de la documentación obtenida durante la recolección de información presentando una descripción ordenada sobre los ámbitos específicos a estudiarse en el presente proyecto.

- Análisis de la información lo que permitirá plantear estrategias para la solución del problema
- Interpretación de la información que contribuirá a desarrollar la solución para el problema planteado

3.5. Desarrollo del proyecto.

- Revisión de los requerimientos de hardware y software del proyecto.
- Realización de los acondicionamientos de señal y calibración para los distintos tipos de sensores escogidos.
- Establecimiento de las reglas de sensado, rangos y su respectiva variación, dependiendo de parámetros externos.
- Construcción ergonómica de la estructura del dispositivo, priorizando la movilidad del usuario.
- Determinación de los patrones de movimiento para la detección de caídas.
- Análisis e integración de los tipos de tecnologías de comunicación necesarias para la detección de caídas
- Construcción del software para la detección y transmisión de alertas.
- Realización de pruebas de funcionamiento que permitan la corrección de errores.

CAPITULO IV

4.1. Sensores

4.1.2. Sensores de temperatura

Dadas las necesidades del proyecto se requiere un sensor que trabaje dentro del rango de la temperatura corporal humana, que oscila entre 35o y 41° considerando los rangos de hipotermia e hipertermia. Adicionalmente debe ser compatible con los microcontroladores y ser de fácil adquisición, por ello se han considerado las siguientes opciones.

4.1.2.1. Lm 35

El sensor LM35 es un sensor de temperatura con una precisión calibrada de 0.5oC y un rango que abarca desde -55o a +150oC. El costo de este sensor es \$2.5 en Ecuador [20]. En la figura se puede apreciar el sensor LM35. Fuente: Texas Instruments, LM35 [20]

El sensor Lm35 es un dispositivo de fácil manejo, que nos provee las características adecuadas para el desarrollo del proyecto; una de estas es el tamaño que permite tener un sensado adecuado y también una comodidad para el paciente.

4.1.2.2. MCP 9808

Es un sensor de temperatura desarrollado por Microchip, tiene registros programables por el usuario que proporcionan flexibilidad para aplicaciones de detección de temperatura. Los registros permiten ajustes seleccionables por el usuario como el modo de bajo consumo, la especificación de eventos temperatura y límites de salida críticos [21]. 27 En la figura 4.2 se aprecia el sensor MCP9808.

Fig. 4.3 Circuito Integrado MCP9808

Fuente: Farnell [21]

4.1.2.3. Sensor DS18B20 WP

Cada pin está separado por un tubo termo contraíble para evitar cortocircuitos; es un sensor a prueba de agua y humedad. Otra de las características es que su resolución es 9 – 12 bits, su rango de operación oscila entre -55oc a 125oc [22].

En Ecuador el costo de este sensor es de \$13, en la figura 4.3 se puede apreciar el sensor DS18B20WP. Fig.4.4 Sensor DS18B20 WP

Fuente: MaximIntegrated [22] 28

4.2. Diseño construcción y pruebas

Los pacientes que superan un infarto al corazón, cuentan con una segunda oportunidad de vida, que implica el cambio de hábitos de vida y monitoreo de los signos vitales constantes para prevenir un nuevo ataque. Entre los monitoreos de rutina, un paciente debería poder realizar la medición de sus signos vitales en su propio hogar para alertar a cerca de un posible nuevo ataque por esta razón elaboramos este prototipo de un medidor de signos vitales que nos alerte cuando un paciente está en riesgo de sufrir un infarto cardiaco.

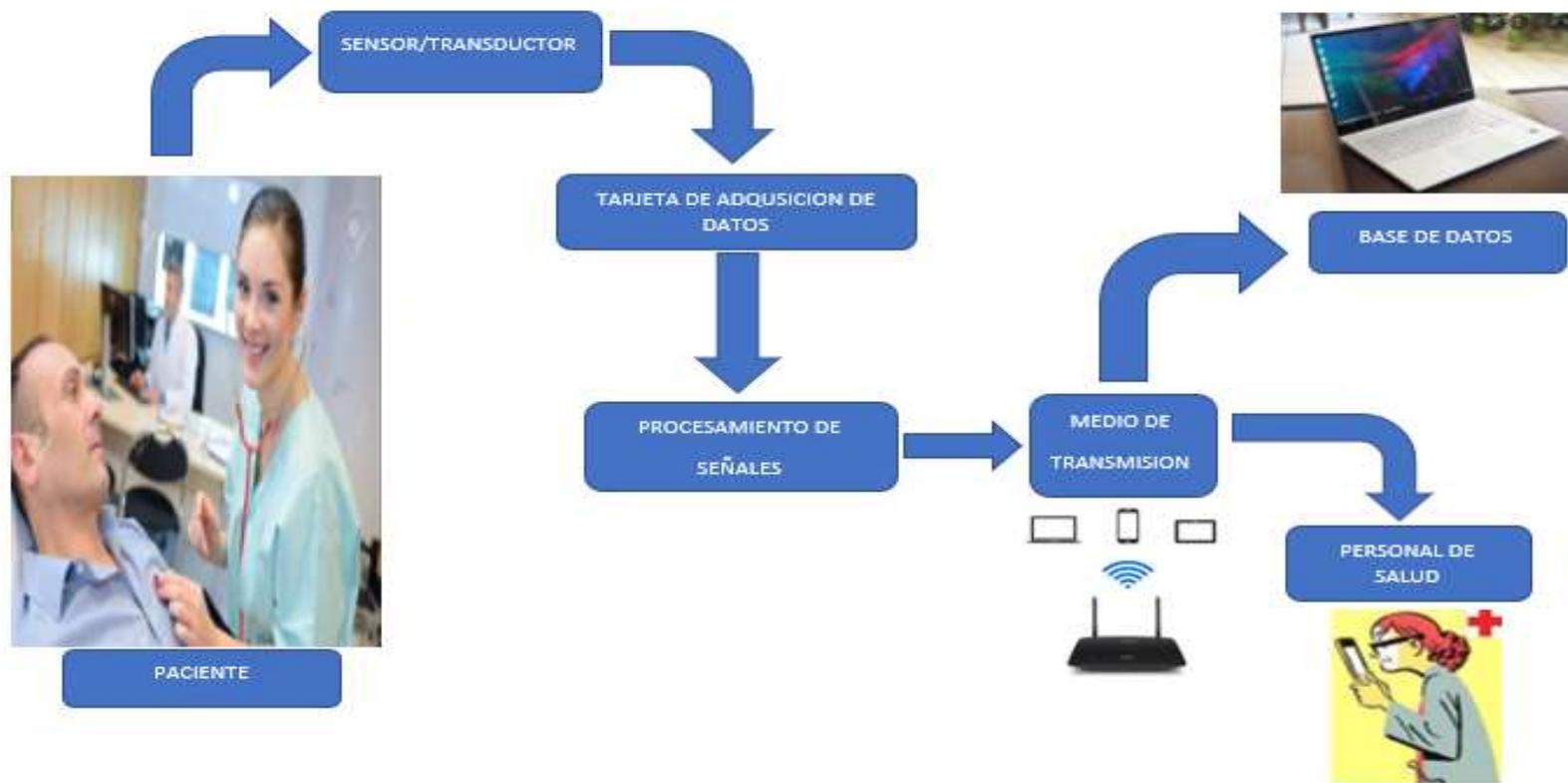
Para lo cual primero obtendremos del paciente sus signos vitales de una forma segura, entre ellos La frecuencia cardiaca, el ritmo cardiaco, la temperatura, el flujo del aire, para luego mandar estos signos a un concentrado de datos o procesador de señales el cual mediante ethernet nos permitirá enviarlo a una base de datos y ver las gráficas y resultados para así tener un diagnostico preliminar si el paciente está o no en riesgo de sufrir un infarto cardiaco.

4.3. Esquema General del Sistema

El proceso de toma y adquisición de datos o signos vitales del paciente se lo realizara de forma segura sin provocar ningún daño al paciente, luego estos datos serán enviados al módulo o procesador de datos el cual nos votara los resultados de si el paciente esta con riesgo de sufrir infarto cardiaco.

Luego estos datos serán enviados mediante ethernet a una computadora o base de datos donde se podrán interpretar y almacenar los datos del paciente como un historial clínico.

Esquema Nro. 1: Esquema General del Sistema



Fuente: Elaboración propia

4.4. Diseño e implementación del Prototipo

Para la implementación del prototipo se realizó una serie de métodos y pasos de diseño indicados a continuación

- Toma, recolección y obtención correcta y segura de datos de los signos vitales de los pacientes mediante los sensores biomédicos.
- Una vez obtenidos los datos se envía los mismos al concentrador o modulo ESP32
- Programar la tarjeta ESP 32 Para adquirir las señales de los signos vitales, su procesamiento y su transmisión mediante Ethernet a la computadora y almacenarlo a una base de datos.
- Crear un programa que almacene estos datos obtenidos de las pruebas a los pacientes.
- Ensamblar todo el sistema para su presentación.

4.5. Adquisición de los signos vitales

4.5.1. Temperatura

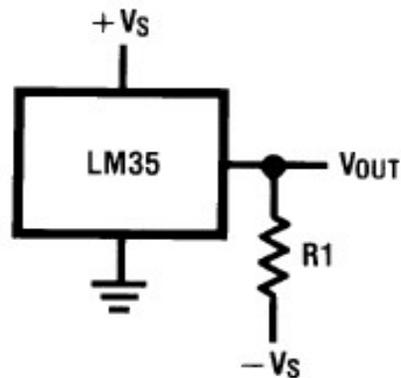
Para la recolección de datos de la temperatura corporal se empleó el sensor LM35 debido a la reacción t detección rápido al cambio de temperatura muy útil para medir la temperatura corporal de los pacientes.

Figura Nro. 13: Sensor LM35



Fuente: Elaboración propia

Figura Nro. 14: Configuración usada para el sensor de Temperatura



Fuente: Nota Tecnológica, <https://notatecnologica.com/dispositivos/lm35/>

El Sensor de Temperatura LM35 es un circuito integrado de precisión de temperatura, cuyo voltaje de salida es lineal mente proporcional a grados centígrados. Se puede presentar de diferentes encapsulados, pero uno de los más comunes es el TO-92.

El LM35 permite medir el cambio de temperatura de un cuerpo o de un objeto en un rango de -55°C hasta 150°C , el las aplicaciones más comunes son: termómetro, aplicaciones remotas, termostato casero jardinería y en sistemas de monitoreo industrial.

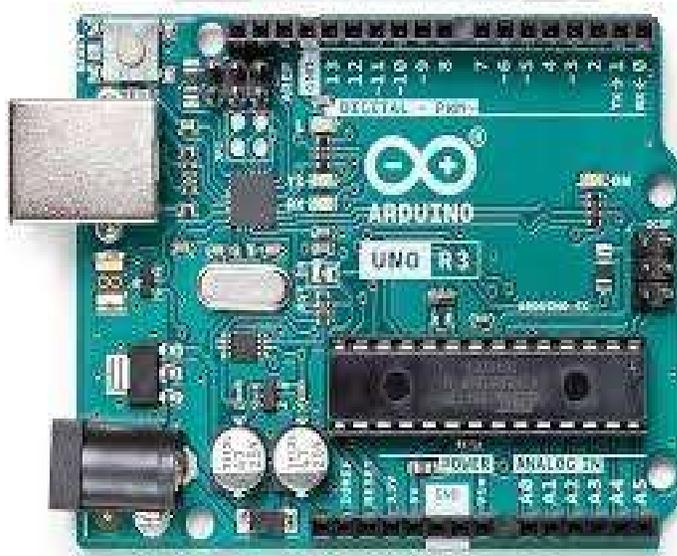
4.5.2. Especificaciones y características

- Calibrado: $^{\circ}$ Celsius (centígrado)
- Factor de escala: lineal $+ 10.0 \text{ mV} / ^{\circ}\text{C}$
- Precisión: 0.5°C garantiza (a $+25^{\circ}\text{C}$)
- Rango de medición: -55°C a $+150^{\circ}\text{C}$
- Voltaje de Operación: 4 a 30 V
- Corriente de Trabajo: Menos de $60 \mu\text{A}$
- Salida: Baja impedancia, 0.1Ω para 1mA de carga
- Peso: 0.24 g

debe ser el sistema en lugar de su comportamiento específico y pueden ser de algunos tipos como: rendimiento, interfaz, operación, recursos, comprobación, documentación, seguridad, calidad y mantenimiento (Alquina, 2017).

De acuerdo a la comparación establecida, la mejor opción de las analizadas es la tarjeta de desarrollo Arduino. Este Hardware tiene integrado un módulo WiFi 802.11, un puerto Ethernet, y se puede conectar al servidor de Internet, sus capacidades de procesamiento, además del sistema operativo basado en Linux (Debian), admiten archivos en extensiones como PHP, HTML y Javascript. Y su alimentación es de bajo consumo (5 V DC a 2A).

Figura Nro. 16: Circuito



Fuente: Alquina, 2017

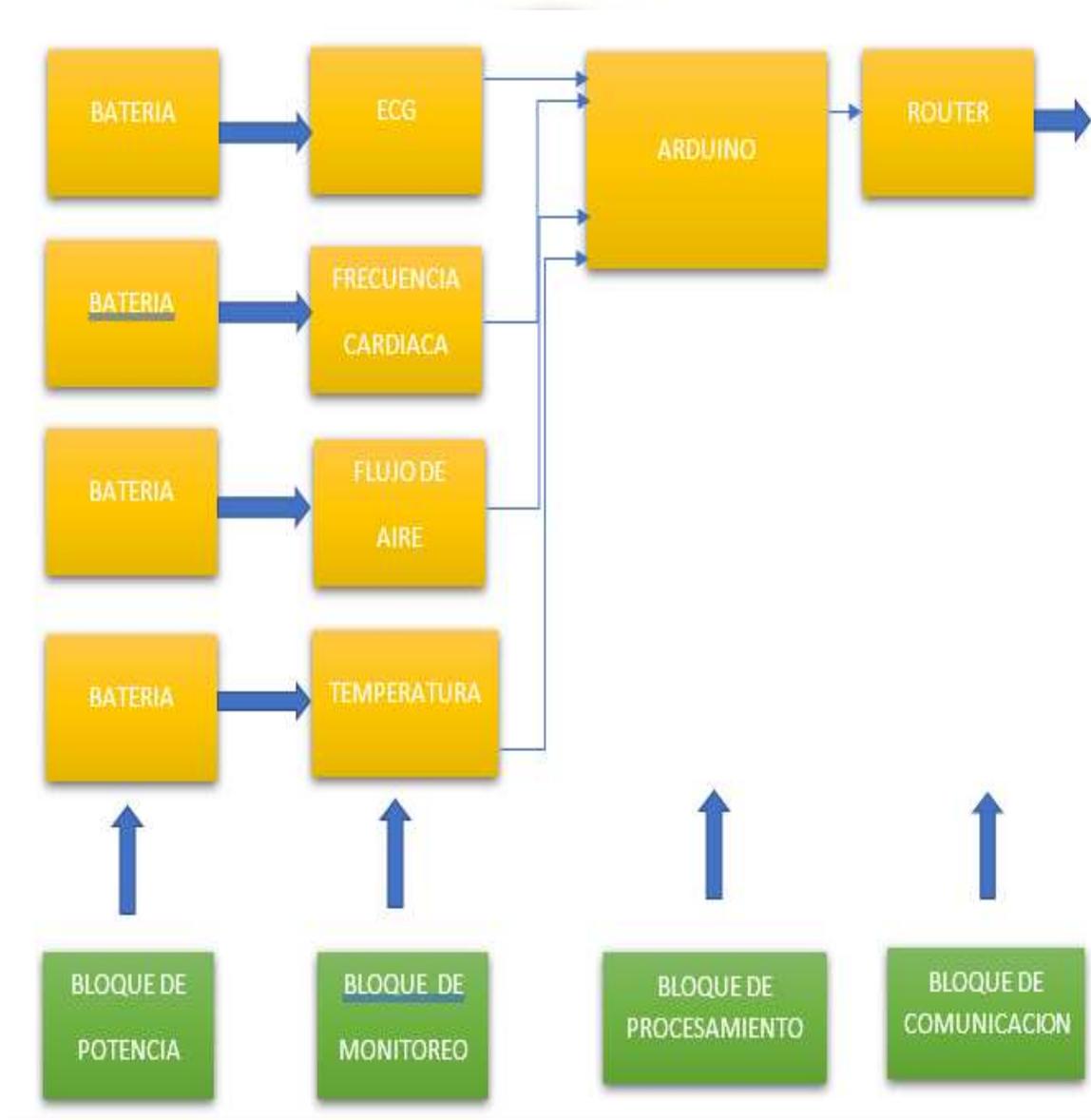
4.7. Diseño del hardware

El enfoque básico del trabajo presentado, nace en la obtención de signos vitales a través de sensores, es decir, dispositivos que convierten una señal de una variable física a una señal correspondiente que tiene forma física diferente, que por lo general es eléctrica (Pallàs-Areny & Webster, 2001).

Lo que se debe realizar es un acondicionamiento de las señales obtenidas de los signos vitales que consiste en circuitos electrónicos que realizan funciones como amplificación, cambio de nivel, filtrado, ajuste de impedancia, modulación y demodulación; sin embargo, de acuerdo a la finalidad, la función puede diferir.

A continuación, se muestra un acondicionamiento general del circuito:

Esquema Nro. 3: Acondicionamiento general del circuito



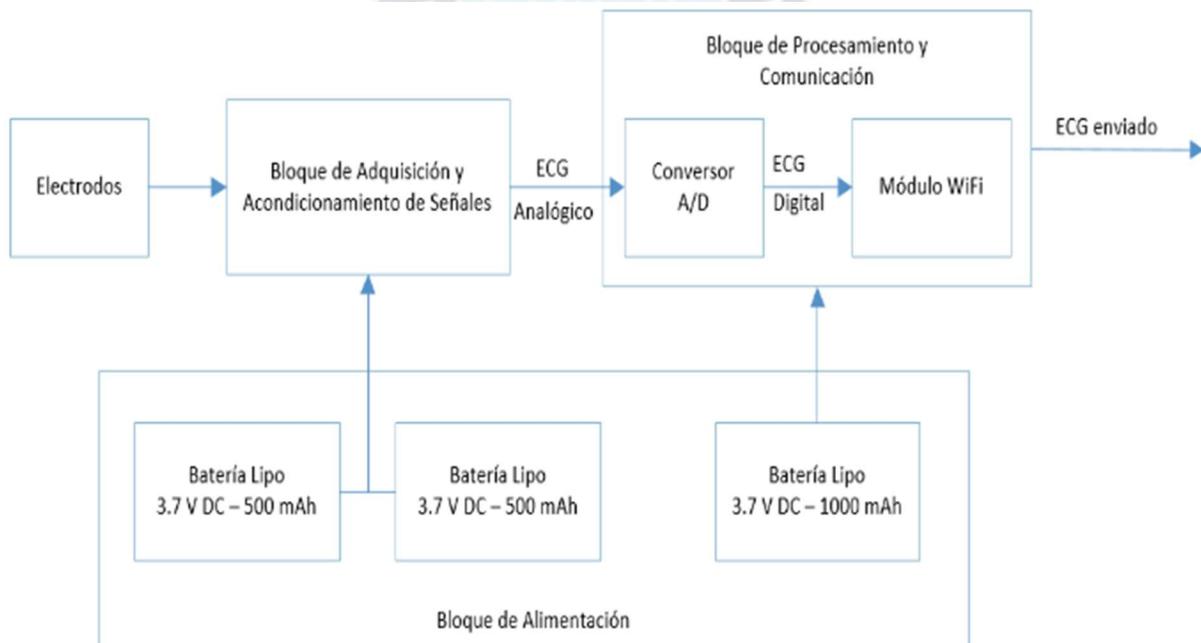
Fuente: Elaboración propia

4.8. Nodo sensor ECG

Los electrodos operan como sistema de transducción que se conecta al bloque de adquisición y acondicionamiento de señales en cuya salida se obtiene la señal analógica de electrocardiograma, misma que de inmediato ingresa al conversor análogo/digital del Bloque de Procesamiento y Comunicación (tarjeta ESP32) para ser digitalizada a 12 bits de resolución, y posteriormente enviada mediante el módulo inalámbrico WiFi hacia el Gateway/Concentrador. El bloque de alimentación se conecta tanto al bloque de Adquisición como al de Procesamiento y Comunicación.

A continuación, se muestra el diagrama de bloques del nodo ECG:

Esquema Nro. 4: Diagrama de bloques del nodo ECG



Fuente: Elaboración propia

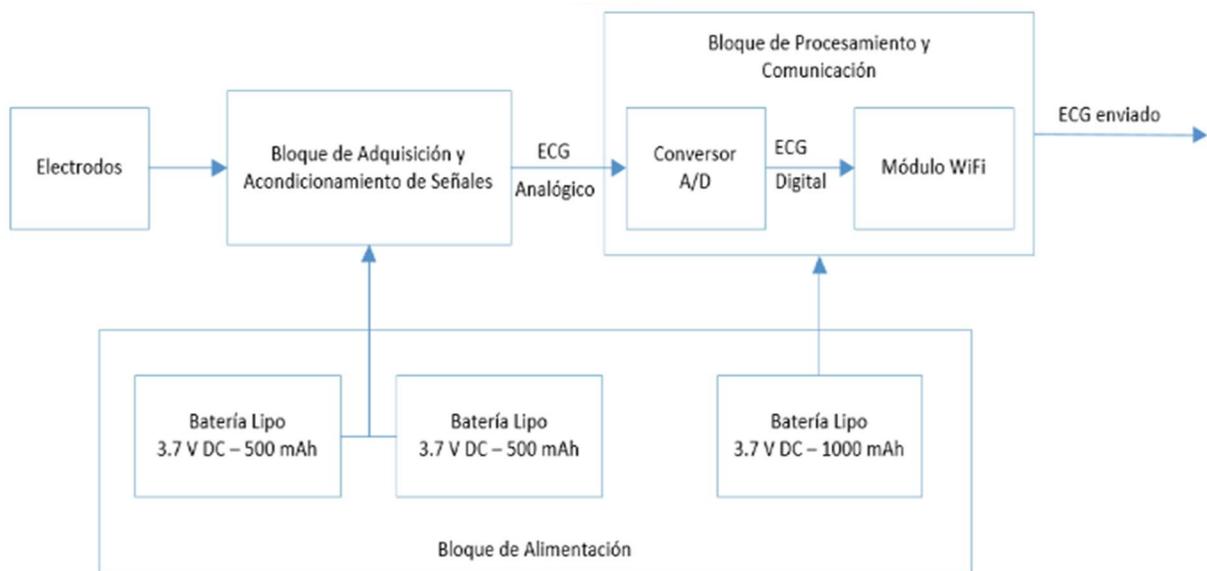
4.9. Nodos de Frecuencia Cardiaca

Los electrodos operan como sistema de transducción que se conecta al bloque de adquisición y acondicionamiento de señales en cuya salida se obtiene la señal analógica de electrocardiograma, misma que de inmediato ingresa al conversor

análogo/digital del Bloque de Procesamiento y Comunicación (tarjeta ESP32) para ser digitalizada a 12 bits de resolución, y posteriormente enviada mediante el módulo inalámbrico WiFi hacia el Gateway/Concentrador. El bloque de alimentación se conecta tanto al bloque de Adquisición como al de Procesamiento y Comunicación.

A continuación, se muestra el diagrama de bloques del nodo de frecuencia cardíaca:

Esquema Nro. 5: Diagrama de bloques del nodo ECG



Fuente: Elaboración propia

4.10. Nodos de Temperatura

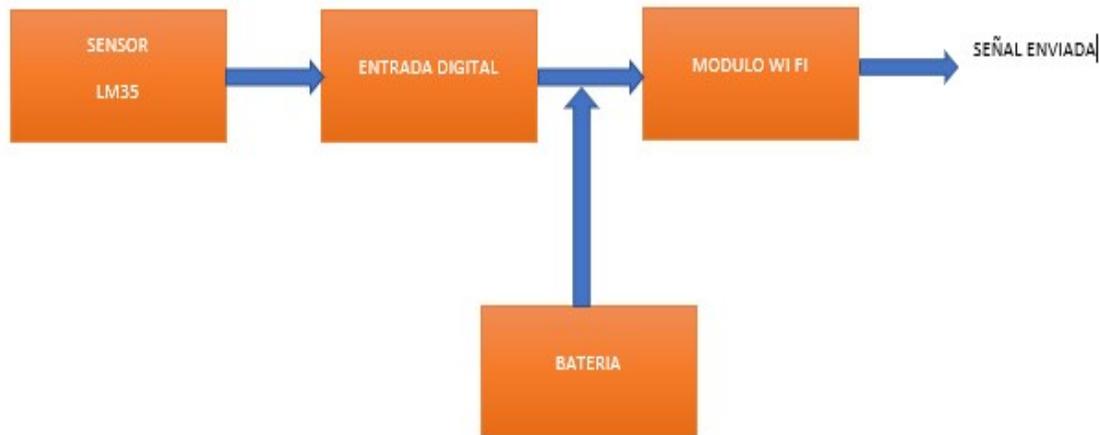
Podemos observar que el diagrama de bloques es más simple, puesto que el sensor es digital y no necesita un circuito de acondicionamiento para poder obtener las mediciones, únicamente se polariza y se conecta a una entrada digital del Bloque de Procesamiento y Comunicación que posteriormente se enlaza con el módulo WiFi inalámbrico que envía el valor de la temperatura directamente a la base de datos del servidor web.

El diseño del circuito implementado se observa en la Figura 32. Se puede ver que la alimentación se la realiza a través del pin VCC, la conexión a tierra mediante el pin GND y la 70

conexión parásita a través de la resistencia pull-up de 4.7 KΩ conectada desde la salida de los datos (DQ) hacia la alimentación.

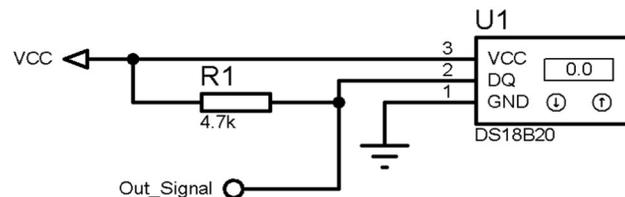
El diagrama de bloques se muestra a continuación:

Esquema Nro. 6: Diagrama de bloques



Fuente: Elaboración propia

Figura Nro. 17: Circuito general:

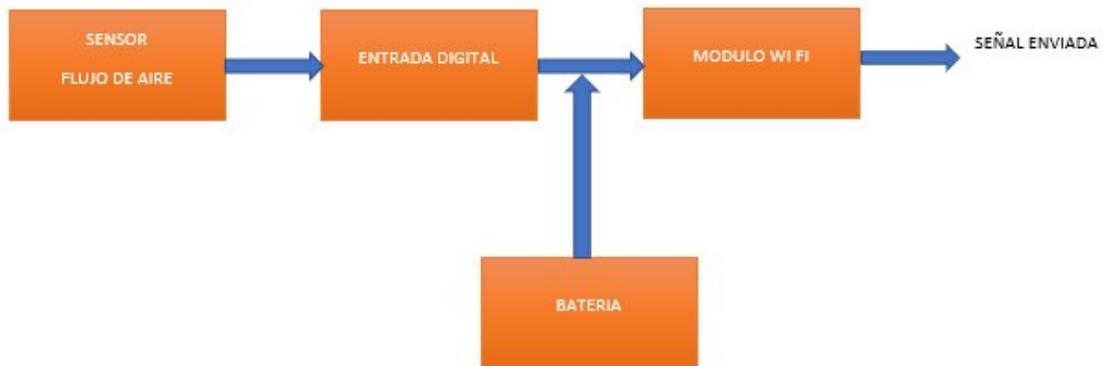


Fuente: Elaboración propia

4.11. Nodo flujo de Aire

Podemos observar que el diagrama de bloques es más simple, puesto que el sensor es digital y no necesita un circuito de acondicionamiento para poder obtener las mediciones, únicamente se polariza y se conecta a una entrada digital del Bloque de Procesamiento y Comunicación que posteriormente se enlaza con el módulo WiFi inalámbrico que envía el valor del flujo de aire directamente a la base de datos del servidor web.

Esquema Nro. 7: Diagrama de bloques

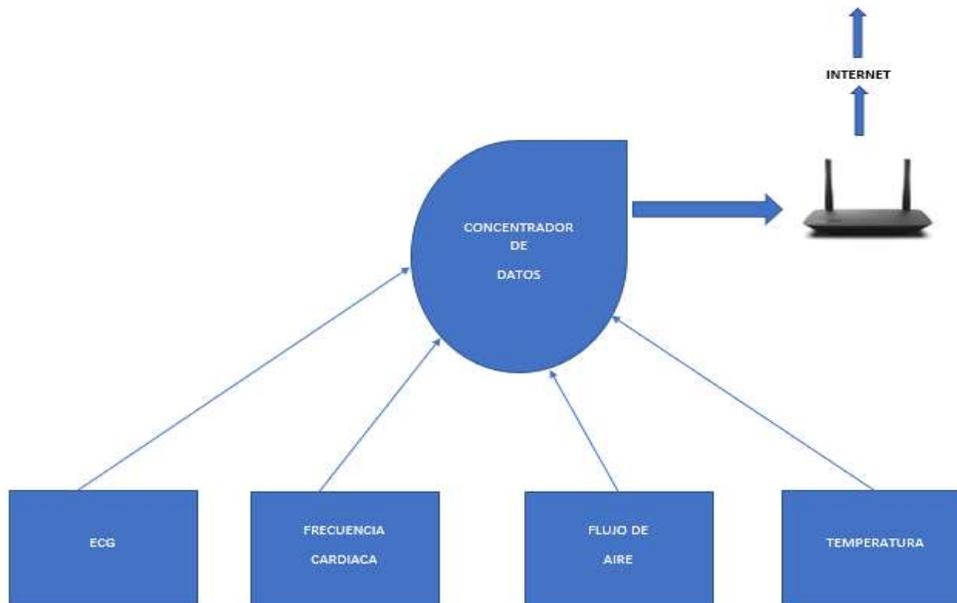


Fuente: Elaboración propia

4.12. Concentrador de datos

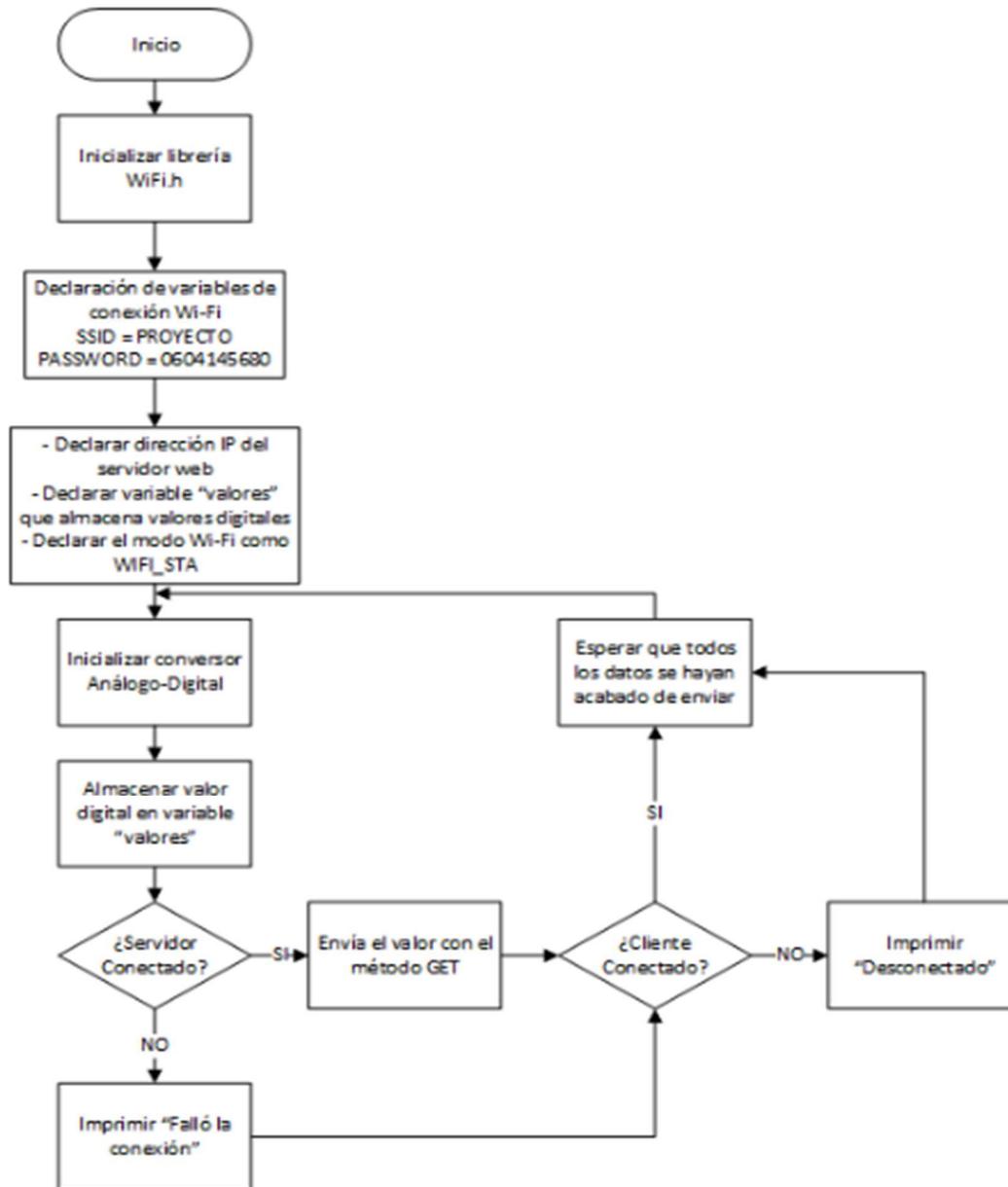
El concentrador de datos para esta aplicación realiza las veces de Gateway adquiriendo los datos que vienen de los sensores de ECG, Frecuencia Cardíaca, Flujo de aire y Temperatura para posteriormente enviarlos a la base de datos en Internet.

Esquema Nro. 8: Concentrador de datos



Fuente: Elaboración propia

Esquema Nro. 9: Concentrador de datos

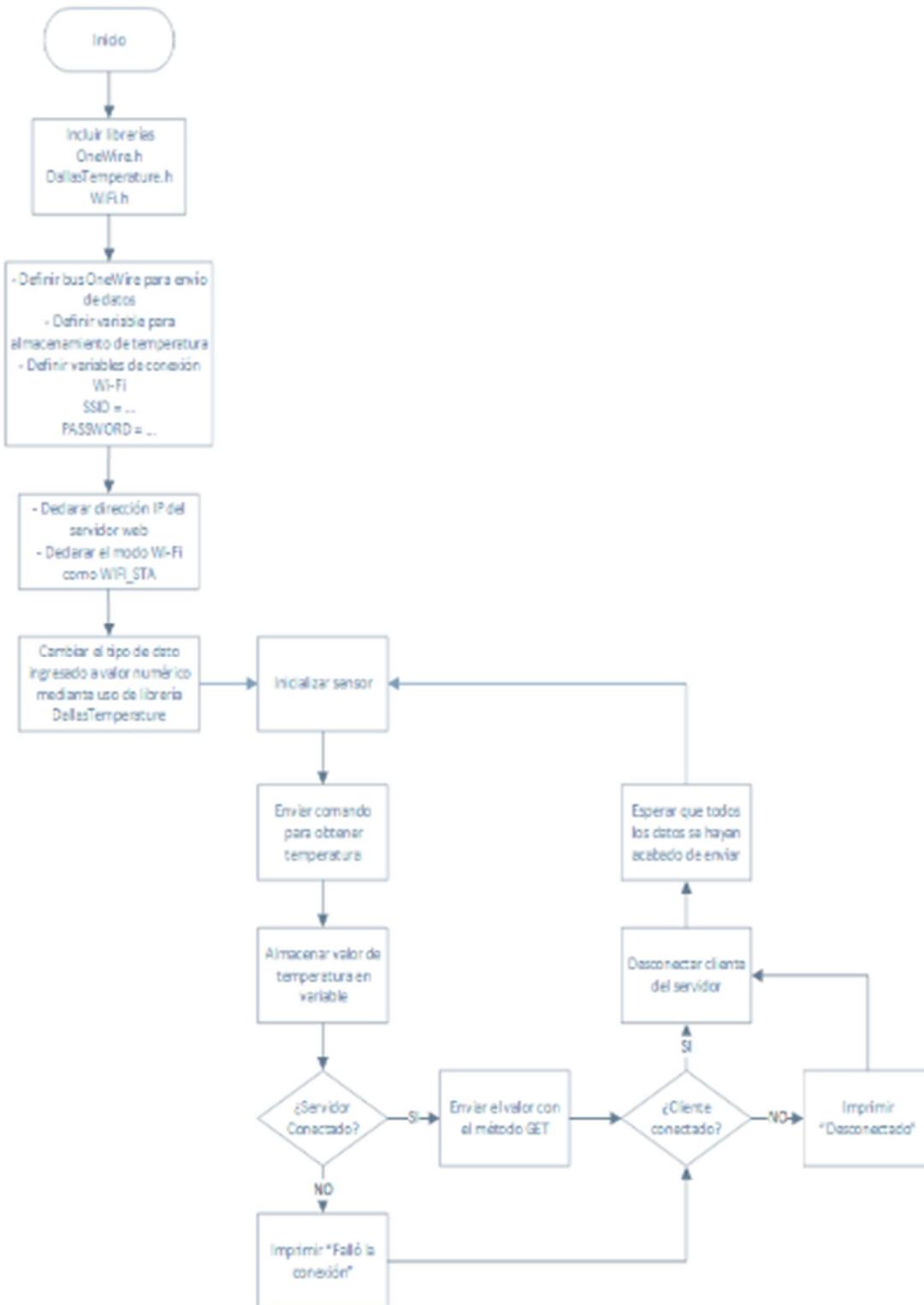


Fuente: Elaboración propia

4.13. Diseño de la base de datos

Después de que se obtienen las señales y datos de los signos vitales medidos por los sensores, estos deben recepcionarse y almacenarse en una base de datos para luego su análisis y su representación gráfica en la página web.

Esquema Nro. 10: Diseño base de datos



Fuente: Elaboración propia

Tabla Nro. 5: Tabla de variables

TABLA	VARIABLE
Tipo de dato	Datosecg
Tseg	int(10)
ECG	int(11)
idusuario	int(10)
id	int(10)

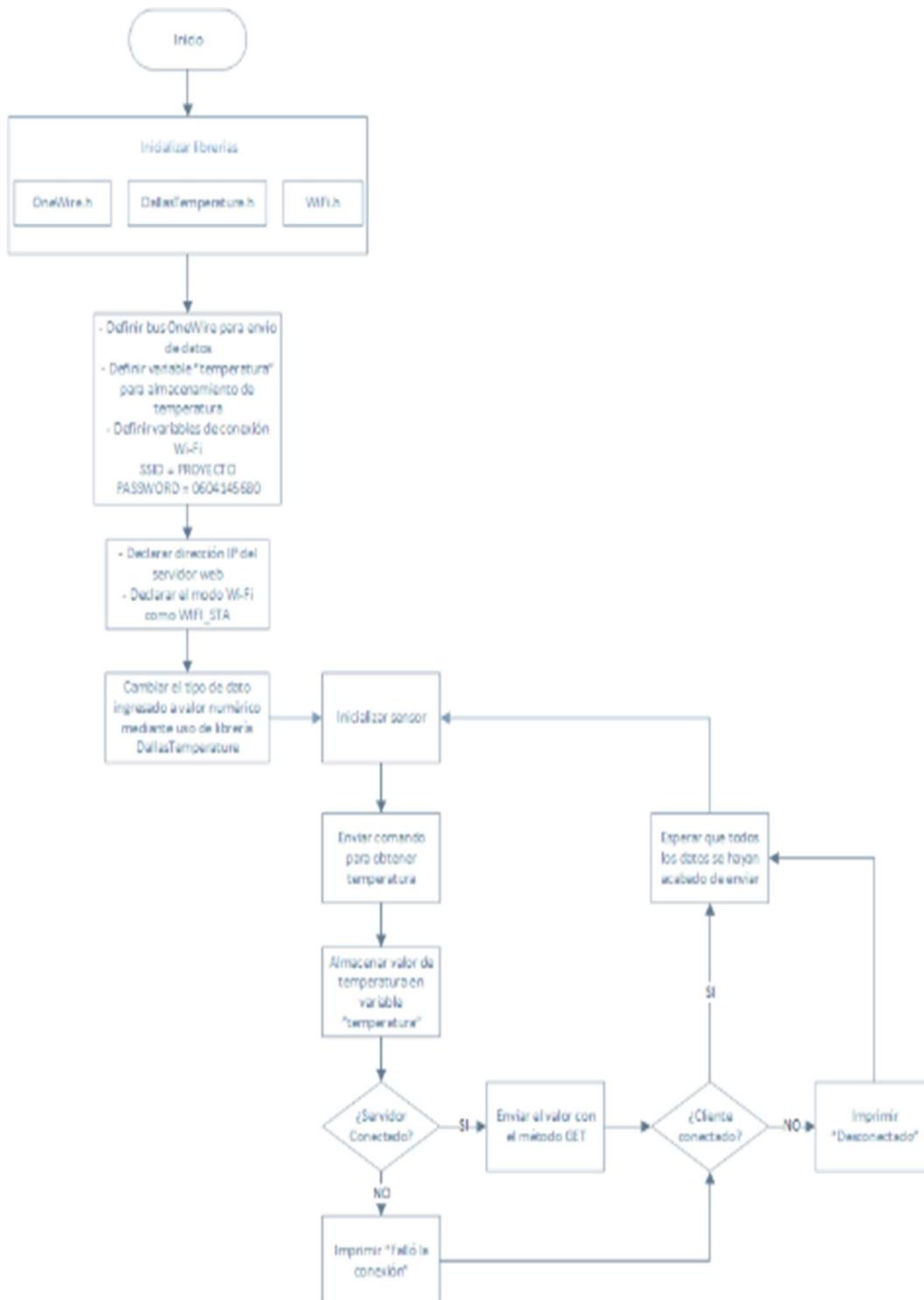
Fuente: Elaboración propia

Tabla Nro. 6: Tabla de variables

TABLA	VARIABLE
Tipo de dato	Datostemp
Tseg	int(10)
Temp	float(10,2)
Tipo	Varchar
Idusuario	int(10)
Id	int(10)

Fuente: Elaboración propia

Esquema Nro. 11: Diagrama entidad-relación para las tablas



Fuente: Elaboración propia

El diagrama entidad-relación para las tablas que almacenan los valores en las bases de datos se observa.

```
#include "WiFiEsp.h"//libreria para el módulo wifi

#include <SoftwareSerial.h>//libreria puertos seriales virtuales

#include "TimerOne.h"

SoftwareSerial esp(3, 4); // RX | TX inicializa el wifi

int status = WL_IDLE_STATUS;//verifica el estado de la conexión wifi

WiFiEspServer server(80);//inicia el servicio http del wifi

RingBuffer buf(100);//buffer de recepción de peticiones

IPAddress ip ;

int ecg,presion,pulso;

float temp;

void setup ()

{

    delay(1000);

    Serial.begin(9600);//abro terminal de pruebas a 9600 baudios

    esp.begin(9600);//comunicación con el wifi a 9600 baudios

    pinMode(11,0);//pin como entrada

    pinMode(10,0);

    delay(500);//retardo de 500 milisegundos

    WiFi.init(&esp);//conexión arduino con el wifi

    //IPAddress localIp(192, 168, 50, 10);//se configura la ip al wifi
```

```

IPAddress localIp(192, 168, 10, 29);//se configura la ip al wifi

WiFi.config(localIp);//se establece la ip

if (status != WL_CONNECTED) //se verifica la conexion con el router
{
    status = WiFi.begin("OZZ_LIZ","OZZ72090736");//datos del router
    //status = WiFi.begin("web_medical","12345678");//datos del router
}

ip = WiFi.localIP();//ip del wifi

Serial.print("SSID: ");

Serial.println(WiFi.SSID());//imprimo en la terminal la asignacion de la ip y el
ssid

Serial.print("DIRECCION IP: ");

Serial.println(ip);

Serial.print("WEB SERVER EN: http://");

Serial.println(ip);

server.begin();//inicio el servicio http del wifi

Timer1.initialize(1000000);

Timer1.attachInterrupt(lectura);

Timer1.start();

attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(2),aire,RISING);

}

void loop()

{

```

```

WiFiEspClient client = server.available();//peticion del cliente http

if(client)//se verifica la peticion
{
    buf.init();                // almacena los datos en el buffer de la peticion

    while (client.connected()) //mientras exista la peticion
    {
        if (client.available()) //se verifica el tipode peticion
        {
            char c = client.read(); //se lee el dato
            buf.push(c); //se almacena en buffer
            if (buf.endsWith("\r\n\r\n")) //se verifica el fin de la peticion
            {
                //se envia el formulario html al servidor web de la pc
                client.print("<!DOCTYPE HTML>");
                client.print("<html>");
                client.print("<head><title>ETHERNET</title>");
                client.print("<meta http-equiv=\"Content-Type\" content=\"text/html; charset=utf-8\" ></head>");
                client.print("<body>");
                //client.print("<form action=\"http://192.168.50.11/web_medical/index.php\"
method=\"post\" name=\"esp\" id=\"esp\" >");
                client.print("<form
action=\"http://192.168.10.13/web_medical/index.php\" method=\"post\" name=\"esp\"
id=\"esp\" >");
                client.print("<br />ecg<input name=\"ecg\" value=\"\">");

```

```

client.print(ecg);

client.print("\n />");

client.print("<br />presion<input name=\"presion\" value=\"\" ");

client.print(presion);

client.print("\n />");

    client.print("<br />temp<input name=\"temp\" value=\"\" ");

client.print(temp);

client.print("\n />");

    client.print("<br />pulso<input name=\"pulso\" value=\"\" ");

client.print(pulso);

client.print("\n />");

client.print("</form>");

client.print("<script> document.esp.submit();</script>");

client.print("</body></html>");

client.println();

break;

}

}

}

client.stop();

}

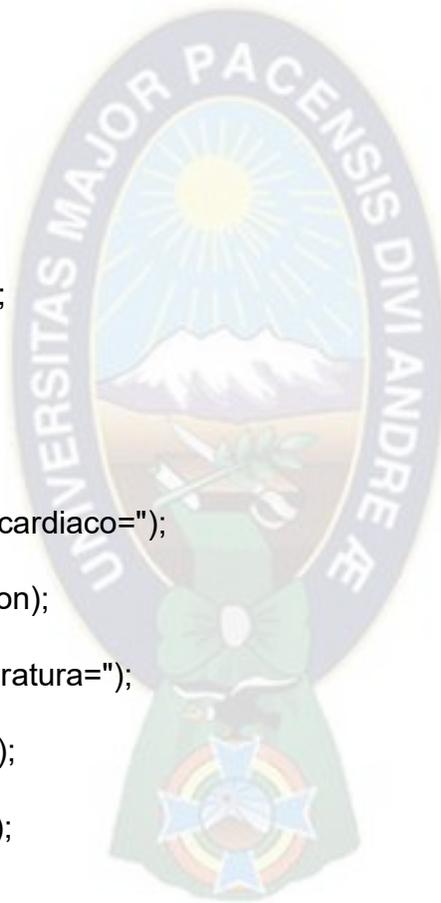
}

void lectura()

```

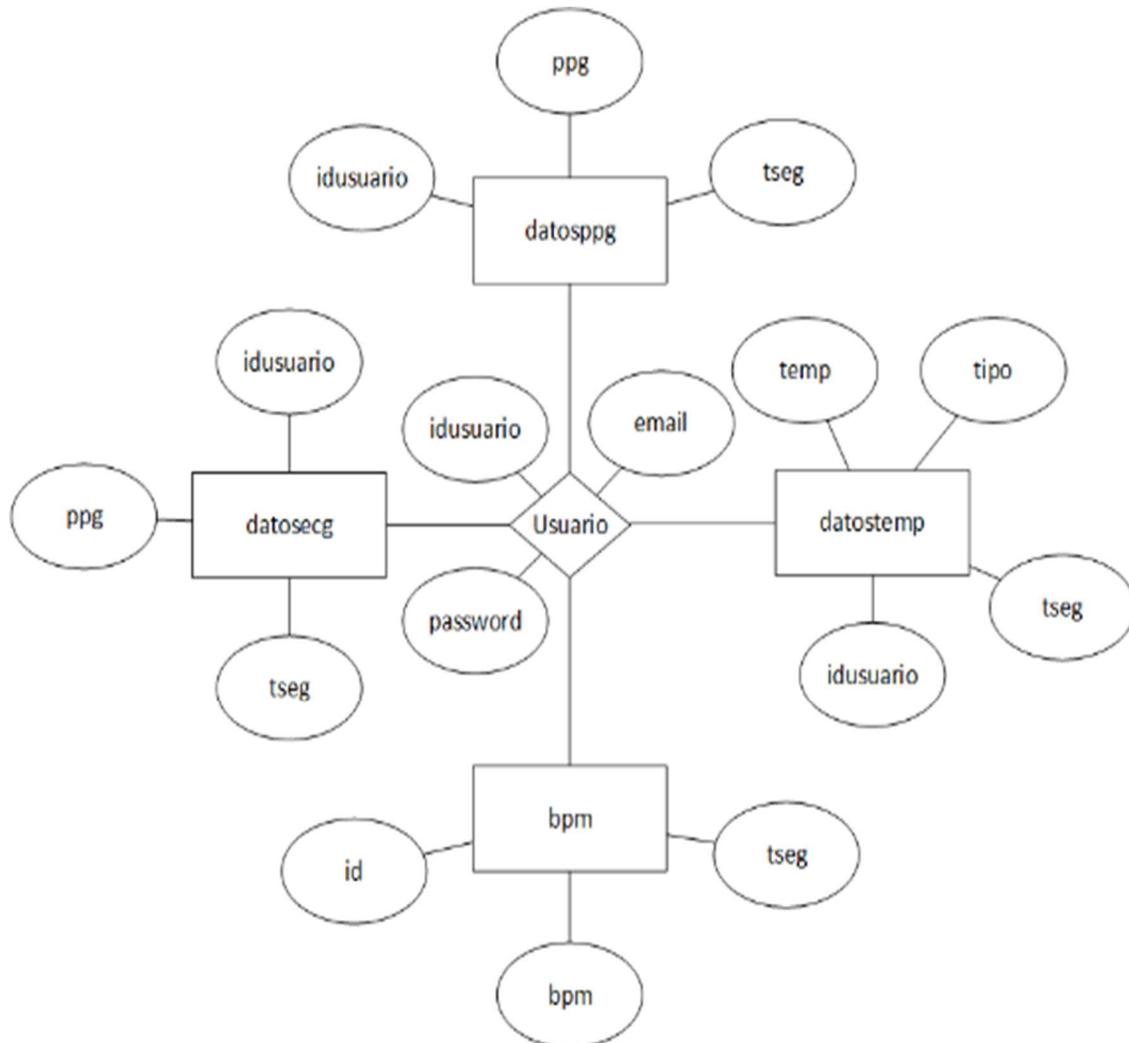
```
{  
  
    presion=analogRead(A0);  
  
    temp=analogRead(A1)*0.48875;  
  
    if((digitalRead(10) == 1)|| (digitalRead(11) == 1))  
    {  
ecg=0;  
    }  
    else  
    {  
ecg=analogRead(A2);  
    }  
  
    Serial.print("pulso cardiaco=");  
    Serial.println(presion);  
    Serial.print("temperatura=");  
    Serial.println(temp);  
    Serial.print("ecg=");  
    Serial.println(ecg);  
  
    Serial.print("respiracion=");  
    Serial.println(pulso);  
  
    pulso=0;  
  
}
```

void aire()



```
{  
    pulso++;  
}
```

Esquema Nro. 12: Diagrama entidad-relación



Fuente: Elaboración propia

4.14. Diseño web

El diseño web consta de una serie de archivos realizados en varias extensiones como HTML, PHP, Javascript, entre otras. Este diseño lleva inmerso una serie de

requerimientos funcionales y no funcionales a partir de los cuales se decide crear todo el servicio en la nube.

4.15. Diseño página web para inicio de sesión 80

El diseño de la parte Web debe tener la particularidad de ser fácil de utilizar por el personal médico o a cargo de la observación y que muestre los datos que se están obteniendo constantemente.

Este diseño toma en cuenta la seguridad de acceso al sistema, por lo cual incluye una sección en la que se pueda iniciar sesión con un usuario y una contraseña; y así poder tener acceso a las opciones de visualización que se ofrecen en la página.

El bosquejo de la página de Inicio se muestra en la Figura.

Figura Nro. 18: Bosquejo página de inicio



Inicio de Sesión

Ingrese su usuario y contraseña para poder ingresar al servicio

Usuario

Contraseña

Aceptar

Fuente: Elaboración propia

El Usuario debe ser un correo electrónico personal, y la clave de ingreso no tiene un número de caracteres definidos. Tanto el usuario como la contraseña, por lo tanto, pueden ser alfanuméricos.

En caso de Ingresar mal, ya sea usuario o contraseña, la página devuelve un mensaje indicando que hubo un error en la escritura y que intente de nuevo, este proceso se repite hasta que los campos ingresados son correctos.

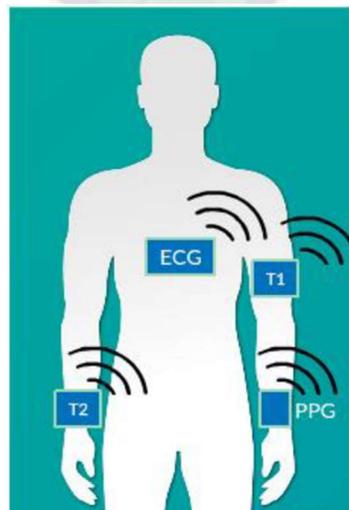
4.16. Implementación del Sistema de Monitoreo

Una vez diseñadas tanto las partes de hardware como de software por separado, el siguiente paso es unir ambos eslabones para complementar el Sistema de Monitoreo. En primer lugar se debe tener clara la disposición de cada nodo sensor a lo largo del cuerpo humano, con el fin de medir correctamente cada uno de los signos vitales en cuestión, la disposición se puede observar en la Figura 45, en donde se detalla que el nodo ECG va en el pecho, el nodo PPG en la muñeca y conectado el sensor al dedo, al igual que uno de los nodos de temperatura (T2), mientras que el nodo de temperatura restante se ubica en la cercanía a la axila (T1).

Los prototipos de Hardware ya implementados se pueden observar en la Figura 46, Figura 47, Figura 48 y Figura 49, así como la descripción de las partes de los mismos, cada uno de estos está contenido en una caja de PLA (Polylactic acid, ácido poliláctico) material no tóxico al contacto con la piel.

Una vez definida la localización de los nodos en el cuerpo es necesario diseñar la arquitectura del sistema, es decir, definir cómo se conectan los dispositivos en la red. Para esto se recurre al diagrama de donde se indica el escenario final con el que se debe probar el sistema de monitoreo.

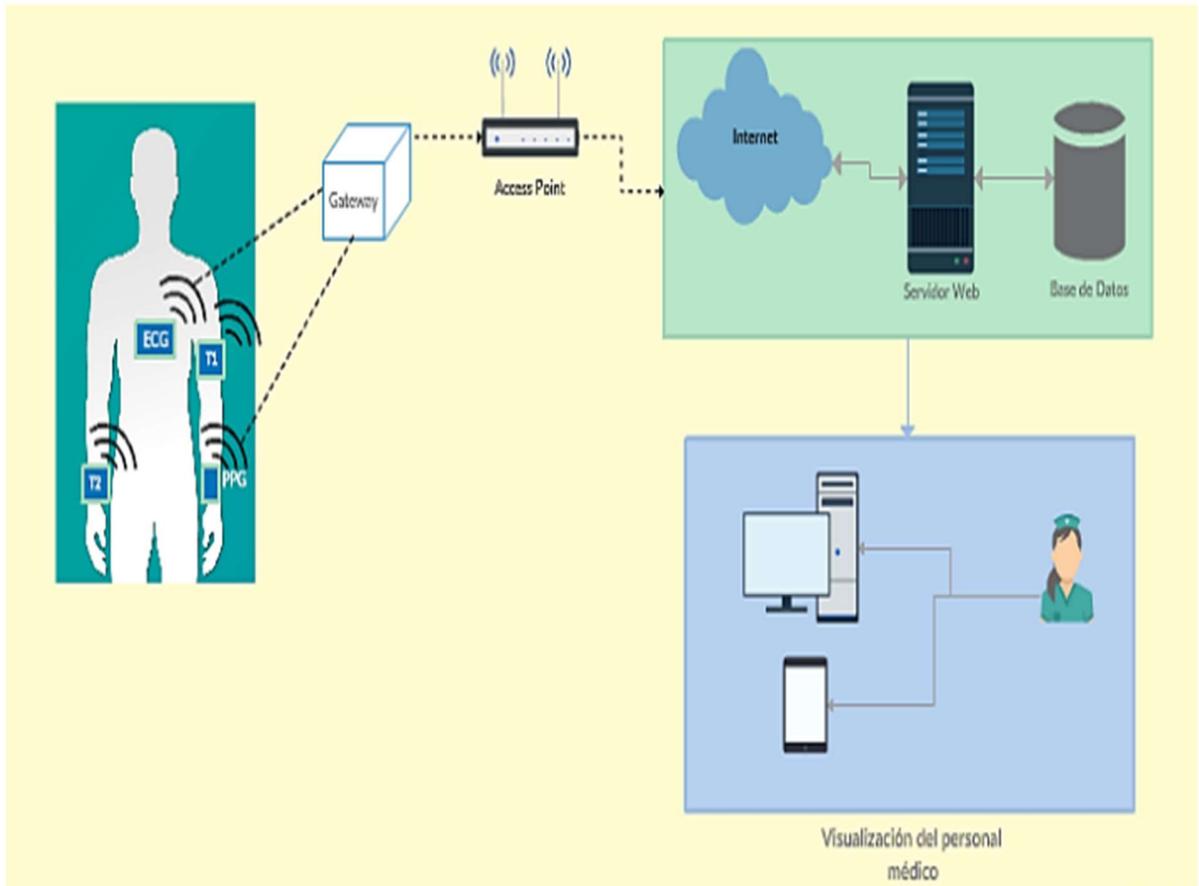
Figura Nro. 19: Sistema de monitoreo



Fuente: Elaboración propia

Cada uno de los nodos se comunica de forma inalámbrica en una red implementada con un Access Point que tiene conexión a internet, de forma externa el usuario puede acceder a la información que devuelven los sensores y observar en tiempo real a través de un navegador.

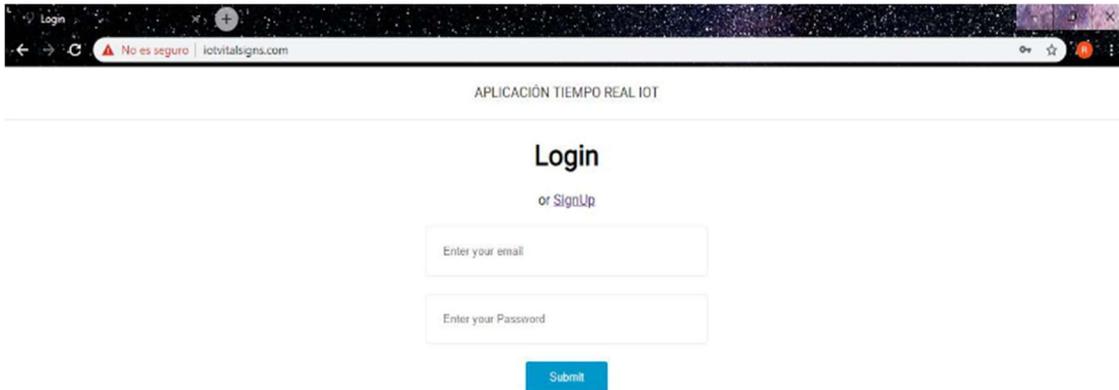
Figura Nro. 20: Sistema de monitoreo



Fuente: Elaboración propia

El diseño de la aplicación Web finalizada se puede observar en la Figura 51, Figura 52, Figura 53, Figura 54 y Figura 55, así como el detalle de la descripción de cada una de las páginas que la conforman. Finalmente, el diseño de la base de datos se presenta en la Figura 56. En la que se observan cada una de las tablas creadas, mismas que almacenan los datos de los signos vitales que envían cada uno de los sensores.

Figura Nro. 21: Inicio de sesión



Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la tabla comparativa se muestran las principales características de los sensores:

Tabla Nro. 7: Tabla comparativa de los sensores de temperatura

Sensor/Característica	Lm35	MCP 9808	DS18B20 WP
Rango de voltaje de operación	4 a 30 v	2.7V a 5.5V	3.0V a 5.5V
Precisión	0.5 °C	0.5 °C	0.5 °C
Rango de temperatura de operación	-55 °C a +150 °C	-20°C a 125°C	-55°C a +125°C
Consumo de corriente	60 uA	200 µA	200 µA
Líneas de comunicación	1	2	2

Fuente: Elaboración propia

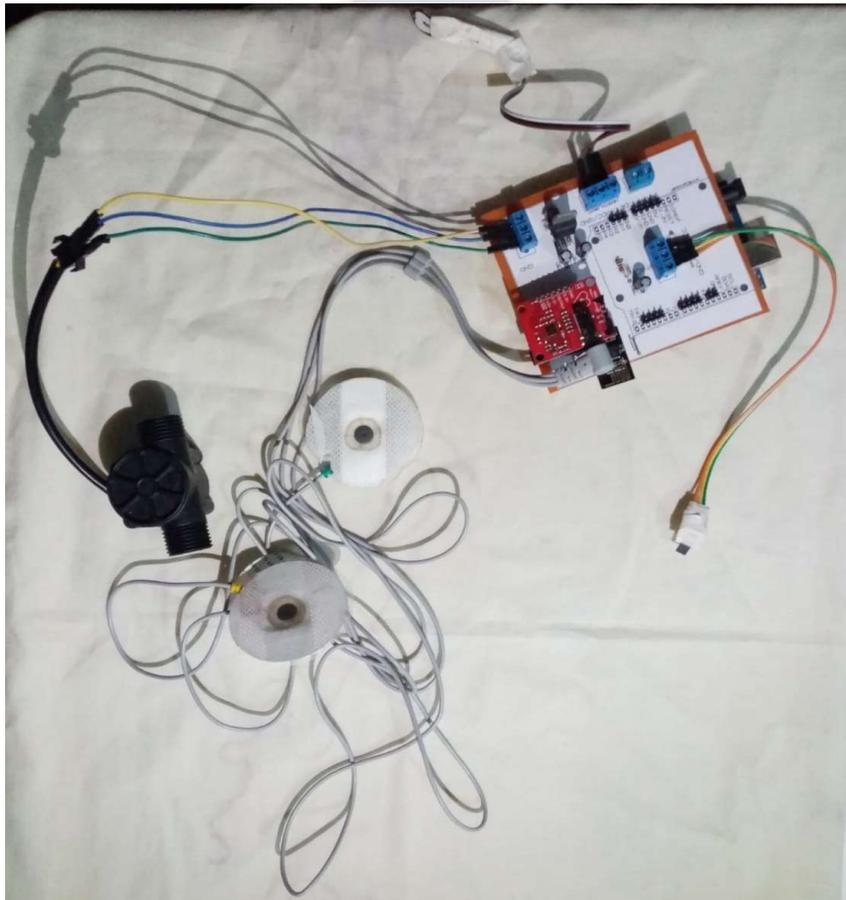
CAPITULO V

VALIDACIÓN DEL PROYECTO

5.1. Pruebas de Funcionamiento

La validación del prototipo se realizó mediante la toma de los signos vitales a varias personas.

Figura Nro. 22: Prototipo



Fuente: Elaboración propia

5.2. Temperatura

Para la temperatura se realizó dos medidas al paciente, uno con un termómetro axilar y el otro con el prototipo en intervalos de 10 segundos.

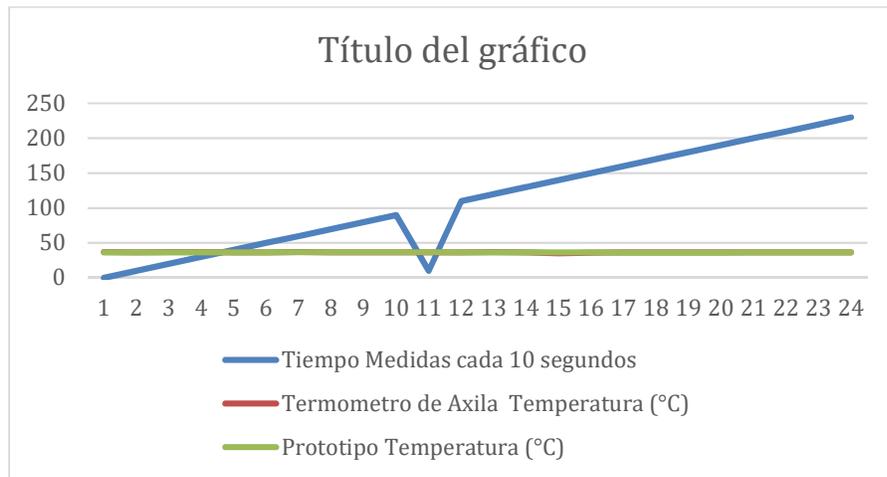
Obteniendo la siguiente tabla:

Tabla Nro. 8: Tabla temperatura prototipo

Tiempo	Termómetro de Axila	Prototipo	ERROR
Medidas cada 10 segundos	Temperatura (°C)	Temperatura (°C)	
0	36,8	36,5	0,3
10	36,5	36,5	0
20	36,9	36,5	0,4
30	37	36,5	0,5
40	36,5	36,5	0
50	36,5	36,6	0,1
60	36,8	36,7	0,1
70	36,5	36,7	0,2
80	36,5	36,7	0,2
90	36,6	36,7	0,1
100	36,6	36,7	0,1
110	36,7	36,5	0,2
120	36,9	36,5	0,4
130	36,7	36,5	0,2
140	35,2	36,5	1,3
150	36,2	36,5	0,3
160	36,5	36,2	0,3
170	36,5	36,2	0,3
180	36,5	36,2	0,3
190	36,5	36,2	0,3
200	36,6	36,4	0,2
210	36,6	36,4	0,2
220	36,5	36,5	0
230	36,5	36,4	0,1
		Promedio	0,254166667
		Máximo	1,3
		Mínimo	0

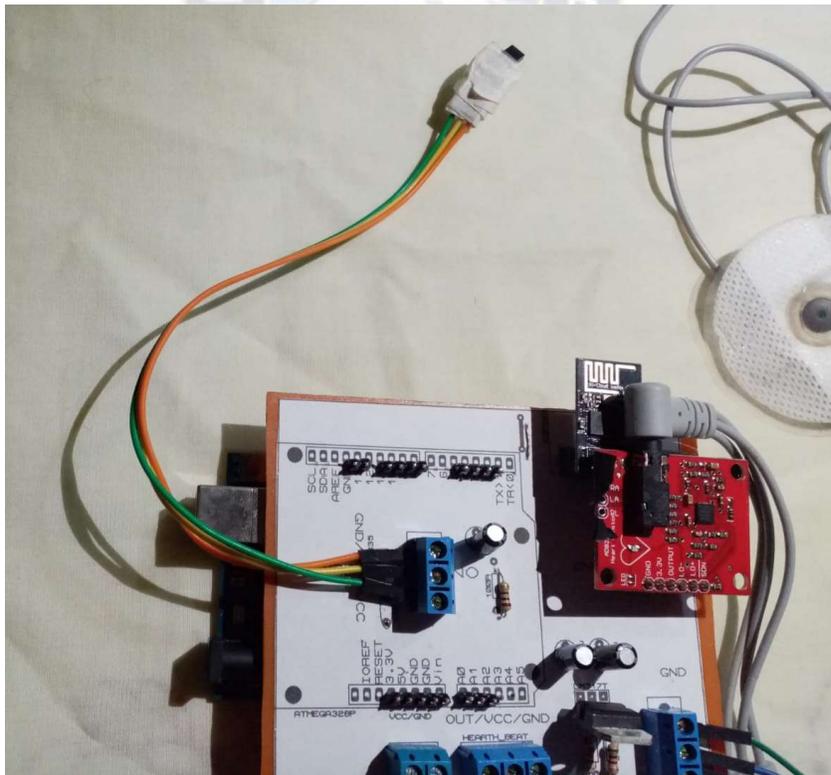
Fuente: Elaboración propia

Gráfico Nro. 1: Medidas prototipo



Fuente: Elaboración propia

Figura Nro. 23: Prototipo



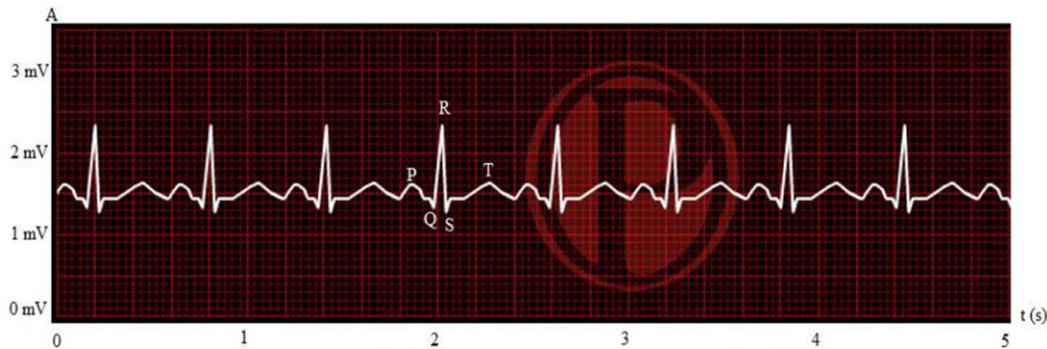
Fuente: Elaboración propia

5.2. ECG

La prueba del electrocardiógrafo se realiza comparando una muestra de un electrocardiógrafo real y la del prototipo analizando las gráficas.

- Real

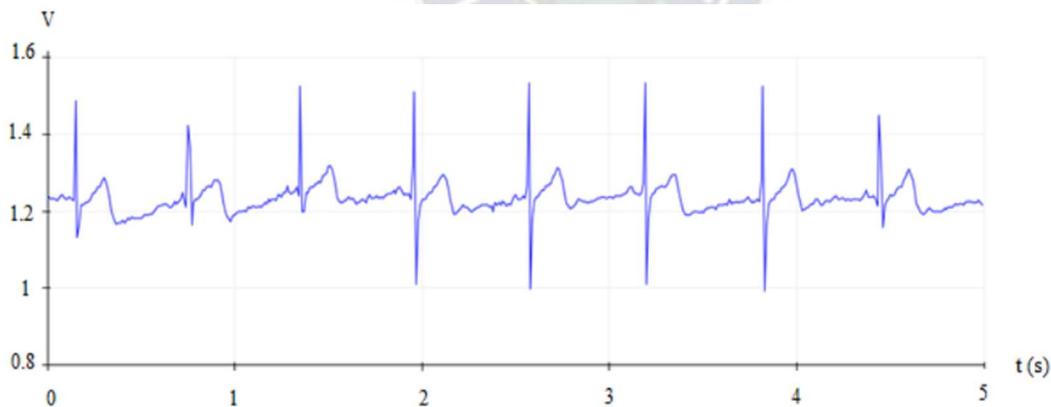
Figura Nro. 24: Electrocardiógrafo real



Fuente:

- Prototipo

Figura Nro. 25: Electrocardiógrafo prototipo



Fuente: Elaboración propia

La comparación se fundamenta en la forma de onda de la señal, es decir, en las ondas P, Q, R, S, T propias del electrocardiograma. Ambas señales, tanto la de referencia como la obtenida con el sensor muestran las ondas mencionadas, por lo que se

establece que el sensor devuelve una señal ECG aceptable, semejante a la de referencia, pero no igual debido a la presencia de ruido.

Figura Nro. 26: ECG prototipo



Fuente: Elaboración propia

5.3. Frecuencia Cardiaca

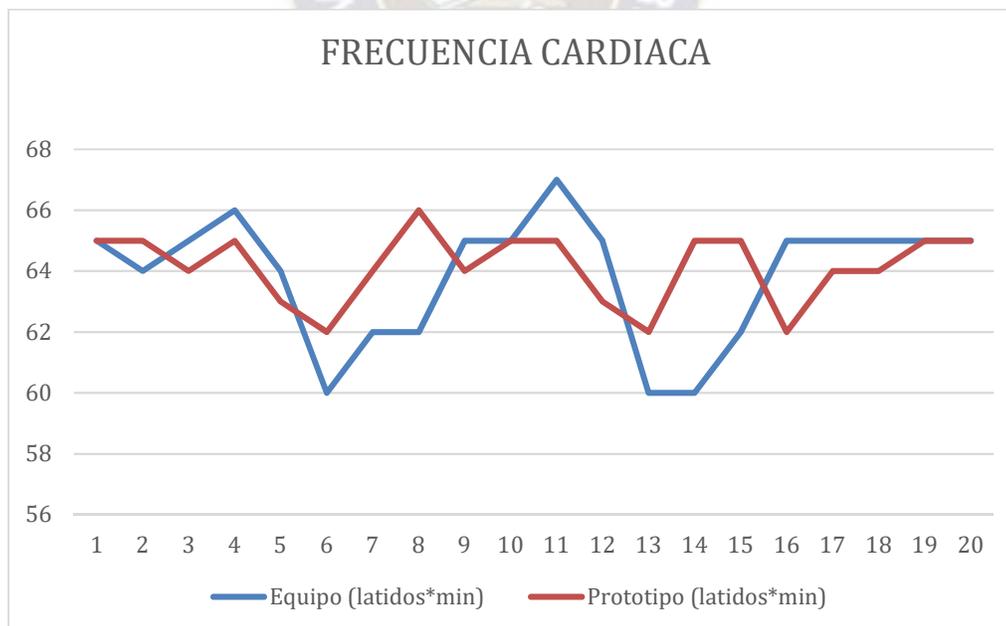
Tabla Nro. 9: Frecuencia cardiaca prototipo

Número de Medición	Equipo (latidos*min)	Prototipo (latidos*min)	Error
1	65	65	0
2	64	65	1
3	65	64	1
4	66	65	1
5	64	63	1
6	60	62	2
7	62	64	2
8	62	66	4
9	65	64	1
10	65	65	0

11	67	65	2
12	65	63	2
13	60	62	2
14	60	65	5
15	62	65	3
16	65	62	3
17	65	64	1
18	65	64	1
19	65	65	0
20	65	65	0
	Promedio		1,6
	Máximo		5
	Mínimo		0

Fuente: Elaboración propia

Gráfico Nro. 2: Frecuencia cardiaca prototipo



Fuente: Elaboración propia

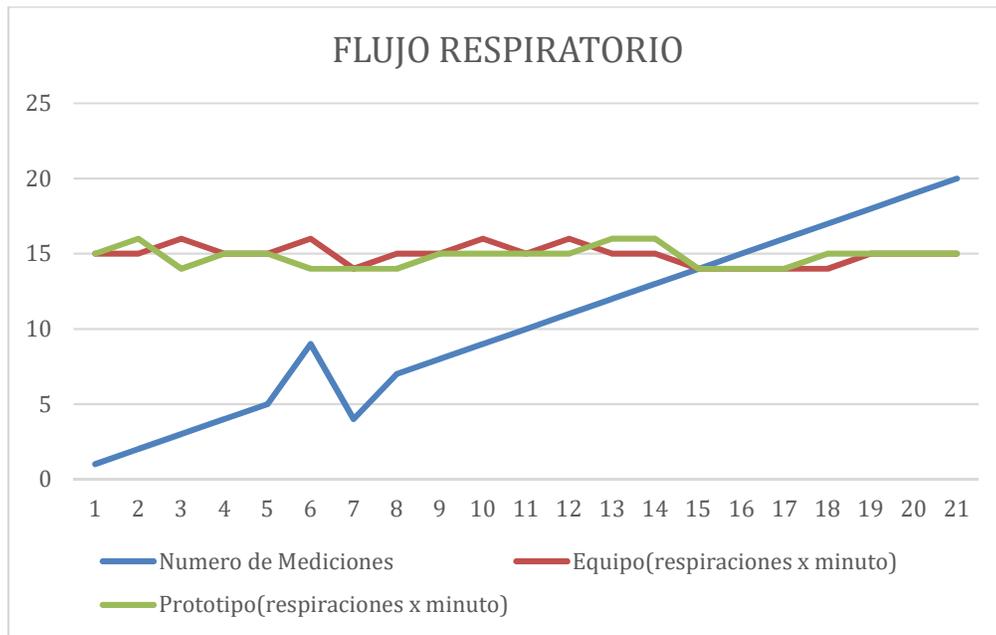
5.4. Flujo de respiración

Tabla Nro. 10: Flujo de respiración prototipo

Número de Mediciones	Equipo (respiraciones x minuto)	Prototipo (respiraciones x minuto)	Error
1	15	15	0
2	15	16	1
3	16	14	2
4	15	15	0
5	15	15	0
9	16	14	2
4	14	14	0
7	15	14	1
8	15	15	0
9	16	15	1
10	15	15	0
11	16	15	1
12	15	16	1
13	15	16	1
14	14	14	0
15	14	14	0
16	14	14	0
17	14	15	1
18	15	15	0
19	15	15	0
20	15	15	0
		Promedio	0,52380952
		Máximo	2
		Mínimo	0

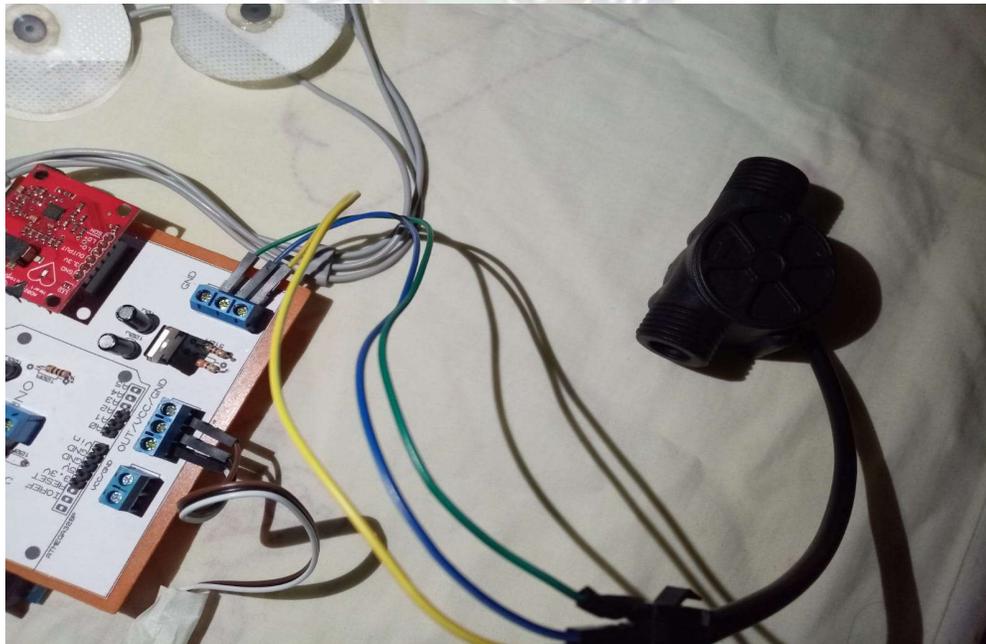
Fuente: Elaboración propia

Gráfico Nro. 3: Flujo de respiración prototipo



Fuente: Elaboración propia

Figura Nro. 27: Flujo respiratorio prototipo



Fuente: Elaboración propia

5.5. Presupuesto

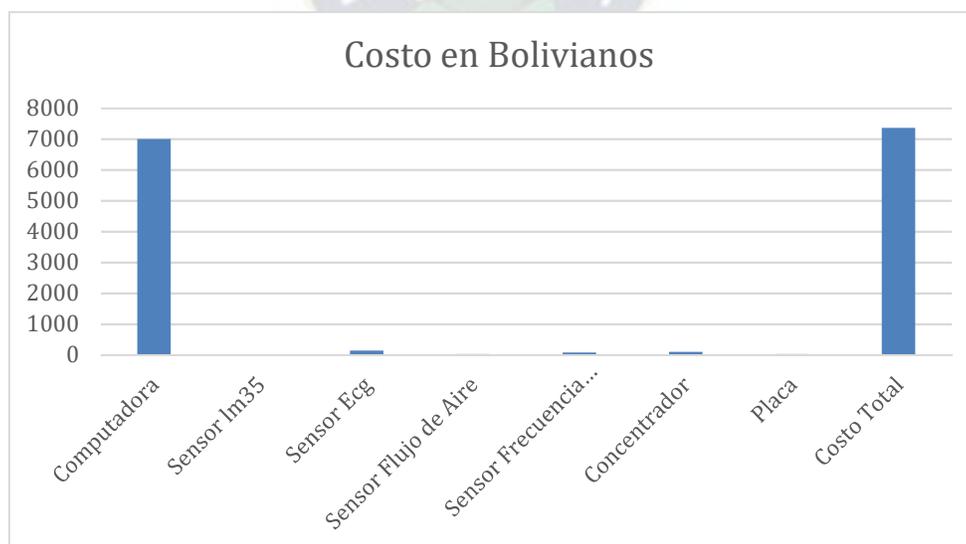
El presupuesto se detalla en la siguiente tabla:

Tabla Nro. 11: Presupuesto

Equipo	Costo en bolivianos
Computadora	7000
Sensor Im35	3
Sensor Ecg	140
Sensor Flujo de Aire	20
Sensor Frecuencia Cardiaca	80
Concentrador	100
Placa	20
Costo Total	7363

Fuente: Elaboración propia

Gráfico Nro. 4: Presupuesto



Fuente: Elaboración propia

VI CONCLUSIONES

- A través del desarrollo del presente proyecto de investigación se ha diseñado e implementado un sistema de monitoreo de signos vitales a través de una red de sensores inalámbricos, en donde los resultados de sus mediciones se almacenan en una base de datos y se muestran casi en tiempo real mediante una aplicación Web, permitiendo conocer la forma de onda de las variables como electrocardiograma y fotopleletismografía, y la visualización del valor de temperatura corporal, además de la frecuencia cardiaca.
- Mediante el diseño, desarrollo y culminación del prototipo se logró realizar de manera satisfactoria la medición de los signos vitales. Ecg, Temperatura, Frecuencia Cardiaca, Flujo Respiratorio, logrando así validar los datos obtenidos y minimizando los errores en el prototipo
- Las pruebas del Sistema de Monitoreo en funcionamiento muestran un aceptable desempeño desde el punto de vista de las señales que se observan en la aplicación web, las gráficas de ECG tanto para hombre como para mujer muestran claramente las ondas P, Q, R, S, T, que comparadas con una señal simulada muestran los mismos rasgos; mientras que para la señal PPG se observan de manera clara los atributos propios de la misma como son el pico sistólico, el pico diastólico y la muesca dicrótica; además de una presentación de valores de temperatura y frecuencia cardiaca sin errores.

VII RECOMENDACIONES

- Al momento de usar los sensores, asegúrese que la persona en la que se vayan a usar éstos se encuentre sentada, su espalda apoyada sobre un espaldar y sus pies toquen el suelo; es recomendable colocar uno a uno los sensores de manera que se ubiquen en las posiciones correctas, tal como se observó en el protocolo de pruebas.
- Para las señales de electrocardiograma, al momento de tomar las muestras en la tarjeta ESP32, es necesario almacenar los datos en arreglos o bloques de un cierto número de muestras por segundo, en este caso 100, y cuando éstos estén llenos enviar hacia el Gateway, la razón principal es que al enviar todo el arreglo se reducen las pérdidas de datos y se puede incrementar la frecuencia de muestreo, a diferencia de enviar dato por dato en donde el tiempo de transmisión reduce la frecuencia de muestreo.
- Previo a la inicialización del Sistema de Monitoreo, se recomienda respaldar todas las tablas de la base de datos y posteriormente vaciar las mismas, así el sistema entra en funcionamiento desde cero y los resultados puedan mostrarse sin errores.
- Para poder estimar correctamente la frecuencia cardiaca es recomendable primero colocar el sensor de electrocardiograma en la zona del tórax y posteriormente encenderlo, esto con el objetivo de evitar lecturas iniciales erróneas que puedan modificar el valor de real de la medida.

VIII BIBLIOGRAFÍA

- Abellán Alemán José, Sainz de Baranda Andujar Pilar y Ortín Ortín Enrique J. (2014), Guía para la Prescripción de Ejercicio Físico en Pacientes con Riesgo Cardiovascular.
- Aragonés, J. B., Gómez, C. G., Zaragoza, B. Z., Martínez, A. G., Campos, D. M., & Llinares, A. G. (2003). Sensores de temperatura. Recuperado el, 3, 2003-2004.
- Azcona, L. (2009). Signos y síntomas del infarto de miocardio y de la angina. Salud Cardiovasc, 279-290.
- Ballesteros, P. A. (2009). Anatomía del corazón. de Libro de la salud cardiovascular del Hospital Clínico San Carlos y la Fundación BBVA, Bilbao, Fundación BBVA, 35-40.
- Barón, C. & others. (2009). Balistocardiografo: Historia de un instrumento para medir en forma indirecta el desempeño del corazón. Revista Colombiana de Cardiología, 16(1), 5-10.
- Buforn Galiana Andrés y Vergara Olivares José Manuel (Enero de 2022), Sincope,
<http://www.medynet.com/usuarios/jraguilar/Manual%20de%20urgencias%20y%20Emergencias/sincope.pdf>.
- Cigna, Componentes e intervalos en un electrocardiograma (ECG),
<https://www.cigna.com/es-us/individuals-families/health-wellness/hw/componentes-e-intervalos-en-un-electrocardiograma-zm2308>,
Diciembre de 2021.
- Clínica Alomar Reus (Enero de 2022),
<https://www.centremedicalomar.es/servicios/electrocardiograma/>.
- Clínica Cardioneurovascular (Enero de 2022),
<http://www.cardioneurovascular.org/portafolio/3ufhyi1fjkeidxv3nfnosu0osxjds1f>.

- Coneo, J. G., Pérez, B. N., & Molinares, P. V. (2012). Sistema de monitoreo en tiempo real para la medición de temperatura. *Scientia et Technica*, 17(50), 128-131.
- Construcción de cable de fibra óptica, <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f0/Fiber-optic-construction.png>, Junio de 2021.
- En un electrocardiograma (ECG), <https://www.msmanuals.com/es/hogar/multimedia/figure/ecg-lectura-de-las-ondas>, Febrero de 2021.
- Eusalud, Trendelenburg <http://eusalud.uninet.edu/misapuntes/index.php/Trendelenburg>, septiembre 2021.
- Fococélula típica Por Levan jgarkava - trabajo propio, dominio público, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=7726138>, octubre de 2021.
- Fotodetector típico de una unidad de CD Jacopo Werther / CC BY-SA (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>), junio de 2021.
- GAC (Grupo Asistencial Coruña) ¿Cuáles Son Los Cambios Posturales?, <http://www.grupoasistencialcoruna.es/15837654765e6658659c605-cuales+son+los+cambios+posturales>, Noviembre de 2021.
- Gómez Ayala Adela Emilia (2007), Trastornos de la temperatura corporal, <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-trastornos-temperatura-corporal-13108301>.

- Guzmán, R. G., & Ramírez, J. A. (2010). Enfermedad isquémica del corazón, epidemiología y prevención. Revista de la Facultad de Medicina UNAM, 53(5), 35-432.
- Heras Guamán, J. P. (2015). Diseño y construcción de una máquina automática de cocción de obleas para el Monasterio Corazón de Jesús sector Bella Vista-San Antonio de Ibarra [B.S. thesis].
- Hopkins Jhon (2017), Medicina, <https://es.scribd.com/document/473617963/John-Hopkins-Medicine-ES>.
- La Sexta (Junio de 2021), Cómo funciona un termómetro de mercurio, https://www.lasexta.com/como-que-cuando/como-funciona-termometro-mercurio_2021121761bcb965ea16b8000193d464.html.
- Maloy Smith Grant (Noviembre de 2021), ¿Qué es un sensor? ¿Qué hace?, <https://dewesoft.com/es/daq/que-es-un-sensor#:~:text=Un%20sensor%20es%20un%20dispositivo,para%20lectura%20o%20procesamiento%20adicional>.
- Manual msd, lectura de las ondas.
- Mayo Clinic (2022), Calambres por calor: Primeros auxilios, <https://www.mayoclinic.org/es-es/first-aid/first-aid-heat-cramps/basics/art-20056669#:~:text=Los%20calambres%20por%20calor%20son,calambres%20nocturnos%20en%20las%20piernas>.
- Mejor Con Salud (Mayo de 2021), pasos para interpretar un electrocardiograma, <https://mejorconsalud.as.com/pasos-interpretacion-electrocardiograma/>.
- MedicalnewsToday (Noviembre de 2021), ¿Cuál es el rango normal de la temperatura corporal?, <https://www.medicalnewstoday.com/articles/es/temperatura-normal-del-cuerpo#tabla-de-temperatura>.

- Montero Avilés, R. F. (S. F.). Departamento De Eléctrica, Electrónica Y Telecomunicaciones.
- Nemati, E., Deen, M. J., & Mondal, T. (2012). A wireless wearable ECG sensor for long-term applications. *IEEE Communications Magazine*, 50(1), 36-43.
- Nota Tecnológica (Octubre de 2021), Configuración usada para el sensor de Temperatura

<https://notatecnologica.com/dispositivos/lm35/>.
- Penagos, S. P., Salazar, L. D., & Vera, F. (2005). Control de signos vitales. *Guías para manejo de Urgencias*. Bogotá (Colombia): Fundación Cardioinfantil, 1465-1473.
- Prototipadolab, ¿Que es un sensor? (Enero de 2022), Tipos y diferencias, <https://prototipadolab.com/2018/05/05/que-son-los-sensores/>.
- Ríos Oropesa, D., Cervera Estrada, L., & Hernández Riera, R. (2013). Reincorporación laboral en pacientes con antecedentes de infarto del miocardio. *Revista Archivo Médico de Camagüey*, 17(4), 419-434.
- Reyes Rocha Miguel, Ruiz Mori Enrique e investigadores Renima II, del Estudio, I. (2013). Registro nacional de infarto de miocardio agudo II. RENIMA II. *Revista Peruana de Cardiología*, 39(1), 60.
- Rodríguez Lallana, M. & others. (2018). Diseño de un sensor de temperatura IOT para la red LoRa.
- Sensoricx, Sensores de Temperatura (Junio de 2021), <https://sensoricx.com/arduino/sensores-de-temperatura-para-arduino/>.
- Sgarlatta, A. (2016). Sensor inalámbrico de ECG conectado vía bluetooth a aplicación de análisis automático en el teléfono móvil [B.S. thesis]. Universidad Nacional de Córdoba Facultad de Ciencias Exactas, Físicas.
- Ugarte, V. C. (s. f.). Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca.

- Tomada de Lopez S, transtornos de la temperatura Corporal, junio 2004.
- Vargas Alejandro y colegas (2014), Telemedicina en Bolivia: Proyecto RAFT- Altiplano, experiencias, perspectivas y recomendaciones.
- Wikipedia, Microcontrolador, <https://es.wikipedia.org/wiki/Microcontrolador>, agosto 2021.

Correo electrónico: diegomarce27@gmail.com

Teléfono: 2255562

Celular: 73512584