



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y
COMUNICACIONES

TEMA:

“SISTEMA DE UBICACIÓN Y MONITOREO DE SEÑALES VITALES EN
ADULTOS MAYORES Y PERSONAS CON ALZHEIMER”

Trabajo de Graduación. Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo la obtención del título de
Ingeniera en Electrónica y Comunicaciones.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Tecnologías de la Información y la
Comunicación

AUTOR: Deisy Carolina Jiménez Zúñiga

TUTOR: Ing. Edgar Patricio Córdova Córdova, Mg

Ambato - Ecuador

Abril, 2018

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el Tema:

“SISTEMA DE UBICACIÓN Y MONITOREO DE SEÑALES VITALES EN ADULTOS MAYORES Y PERSONAS CON ALZHEIMER”, de la señorita Deisy Carolina Jiménez Zúñiga, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el numeral 7.2 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, Abril de 2018



EL TUTOR

Ing. Patricio Córdova, Mg.

AUTORÍA

El presente Proyecto de Investigación titulado “SISTEMA DE UBICACIÓN Y MONITOREO DE SEÑALES VITALES EN ADULTOS MAYORES Y PERSONAS CON ALZHEIMER”. Es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, Abril de 2018



Deisy Carolina Jiménez Zúñiga

CC: 1804391074

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además autorizo su reproducción dentro de las regulaciones del Universidad.

Ambato, Abril de 2018



Deisy Carolina Jiménez Zúñiga

CC: 1804391074

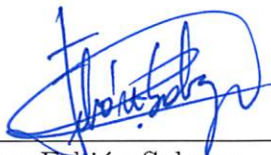
APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes Ing. Fabián Salazar e Ing. Msc Carlos Serra, revisó y aprobó el Informe Final del trabajo de graduación titulado "SISTEMA DE UBICACIÓN Y MONITOREO DE SEÑALES VITALES EN ADULTOS MAYORES Y PERSONAS CON ALZHEIMER", presentado por la señorita Deisy Carolina Jiménez Zúñiga de acuerdo al numeral 9.1 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.



Ing. Elsa Pilar Urrutia, Mg.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Ing. Fabián Salazar
DOCENTE CALIFICADOR



Ing. Msc Carlos Serra
DOCENTE CALIFICADOR

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a Dios por permitirme alcanzar cada sueño y cada meta propuesta en mi vida, a mis padres Carlos e Hilda por ser el eje y motor que con su esfuerzo, trabajo y consejos diarios han sido mi refugio y fuente de energía para superar los momentos difíciles; a mis hermanos Silvia y Carlos por su paciencia y amor incondicional, a mi abuelita Gloria por enseñarme a ser fuerte ante las adversidades, a mis maestros que me han guiado en el continuo transitar de mi vida estudiantil para alcanzar cada uno de mis objetivos.

Deisy Jiménez Zúñiga

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme dado la vida y la oportunidad de luchar por cada uno de mis sueños y por regalarme una maravillosa familia que ha sabido guiarme por el camino del bien.

A mis padres por su apoyo incondicional a lo largo de mi vida universitaria y por regalarme sus bendiciones diarias para seguir firme en el cumplimiento de mis propósitos.

A mi tutor Ing. Patricio Córdova, Mg. por ser mi guía y gran apoyo académico, que no dudó ni un sólo instante en compartirme sus conocimientos para la ejecución de la presente investigación.

A mi querida FISEI por abrirme sus aulas del saber e invadirme diariamente de conocimientos para cumplir mi anhelado sueño de ser una profesional.

Deisy Jiménez Zúñiga

ÍNDICE

APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
AUTORÍA	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN COMISIÓN CALIFICADORA	v
Dedicatoria	vi
Agradecimiento	vii
Introducción	xix
CAPÍTULO 1 El problema	1
1.1 Tema de Investigación	1
1.2 Planteamiento del problema	1
1.3 Delimitación	2
1.4 Justificación	3
1.5 Objetivos	4
1.5.1 General	4
1.5.2 Específicos	4
CAPÍTULO 2 Marco Teórico	5
2.1 Antecedentes Investigativos	5
2.2 Fundamentación Teórica	6
2.2.1 Alzheimer	6
2.2.2 Signos Vitales	8
2.2.3 Métodos de Adquisición de Señales Vitales	10
2.2.4 Sistema de Ubicación	12
2.2.5 Sistemas de Ubicación para personas con Alzheimer	13
2.2.6 Sistema de Posicionamiento Global GPS	15
2.2.7 Sistema de Monitoreo	16

2.2.8	Características de un Sensor	18
2.2.9	Servidor Web	19
2.2.10	Tecnología Inalámbrica Wi-Fi	21
2.3	Propuesta de solución	22
CAPÍTULO 3	Metodología	23
3.1	Modalidad Básica de la investigación	23
3.2	Población y Muestra	23
3.3	Recolección de la Información	24
3.4	Procesamiento y Análisis de Datos	24
3.5	Desarrollo de proyecto	25
CAPÍTULO 4	Desarrollo de la propuesta	26
4.1	Estandarización de los valores Señales Vitales en Adultos Mayores	27
4.2	Análisis y Selección de Hardware para el Sistema de Ubicación y Monitoreo	29
4.3	Diseño del Sistema de Comunicación Inalámbrica	38
4.3.1	Adquisición y Acondicionamiento de Señal	38
4.3.2	Elección de la Tecnología Inalámbrica	49
4.3.3	Procesamiento de señales	50
4.3.4	Flujogramas de Jerarquización de procesos	51
4.3.5	Almacenamiento	55
4.3.6	Visualización	58
4.4	Construcción del dispositivo	61
4.4.1	Diagramas Esquemáticos	61
4.4.2	Diagramas PCB	63
4.4.3	Placa Electrónica	63
4.5	Pruebas de Funcionamiento	64
4.6	Resultados	67
4.7	Presupuesto	72
CAPÍTULO 5	Conclusiones y Recomendaciones	75
5.1	Conclusiones	75
5.2	Recomendaciones	76
Bibliografía		78
ANEXOS		86

ÍNDICE DE TABLAS

2.1	Diferencias entre una persona con Alzheimer y el Envejecimiento[2]	7
2.2	Incidencia de nuevos casos de Alzheimer [16]	8
2.3	Sistemas de Localización para personas con Alzheimer[29]	15
3.1	Número de Adultos Mayores por Edad	24
4.1	Valores de Temperatura en Adultos Mayores[41]	27
4.2	Valores de de Frecuencia Cardíaca en Adultos Mayores[41]	28
4.3	Valores de Presión Arterial en Adultos Mayores[41]	28
4.4	Señales Vitales Centro Gerontológico[41]	28
4.5	Tabla Comparativa Sensores de Temperatura.	30
4.6	Tabla Comparativa Sensores de Frecuencia Cardíaca.	31
4.7	Tabla Comparativa Módulos de Presión Arterial.	33
4.8	Tabla Comparativa Módulos de Posicionamiento Global	34
4.9	Tabla Comparativa Placas Electrónicas	36
4.10	Tabla Comparativa Fuentes de Energía	37
4.11	Compensación Temperatura Corporal	40
4.12	Lectura Bancos de Memoria 24C08K	45
4.13	Valores de Presión Medida vs Presión Obtenida	46
4.14	Tabla Comparativa Tecnologías Inalámbricas	49
4.15	Tabla Comparativa Sistemas Open Source	56
4.16	Análisis Valores de Temperatura Corporal	68
4.17	Análisis Valores Presión Sistólica	69
4.18	Análisis Valores Presión Diastólica	69
4.19	Análisis Valores de Frecuencia Cardíaca	70
4.20	Presupuesto de Construcción del Prototipo	73

ÍNDICE DE FIGURAS

2.1	Arquitectura de un Nodo Inalámbrico[33].	17
4.1	Fases de Desarrollo.	26
4.2	Diseño del Sistema de Comunicación Inalámbrica	38
4.3	Acondicionamiento DS18B20	39
4.4	Estructura Interna Pulse Sensor Amped [42].	41
4.5	Curva característica ADPS-9800 (Iluminación - Voltaje) [56]. . . .	41
4.6	Curva Característica MCP6001(Vin-Vout)[57].	42
4.7	Onda Característica Método Oscilométrico[58].	43
4.8	Placa Interna Tensiómetro SCIAN	43
4.9	Memoria 24C08K	44
4.10	Diagrama Esquemático de Procesamiento de Información	50
4.11	Flujograma Temperatura	51
4.12	Flujograma Presión Arterial	52
4.13	Flujograma Frecuencia Cardíaca	53
4.14	Flujograma Localización	54
4.15	Flujograma Conexión Wi-Fi	55
4.16	Confiración vi phpMyAdmin	57
4.17	Configuración vi FTP (líneas 12,16,19)	58
4.18	Configuración vi FTP (líneas 100,101)	58
4.19	Interfaz Sistema de Ubicación y Monitoreo	59
4.20	Menú Base de Datos	60
4.21	Captura Registro de Señales Vitales	60
4.22	Diseño Gráfico Sistema de Ubicación y Monitoreo	61
4.23	Circuito Esquemático Comunicación Arduinos	62
4.24	Circuito Esquemático Módulos y Sensores	62
4.25	Diagramas PCB	63
4.26	Placa Electrónica	64
4.27	Prototipo Final	64
4.28	Signos vitales equipos médicos (mujer)	65
4.29	Signos vitales equipos médicos (hombre)	66

4.30 Captura valores almacenados por el prototipo	66
4.31 Localización Centro Gerontológico	71

RESUMEN

En este trabajo se propone el diseño de un dispositivo electrónico portátil de bajo costo para apoyar en el cuidado y atención de los adultos mayores, el sistema incluye un módulo GPS capaz de ubicar al adulto mayor en cualquier instante, además de pequeños sensores que monitorean señales vitales como son: temperatura, presión arterial y frecuencia cardíaca. La información recolectada por los diferentes sensores es enviada a un servidor web implementado en la distribución Linux Centos, la misma se puede visualizar y gestionar a través de diferentes dispositivos terminales que tengan acceso a una conexión inalámbrica bajo el estándar Wi-Fi. De esta manera se logra un control adecuado de las actividades diarias de los adultos mayores reduciendo recursos como son tiempo y dinero.

Palabras clave: Ubicación, GPS, Signos Vitales, ServidorWeb, Centos, Wi-Fi.

ABSTRACT

This investigation project proposes the design of a portable electronic device of low-cost to support the care and attention of older adults, the system includes a GPS module capable of locating the older adult at any moment, as well as small sensors that monitoring vital signs such as: temperature, blood pressure and heart rate. The information collected by the different sensors is sent to a Web server implemented in the Linux Centos distribution, it can be viewed and managed through different terminal devices that have access to a wireless connection under the Wi-Fi standard. In this way, adequate control of the daily activities of older adults is achieved by reducing resources such as time and money.

Keywords: GPS location, monitoring, vital signs, Web server, Centos, Wi-Fi

Glosario de Términos y Acrónimos

- A/D: Analog/Digital (Analógico/Digital)
- ADC: Analog to Digital Converter (Convertidor Analógico a Digital)
- ADI: Alzheimer's Disease International
- API: Application Programming Interface (Interfaz de Programación de Aplicaciones)
- BIN: Binario
- BPSK: Binary Phase Shift Keying (Cambio de Fase Binaria)
- CENTOS: Community ENTerprise Operating System
- CSMA-CA: Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance (Detección de portadora de Acceso Múltiple con Evitación de Colisión)
- DEC: Decimal
- EAGLE: Easily Applicable Graphical Layout Editor (Editor de Diseño Gráfico fácilmente aplicable)
- ECG: Electrocardiograma
- FDMA: Frequency Division Multiple Access (Acceso Múltiple por División de Frecuencia)
- FIFO: First In First Out (Primero en entrar Primero en salir)
- FPGA: Field Programmable Gate Array (Matriz de Puertas Programables)
- FTP: File Transfer Protocol (Protocolo de Transferencia de Archivos)
- GFSK: Gaussian Frequency Shift Keying (Modulación por Desplazamiento de Frecuencia Gausiana)
- GMT: Greenwich Mean Time (Hora media de Greenwich)
- GND: Ground (Tierra)
- GNSS: Global Navigation Satellite System (Sistema Global de Navegación por Satélite)

- GPRS: General Packet Radio Service (Servicio General de paquetes vía Radio)
- GPS: Global Positioning System (Sistema de Posicionamiento Global)
- GSM: Global System for Mobile Communications (Sistema Global para las Comunicaciones Móviles)
- HTML: HyperText Markup Language (Lenguaje de Marcas de Hipertexto)
- I2C: Inter Integrated Circuit
- ICGCCEE: International Conference on Green Computing Communication and Electrical Engineering (Conferencia Internacional sobre Comunicación de Computación Verde e Ingeniería Eléctrica)
- IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos)
- INEC: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
- LAMP: Linux, Apache, MySQL y PHP
- LAN: Wireless Local Area Network (Red Inalámbrica Local)
- LCD: Liquid Crystal Display (Pantalla de cristal líquido)
- LED: Light – Emitting Diode (Diodo emisor de luz)
- MWSCAS: Midwest Symposium on Circuits and Systems (Simposio del Medio Oeste sobre Circuitos y Sistemas)
- NAVSTAR: Navigation Satellite Timing and Ranging (Tiempo y Rango de Satélites de Navegación)
- NMEA: National Marine Electronics Association (Asociación Nacional de Electrónica Marina)
- OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiple (Modulación Ortogonal por División en Frecuencia)
- OFDMA: Orthogonal Frequency – Division Multiple Access (Acceso Múltiple por División de Frecuencias Ortogonales)
- OMS: Organización Mundial de la Salud

- PAD: Presión Arterial Diastólica
- PAS: Presión Arterial Sistólica
- PCB: Printed Circuit Board (Placa de circuito impreso)
- PHP: Hypertext Preprocessor (Preprocesador de Hipertexto)
- PSK: Phase Shift Keying (Modulación por Desplazamiento de Fase)
- PWM: Pulse Width Modulation (Modulación por Ancho de pulsos)
- QAM: Quadrature Amplitude Modulation (Modulación de Amplitud en Cuadratura)
- QPSK: Quadrature Phase Shift Keying (Cambio de Fase en Cuadratura)
- RAM: Random Access Memory (Memoria de acceso aleatorio)
- RFID: Radio Frequency Identification (Identificación por Radiofrecuencia)
- RHEL: Red Hat Enterprise Linux
- SCL: Serial Clock Input (Entrada de reloj serie)
- SDA: Serial Data (Datos en serie)
- SIM: Subscriber Identity Module (Módulo de Identidad del Suscriptor)
- SMS: Short Message Service (Servicio de mensajes cortos)
- SPI: Serial Peripheral Interface (Interfaz Periférica Serial)
- TASE: Trascender con Amor, Servicio y Excelencia.
- TCP: Transmission Control Protocol (Protocolo de Control de Transmisión)
- TDMA: Time Division Multiple Access (Acceso Múltiple por División de Tiempo)
- TTF: Time to First Fix (Tiempo para la primera reparación)
- UART: Universal Asynchronous Receiver-Transmitter (Receptor-Transmisor Asincrónico Universal)
- UMTS: Universal Mobile Telecommunications System (Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles)

- UTC: Coordinated Universal Time (Tiempo Universal Coordinado)
- VCC: Voltage Continuous Current (Voltaje de corriente continua)
- VSS: Voltage Supplier Supplier (Suministro de Voltaje)
- WEP: Wired Equivalent Privacy (Privacidad equivalente a cableado)
- WI – FI: Wireless Fidelity
- WLAN: Wireless Local Area Network (Red Inalámbrica de Área Local)
- WMAN: Wireless Metropolitan Area Network (Red Inalámbrica de Área Metropolitana)
- WP: Write Protect (Protección contra escritura)
- WPA: Wi-Fi Protected Access (Acceso protegido Wi-Fi)
- WPAN: Wireless Personal Area Network (Red Inalámbrica de Área Personal)
- WSN: Wireless Sensor Network (Red de Sensores Inalámbricos)

INTRODUCCIÓN

En la actualidad una de las enfermedades crónicas degenerativas no transmisibles más preocupantes a nivel mundial es el Alzheimer porque ocupa un 41 % en comparación a la demencia vascular (32 %), demencia en la enfermedad de Parkinson (3 %), demencia frontotemporal (3 %), y la demencia con cuerpos de Lewy (8 %). La Organización Mundial de la Salud (OMS) y Alzheimer's Disease International (ADI) estiman que a nivel mundial 35.6 millones de personas vivían con demencia en el año 2010 y se prevé que esta cifra se duplique cada 20 años, es decir, 65.7 millones en 2030 y 115.4 millones en 2050. El número de casos aumenta con el incremento de la edad en cada región. En Europa y América, la incidencia mayor se da entre las personas de 80-89 años; en Asia, entre las de 75-84; y en África, entre las de 70-79 años; por lo tanto el número total de nuevos casos de demencia en todo el mundo equivale a 7.7 millones, lo que implica un nuevo caso cada cuatro segundos. Unos 3.6 millones (46 %) impactarían en Asia; 2.3 millones (31 %), en Europa; 1.2 millones (16 %), en las Américas; y 0.5 millones (7 %) en África [1].

La enfermedad del Alzheimer provoca la degeneración constante de las funciones cerebrales y cognitivas, como consecuencia el adulto mayor no puede desarrollar sus actividades diarias con normalidad y pierde el sentido de orientación quedando expuesto a accidentes que al no ser atendidos a tiempo causarían la muerte; por lo tanto requieren de cuidados especiales y asistencia médica continua. Ésta enfermedad por lo general ocurre después de los 65 años, siendo más común en mujeres debido a la pérdida de estrógenos después de la menopausia. Algunos factores de riesgo son: presión arterial alta, colesterol alto, diabetes, obesidad, fumar y beber, falta de actividad física y aislamiento social [2].

En base a las alarmantes estadísticas y el auge de la tecnología inalámbrica las investigaciones se centran en el campo de la salud desarrollando sistemas embebidos capaces de realizar las tareas de localización, asistencia y monitoreo de signos vitales a través de redes de sensores inalámbricos para detectar a un paciente que abandona un lugar seguro sin supervisión, y si es necesario, emitir una alerta en tiempo real dirigida a los cuidadores [3][4]. Poco tiempo después se diseñan dispositivos portátiles utilizados en telemedicina y teleasistencia para la monito-

rización remota de la actividad cardíaca [5], además de sistemas domóticos que controlen las actividades de alimentación del adulto mayor para permitir al cuidador ver de forma remota el estado del paciente mientras está lejos del hogar [6]. Finalmente, se desarrollan dispositivos wearables que se pueden insertar como parches en la ropa [7]. Todos estos dispositivos tienen la capacidad de transmitir los datos monitoreados usando tecnología IoT [8].

El propósito general de la investigación es proporcionar un dispositivo portátil diseñado de tal manera que el adulto mayor pueda asociarlo como un reloj y no le cause incomodidad al momento de usarlo, permitiendo el desarrollo de las actividades diarias con normalidad. El sistema emplea sensores de bajo costo para monitorear las señales vitales que se alteran en las personas con Alzheimer (temperatura, presión arterial y frecuencia cardíaca), además se dispone de un módulo GPS que permite obtener la ubicación del adulto mayor cuando este se ha desorientado. Los datos obtenidos son almacenados en una base de datos MySQL alojada en un servidor web de código abierto que al ser asociado al software Dreamweaver permite una gran escalabilidad y compatibilidad con diferentes dispositivos terminales conectados a la red Wi – Fi para que el usuario visualice la información de forma clara y sencilla.

CAPÍTULO 1

El problema

1.1. Tema de Investigación

“SISTEMA DE UBICACIÓN Y MONITOREO DE SEÑALES VITALES EN ADULTOS MAYORES Y PERSONAS CON ALZHEIMER.”

1.2. Planteamiento del problema

Con el pasar de los años la inclusión de la tecnología en el ámbito de la salud ha ido evolucionando constantemente y con ello se ha logrado alargar el promedio de vida de las personas, sin embargo se presenta un incremento en el número de adultos mayores con enfermedades no transmisibles como el Alzheimer que aún no tienen cura y los tratamientos son costosos porque requieren de cuidados especiales.

En el informe Demencia: una prioridad de salud pública, realizado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y Alzheimer’s Disease International (ADI) se estimó que a nivel mundial 35.6 millones de personas vivían con demencia en el año 2010 y se prevé que esta cifra se duplique cada 20 años, 65.7 millones en 2030 y 115.4 millones en 2050. El número total de nuevos casos de demencia en todo el mundo es de casi 7.7 millones, lo que implica un nuevo caso cada cuatro segundos [1].

En el Ecuador de acuerdo al informe de proyección de la población presentada por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) y la Agenda para el Adulto Mayor del año 2013, en el año 2010 la esperanza de vida fue de 75 años, mientras que en el 2050 la misma subirá a 80.5 años, es decir, la población ecuatoriana empezará a envejecer y como consecuencia aumenta la probabilidad de casos de demencia como es la enfermedad del Alzheimer [9].

Alzheimer’s Disease International (ADI) y Bupa en su informe denominado, Demencia in the Americas: Current and future cost and prevalence of Alzheimer’s disease and other dementias, establecen que en el Ecuador durante el año 2010

existieron 74000 personas que padecían algún tipo de demencia pero a la actualidad el número se ha incrementado constantemente por lo que se prevé que para el año 2030 habrán 166000 casos, no así para el año 2050 se estiman 356000 personas con algún tipo de demencia, es decir, habrá un incremento de 381 % desde el año 2010 hasta el año 2050. De todos los tipos de demencia detectados en la población ecuatoriana se estima que el 70 % de la misma padece Alzheimer, esta cifra es preocupante porque no afecta directamente a la persona sino también al círculo familiar [10].

En la provincia de Tungurahua según el Censo Poblacional realizado en el 2010 del total de habitantes se tiene que un 11.5 % corresponde a adultos mayores que en su mayoría están concentrados en la zonas rurales y no reciben los cuidados necesarios debido a que no disponen de los recursos necesarios o viven solos ya que sus familiares les han abandonado. Es aquí donde instituciones de ayuda como son los Centros Gerontológicos o Fundaciones les acogen en sus instalaciones y les brindan atención para mejorar su calidad de vida [10].

Cabe mencionar que no se ha encontrado información acerca de estadísticas que reflejen la situación actual del adulto mayor en cuanto se refiere a las enfermedades crónicas degenerativas como es la demencia debido a que no se han realizado investigaciones en el país, además que en el Código de la Salud aún no se considera el Alzheimer como una enfermedad catastrófica. Pero el Centro Alzheimer Fundación TASE ubicado en Quito - Cumbayá, en base a los estudios del ADI y considerando una prevalencia del 6 % proyecta que existen entre 80 y 100 mil personas afectadas hoy en día en el país [11].

1.3. Delimitación

Delimitación de contenidos

Área académica de la Carrera: Comunicaciones

Línea de investigación: Tecnologías de la Información y la Comunicación

Sublínea de Investigación: Comunicaciones Inalámbricas

Delimitación espacial

La presente investigación se desarrolló en el Centro Gerontológico del Cantón Patate.

Delimitación Temporal

La presente investigación se ha desarrollado en el período Octubre 2017 – Febrero 2018 de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de graduación para obtener el título terminal de tercer nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

1.4. Justificación

La sociedad actual ha sufrido cambios drásticos tanto en el ámbito político, económico y social, motivo por el cual se presentan cifras realmente alarmantes que deberían preocupar a todos como es el caso del envejecimiento, pero es lamentable que exista una falta de interés y concientización acerca de las consecuencias que acarrearán las mismas afectando la salud física y mental de las personas más vulnerables en el medio como son los adultos mayores que requieren de cuidados y atención especializada.

El envejecimiento de la población en el Ecuador es uno de los fenómenos con mayor impacto porque existe una falta de sensibilización y comprensión de las diferentes enfermedades crónicas degenerativas no transmisibles e incapacidades que afectan al adulto mayor. Así es el caso de las personas con Alzheimer que debido a la debilitación de sus funciones cerebrales ya no pueden desarrollar sus actividades diarias con normalidad y como consecuencia pierden el sentido de orientación e incluso sufren accidentes que al no ser atendidos a tiempo podrían causar la muerte [11].

Para ello fue necesario la implementación del presente sistema de ubicación y monitoreo de señales vitales que permitirá tener un mayor control de las actividades, evitando futuros accidentes. El sistema no está enfocado únicamente en controlar tareas básicas como determinar la ubicación del adulto mayor sino también en controlar las señales vitales como temperatura, presión y ritmo cardíaco ayudando al personal encargado del cuidado de los adultos mayores a tener un mejor control de las actividades diarias.

La presente investigación tiene como beneficiarios directos a los adultos mayores y personas con Alzheimer mientras que los beneficiarios indirectos son todos los usuarios tanto personal de cuidado como los familiares, logrando así mejorar los procesos de control y comunicación así como reducir el número de accidentes provocados por la desesperación de los adultos mayores al desorientarse.

Por lo mencionado anteriormente la investigación es factible de realizarse ya que se cuenta con los recursos necesarios tanto en Laboratorios como en la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, además de que se emplean tecnologías inalámbricas y dispositivos de sensorización que se encuentran disponibles en el mercado y no requieren importación; el prototipo es reconfigurable y permite generar una base de datos de los valores censados.

En cuanto al costo, se lleva a cabo el diseño de un prototipo económico debido a que se empleara hardware y software libre con el objetivo de mejorar el cuidado y atención de los adultos mayores.

1.5. Objetivos

1.5.1. General

Implementar un sistema de ubicación y monitoreo de señales vitales en adultos mayores y personas con Alzheimer

1.5.2. Específicos

- Evaluar las señales vitales del cuerpo humano, sus características y valores normales.
- Analizar las tecnologías que se utilizan para la transmisión de los datos de monitoreo de signos vitales.
- Desarrollar un prototipo de adquisición de signos vitales y ubicación de personas.

CAPÍTULO 2

Marco Teórico

2.1. Antecedentes Investigativos

En los repositorios de la “Universidad Técnica de Ambato” se registra el proyecto de investigación de pregrado “Sistema de Monitoreo de Signos Vitales y Alerta de Accidentes para Personas con Problemas de Movilidad” presentado por la Señorita Gabriela Vallejo en el año 2015, en el proyecto se desarrolla un dispositivo electrónico que mediante un micro controlador Arduino permite adquirir los valores de temperatura y presión arterial de pacientes que no pueden moverse con facilidad, además de un módulo GSM para enviar un mensaje de voz que sirva como alerta de que la persona ha sufrido un accidente; las alertas se generan en base a un acelerómetro que mide el impacto en cualquier dirección y determinar la fuerza del mismo[12].

En los repositorios de la “Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE” se halla el proyecto de pregrado “Diseño e implementación de un dispositivo electrónico de lectura de signos vitales con ubicación geográfica y monitoreo remoto de datos en tiempo real. Fase 1” presentado por el Señor Juan Moya en el año 2013, el mismo hace referencia al diseño de un dispositivo portátil para la medición de signos vitales haciendo referencia a frecuencia cardíaca, presión arterial y temperatura corporal; adicionalmente se tendrá un dispositivo GPS que generará la posición geográfica de la persona que esté utilizando el equipo. Los datos son adquiridos son procesados y digitalizados en un pantalla LCD mediante el micro controlador programable 16F887A[13].

“Diseño de sistema de ubicación para personas con Alzheimer vía web” ubicado en los repositorios de la “Pontificia Universidad Católica del Perú”, investigación de pregrado desarrollada por Carmen Sawada Benavides en el año 2013 hace referencia al diseño de un dispositivo de localización para personas con Alzheimer vía web de bajo costo, se basa en tecnología GPS utilizando transmisión de señales vía módem GSM para determinar la ubicación actual del paciente enviando alertas cada 100 segundos. Además se desarrolla una aplicación Android que muestra

tanto la posición actual como el historial de posiciones recorridas por el usuario en un mapa que se puede acceder desde cualquier dispositivo terminal con acceso a Internet[14].

En el repositorio digital de la IEEE para el año 2014 se publica el artículo “Real Time Monitoring of Vital Signs Using Wireless Technique” de la International Conference on Green Computing Communication and Electrical Engineering (ICGC-CEE), cuyo objetivo es desarrollar un sistema inalámbrico que proporcione un dispositivo más amigable para aplicaciones ambulatorias como es la telemedicina inalámbrica. El dispositivo se basa en el empleo de un micro controlador Arduino que envía y recibe los datos a través de la tecnología ZigBee; el transmisor contiene el kit del instructor de ECG conectado con el micro controlador mientras que el receptor contiene el receptor de ZigBee conectado con la computadora vía del cable RS232 para ser visualizado en la interfaz de LabVIEW[5].

Haciendo referencia a los pacientes con Alzheimer para el año 2015 se registra en la biblioteca virtual de la IEEE el artículo “Design and Implementation of an Embedded System for Monitoring At-home Solitary Alzheimer’s Patients” en la conferencia 58th International Midwest Symposium on Circuits and Systems (MWSCAS), cuyo propósito es el desarrollo de un sistema integrado que permita monitorear a un paciente con Alzheimer, para la ejecución del sistema se emplea sensores activos y pasivos que están colocados en puntos estratégicos dentro del hogar; incluye una interfaz de usuario en la web que le permite al cuidador o familiar a cargo del paciente vigilarlo remotamente desde cualquier lugar además de tener un historial de comidas y ubicación del mismo. Tanto para la localización como para el registro de comidas se programan algoritmos en Python [6].

2.2. Fundamentación Teórica

2.2.1. Alzheimer

Se define como un proceso neurodegenerativo del sistema nervioso central que se produce por la muerte progresiva de las neuronas. Presenta una sintomatología de demencia más frecuente que todas las demencias conocidas abarcando un 70 %, aún no se ha encontrado una cura aunque existen tratamientos médicos que ayudan a mejorar la calidad de vida de los adultos mayores [15].

Los síntomas característicos que se presentan son el deterioro continuo de la me-

moria, el lenguaje, el conocimiento y la personalidad que termina en una amnesia total. Cuando el adulto mayor presenta estos síntomas aumentan los factores de riesgo de accidentes urbanos y domésticos así como agravamiento de otras enfermedades debido a que su capacidad cognitiva se reduce considerablemente[15].

En una persona es muy importante saber diferenciar entre el envejecimiento y la enfermedad del Alzheimer, para ello podemos ver la Tabla 2.1 en la que se detalla el comportamiento ante los dos casos[2].

El Alzheimer generalmente se presenta a partir de los 65 años de edad, siendo más frecuente en mujeres debido a la pérdida de estrógenos después de la menopausia. Algunos factores de riesgo son: tener la presión alta, colesterol alto, diabetes, obesidad, fumar y consumir alcohol, falta de actividad física y aislamiento social[2].

Tabla 2.1: Diferencias entre una persona con Alzheimer y el Envejecimiento[2]

Funcionalidad	Persona con Alzheimer	Envejecimiento Normal
Toma de decisiones	No puede tomar decisiones, porque se le dificulta razonar	Si puede tomar decisiones, aunque a veces se equivoca
Dinero	No puede manejar el dinero porque no comprende su valor. Siempre se olvida de pagar las cuentas	Olvida un pago.
Tiempo y Espacio	No sabe qué día es, ni que año es.	Olvida el día, pero luego puede recordarlo.
Palabras	Se olvida las palabras y no puede seguir la conversación.	Mantiene una conversación.
Pérdida de cosas	Guarda cosas y no puede encontrarlas nunca.	Pierde cosas, de vez en cuando.
Actividades comunes cómo vestirse y cocinar	Poco a poco va perdiendo las habilidades para realizar estas tareas.	Mantiene las habilidades, solo deja de hacerlas cuando una razón física le impide.
Sociabilidad	Poco a poco pierde habilidades sociales.	Mantiene las habilidades sociales.

En la Tabla 2.2 se explica la relación del número de casos que se genera por cada mil personas en edad avanzada con riesgo de sufrir la enfermedad de Alzheimer; cuánto mayor es la edad, mayor es la aparición de esta enfermedad [16]. La prevalencia en Latinoamérica tiene porcentaje de 6%, en dependencia de factores como la incidencia y la supervivencia de los pacientes ya diagnosticados.

Tabla 2.2: Incidencia de nuevos casos de Alzheimer [16]

Edad	Casos por edad
65 – 69	3
70 – 74	6
75 – 79	9
80 – 84	23
85 – 89	40
90 en adelante	69

Etapas de la enfermedad del Alzheimer

En el adulto mayor la enfermedad se manifiesta de diferentes maneras, así según los efectos que la progresiva muerte neuronal ocasiona en la memoria se tiene tres etapas: leve, moderada y severa [2].

- **Etapas leve:** El adulto mayor aún puede llevar una vida independiente pero la persona encargada de su cuidado debe estar pendiente de las actividades básicas.
- **Etapas moderada:** El adulto mayor depende del círculo familiar ya que deben estar pendientes de la realización de todas las actividades diarias en horarios establecidos con cierta independencia.
- **Etapas severa:** El adulto mayor no puede realizar actividades como vestirse, asearse, bañarse y comer además de perder mucho peso. Generalmente pierden su movilidad y el cuidador o familiares deben encargarse de las actividades diarias por completo.

2.2.2. Signos Vitales

Denominadas también como constantes vitales son las reacciones que se presentan en una persona con vida y determinan la funcionalidad básica del organismo, en base a los niveles de las mismas se puede monitorear el estado de salud del ser humano y detectar posibles problemas cuando se presenta una alteración de los valores normales. Los valores de los signos vitales medidos van a variar en dependencia de ciertos parámetros como son: edad, estado de reposo o movimiento, actividad física, enfermedades que padezca entre otros. Así tenemos: temperatura corporal, frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, presión arterial y reflejo pupilar [17].

Temperatura

Se define como el equilibrio entre el calor producido y el calor perdido, el valor normal es de 37 °C y varía dependiendo del género, la actividad diaria y alimentación. Cuando el valor medido sobrepasa el valor normal se tiene [17]:

- Febrícula: de 37 °C a 37.9 °C
- Fiebre moderada: de 38 °C a 38.9 °C
- Fiebre alta : de 39 °C a 40 °C
- Hipertermia: más de 40 °C

Los valores pueden ser medidos de tres formas: oral, rectal y axilar mediante un termómetro ya sea análogo o digital.

Frecuencia Cardíaca

Conocida comúnmente como pulso, es el número de pulsaciones que genera el corazón por minuto. Las pulsaciones van a depender de factores como son edad, género, ambiente, temperatura, actividad física, estrés entre otras que pueden aumentar o disminuir el número de las mismas. Así es el caso de los adultos mayores que debido al envejecimiento su corazón presenta cambios y como consecuencia las pulsaciones se vuelven más lentas.

Los valores normales de latidos por minuto (l/m) en reposo son [17]:

- Recién nacidos a 3 meses: 120 a 140
- Hasta 2 años: 80 a 150
- 2 a 10 años: 70 a 110
- Mayores de 10 años: 55 a 90
- Adultos: 60 a 100

Las pulsaciones pueden ser medidas en áreas como son: cuello, ingle, sien, muñeca, cara interna del pie y parte posterior de las rodillas.

Presión Arterial

Es la presión que la sangre ejerce hacia las paredes de las arterias, se determina por el tamaño y flexibilidad de las arterias así como el volumen de sangre, se pueden registrar cifras altas o presión sistólica y cifras bajas o presión diastólica, las mismas se miden en milímetros de mercurio. Los valores normales son [17]:

- Presión sistólica: por encima de 100mm/Hg y por debajo de 140 mm/Hg.
- Presión diastólica: por debajo de 95 mm/Hg.

Para tomar las mediciones, la persona debe estar en reposo por al menos 10 minutos para que los valores no se alteren. En los adultos mayores debido a la edad la presión promedio aumenta de 120/70 a 150/90 manteniéndose alta aún con tratamiento médico.

2.2.3. Métodos de Adquisición de Señales Vitales

Los métodos empleados en la actualidad para la adquisición de las diferentes señales vitales propuestas en la presente investigación como son la temperatura, presión arterial y frecuencia cardíaca se detallan a continuación:

A. Temperatura

Para la adquisición de los valores de temperatura corporal generalmente se emplean instrumentos de medida de manera que permitan obtener valores precisos. Dentro de los que se puede mencionar:

Termómetros que pueden ser tanto analógicos como el termómetro de mercurio, en forma de tiras que actúan de acuerdo a la dilatación de materiales sensibles al calor; además de los termómetros digitales que son de fácil lectura y presentan valores definidos por el fabricante [18].

Dispositivos electrónicos tales como los sensores que pueden ser termistores, termocuplas y circuitos integrados termo-sensibles absolutos o relativos y con salida de tensión, corriente o frecuencia [18].

B. Frecuencia Cardíaca

Los métodos para determinar el número de pulsaciones por minuto se describen de la siguiente manera:

Método Convencional que consiste en colocar los dedos índice y medio juntos sobre la parte interior de la muñeca y a un centímetro de distancia de la articulación, éste se denomina pulso periférico ya que se toma lejos del corazón y por lo tanto resulta un poco más débil que el pulso central que se mide en la pared torácica a la altura del corazón.

Electrocardiograma es un método preciso para determinar la frecuencia cardíaca y monitorear la actividad eléctrica del corazón mediante un electrocardiógrafo y mostrar las variaciones de voltaje (señal bioeléctrica) en función del tiempo, a través de electrodos colocados en la superficie de la piel; generalmente en los brazos, piernas y el pecho. El electrodo realiza la función de transducción al cambiar la corriente iónica en corriente electrónica [19].

Pulsioxímetro es un dispositivo que permite controlar perfectamente la concentración arterial de oxígeno (SpO₂) y el pulso. El dispositivo emite luz con longitudes de onda de 660 nm (roja) y 940 nm (infrarroja) que son características de la oxihemoglobina y la hemoglobina reducida respectivamente. Posee un transductor con dos piezas, un emisor de luz y un fotodetector, generalmente en forma de pinza que se suele colocar en el dedo, después se espera recibir la información en la pantalla [20].

Cardiofrecuencímetro es un aparato electrónico en forma de reloj que permite calcular la frecuencia de los latidos del corazón a través de un cinturón a la altura del tórax que posee electrodos que captan la frecuencia de los latidos del corazón en tiempo real [21].

C. Presión arterial

En cuanto se refieren a los métodos para determinar la presión arterial se tienen los métodos invasivos que son los más precisos pero debido a su complejidad hacen que los métodos no invasivos sean los más usados en la actualidad. Entre ellos se pueden mencionar:

Palpación se obtiene la presión arterial a través del tacto que puede ser en la zona radial, femoral o carótida en el cuerpo. Generalmente es empleado en casos de emergencia y trauma [22].

Auscultación es el método más usado para medir la presión arterial. Se emplea una correa inflable con un medidor de presión en unidades de milímetros de mercurio que se ubica por arriba del codo para hacer desaparecer los sonidos del pulso tras colapsar una arteria llegando a un aproximado de 200 mmHg, después se desinfla a una velocidad de 2 a 3 mmHg para posteriormente volverlos a escuchar; de acuerdo a la naturaleza de los sonidos se determina la tensión arterial máxima cuando aumenta la amplitud y la tensión arterial mínima cuando se deja de escuchar los sonidos [22][23].

Oscilométrico es un método que consiste en emplear dispositivos electrónicos automatizados con sensores de presión y bombas de aire para generar la obstrucción del flujo sanguíneo alcanzando una presión de 20 a 30 mmHg, luego se deja escapar el aire a 3mmHg aproximadamente entonces se analizan las oscilaciones; cuando van aumentando se obtienen la presión sistólica, luego crecen hasta un valor máximo para determinar la tensión arterial media y cuando disminuye, es decir, se recupera el flujo sanguíneo se obtiene la presión diastólica [22].

2.2.4. Sistema de Ubicación

Un Sistema de Ubicación es una combinación de tecnologías de posicionamiento que permiten la localización geográfica de unidades móviles o inmóviles mediante un sistema de referencia [24]. El sistema más conocido es el de coordenadas geográficas que sitúa un punto en la superficie terrestre en base a la latitud y longitud. Los sistemas de localización y posicionamiento se clasifican en dos grandes grupos:

Sistemas Satelitales

Emplean satélites que proporcionan información a los receptores para que puedan localizar un elemento en la superficie terrestre empleando diferentes métodos como el de triangulación. Generalmente se emplean en los Sistemas de Navegación por Satélites (GNSS) como son: Navstar – GPS, Galileo, Glonass [24].

Sistemas no Satelitales

No requieren de la utilización de satélites para conocer la ubicación de un objeto. En función del alcance se tienen dos tipos de sistemas [24]:

- **Outdoor:** Son aquellos emplean tecnologías propias de redes celulares de largo alcance para localizar objetos en grandes áreas geográficas. Su funcionamiento se basa en localizar la celda en la que se encuentra el terminal en cuestión. Es importante mencionar que este tipo de sistema es inviable para localización desde el punto de vista económico ya que las redes celulares tienen como punto fuerte la comunicación pero de requerir este sistema se debería emplear el sistema de localización por celda en una red de telefonía móvil comercial con comunicación GSM, GPRS o UMTS.
- **Indoor:** Emplean tecnologías de corto alcance para interiores de edificios o áreas geográficas. Utilizan tags para la localización mediante tecnologías inalámbricas como RFID, Bluetooth o Wi-Fi.

Aplicaciones:

Las aplicaciones basadas en los sistemas de localización y posicionamiento ofrecen un servicio personalizado, en tiempo real y diferenciado en función de la ubicación de los usuarios, así se tiene [24]:

- Monitorización de pacientes con problemas, permitiendo mantener controlada la zona en la que se movilizan.
- Localización de porta maletas en aeropuertos.
- Complemento de sistemas de información geográfica.
- Información a usuarios con dispositivos Wi-Fi del tiempo que resta para que llegue el bus a la parada.

2.2.5. Sistemas de Ubicación para personas con Alzheimer

El empleo de la tecnología GPS (Global Positioning System: sistema de posicionamiento global), comúnmente utilizado como navegador vía satélite para la conducción, posibilita controlar a los enfermos de Alzheimer [16].

Como no todos los casos requieren la misma atención, existen localizadores personales capaces de diversas funciones como emitir avisos de emergencia a los familiares, llamadas con manos libres, monitorización del enfermo para saber en todo momento su posición, alarmas de perímetro, alertas vía SMS, teleasistencia, etc. La mayoría de estos localizadores tienen forma de pulsera o teléfono móvil para no interrumpir el entorno personal del enfermo con un objeto desconocido. Entre los más conocidos se tiene [16]:

Keruve

Es un reloj para personas con Alzheimer en la primera etapa y un receptor para que los familiares o cuidadores puedan conocer la ubicación actual del paciente en menos de 30 segundos. Emplea un localizador GPS y la triangulación GSM, de manera que si uno de los dos sistemas falla, conmuta automáticamente al otro evitando que el reloj quede inoperativo. Su funcionamiento es fácil y que sólo requiere pulsar el botón de localizar del receptor y permite visualizar en la pantalla un mapa con su posición exacta[25].

SIMAP

Sistema Inteligente de Monitorización de Alertas Personales es una plataforma desarrollada por la Cruz Roja española para la localización de personas con Alzheimer o deterioro cognitivo leve y que aún mantienen la capacidad de su deambulación, facilitando la información necesaria sobre la ubicación y los movimientos de las personas que conviene localiza, monitoriza los desplazamientos de la persona y mediante avisos notifica de forma automática situaciones de peligro . Utiliza un móvil con un módem GSM y un receptor GPRS que se enlaza a la plataforma mediante la red de Vodafone para enviar y actualizar la posición cada 5 minutos [26].

COLUMBA

Desarrollado por Louis Massicotte, se basa en un programa inteligente de detección y de alerta, un sistema de geolocalización por GPS y un transmisor-receptor GSM/GPRS equipado con una tarjeta SIM de Movistar. El resultado es un brazalete del tamaño de un reloj que permite al enfermo de Alzheimer desplazarse sin ver restringida su libertad. Cuando el paciente se aleja de la zona limitada se emite una alerta a sus familiares o el cuidador y se pone en contacto mediante la

función manos libres del dispositivo [27].

eNest

El dispositivo cuenta con tecnología GPS y Wi- Fi, para tener localizado al usuario en todo momento, bien sea al aire libre o dentro de cualquier recinto. Además de establecer Geozonas. Cuenta con un sensor de caídas o impactos que en caso de accidentes envía una señal de alarma a la plataforma de control, para que la ayuda sea gestionada con carácter urgente. La pulsera establece comunicación mediante radiofrecuencia [28].

En la Tabla 2.3 se detalla un análisis comparativo de las diferentes funcionalidades que ofrecen otros sistemas de localización para adultos mayores y que generalmente están diseñados en forma de brazaletes [29]:

Tabla 2.3: Sistemas de Localización para personas con Alzheimer[29]

Dispositivo	Lugar colocar	GPS	Reloj	Botón SOS	Comunicación por voz	Envío de Alertas	Detector de caídas
Angelcare	Muñeca	Si	Si	Si	Si	Si	No
eNest	Bolsillo	Si	No	Si	Si	Si	Si
Keruve	Muñeca	Si	Si	No	No	Si	No
Lola S911	Colgante	Si	No	Si	Si	Si	Si
Mimov	Bolsillo	Si	No	Si	Si	Si	Si
LG1	Muñeca	Si	Si	Si	Si	No	No
Tweri	Bolsillo	Si	Si	Si	Si	Si	No
S911	Muñeca	Si	Si	Si	Si	Si	Si

2.2.6. Sistema de Posicionamiento Global GPS

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) es un sistema de 24 satélites que circundan la Tierra y envían señales de radio a su superficie. Para determinar la posición GPS, el receptor localiza automáticamente como mínimo tres satélites de la red, de los que recibe unas señales indicando la posición y el reloj de cada uno de ellos. Con base en estas señales, el aparato sincroniza el reloj del sistema de posicionamiento y calcula el retraso de las señales; es decir, la distancia al satélite. Empleando el método de la triangulación que se basa en determinar la distancia de cada satélite respecto al punto de medición de los tres satélites, se calcula la posición en que el GPS se encuentra. Conocidas las distancias, se determina fácilmente la propia posición relativa respecto a los tres satélites, además al

conocer las coordenadas de cada uno de ellos por la señal que emiten, se obtiene la posición absoluta o coordenadas reales del punto de medición [30].

El posicionamiento global se basa en tres pares fundamentales [31]:

- **Segmento espacial:** Está constituido por los satélites que soportan el sistema y las señales de radio que emiten. Estos satélites conforman la llamada constelación NAVSTAR (Navigation Satellite Timing and Ranging), constituida por 24 satélites operativos más cuatro de reserva que circundan la tierra en órbitas a una altura alrededor de los 20200 Km de la superficie y distribuidos de tal manera que en cada punto de la superficie terrestre se tiene posibilidad de leer la señal de al menos cuatro satélites.
- **Segmento de control:** Está formado por las estaciones terrestres que rastrean los satélites para verificar sus órbitas exactas y enviar toda la información orbital a cada satélite. Por otra parte, sincroniza los relojes atómicos de cada satélite. La hora se la llama hora GPS pero puede ser convertida fácilmente en Tiempo Universal Coordinado (UTC).
- **Segmento de usuario:** Está constituido por los instrumentos utilizados para recepcionar y procesar la señal emitida por los satélites. Estos instrumentos están integrados esencialmente por una antena y un receptor.

2.2.7. Sistema de Monitoreo

Un sistema de monitoreo se define como la combinación de dos o más elementos encaminados a la vigilancia o seguimiento de procesos en forma automática. Aplicado a la medicina, un sistema de monitoreo, permite monitorear las actividades de los diferentes pacientes así como censar diferentes variables correspondientes a las señales vitales de manera que se incremente la movilidad y dependencia del paciente, con una mejor atención y a un costo más accesible [32]. En un sistema de monitoreo intervienen determinados conceptos que se detallan a continuación:

Red Inalámbrica de Sensores

Una WSN (Wireless Sensor Network) es una red de pequeños dispositivos, equipados con sensores, que tienen una función común. Están formadas por un grupo de sensores con ciertas capacidades sensitivas y de comunicación inalámbrica que permiten formar redes sin un nodo central (Ad-Hoc), sin infraestructura física

preestablecida ni administración central [33].

Estas redes son un concepto relativamente nuevo en adquisición y tratamiento de datos con múltiples aplicaciones en distintos campos, tales como entornos industriales, domótica, entornos militares, e-Health, detección ambiental, etc. [33].

Características:

- Facilidad de despliegue y autoconfiguración, pudiendo convertirse en todo momento en emisor, receptor, ofrecer servicios de encaminamiento entre nodos sin visión directa.
- Registrar datos referentes a los sensores locales de cada nodo.
- Gestión eficiente de la energía que permite una autonomía plena.

Arquitectura: Una WSN está formada por un conjunto de nodos sensores, con capacidad limitada de cómputo y comunicación, cuyo tiempo de vida depende de una batería adjunta al dispositivo. Estos dispositivos se encuentran dispersos de manera Ad-Hoc en una determinada área a monitorizar. En una red de sensores inalámbricos se tiene nodos inalámbricos, puerta de enlace y estación base [33]:

Nodos inalámbricos: Denominados motas son capaces de captar la información proveniente del entorno, procesarla y transmitirla. En la en la Figura 2.1 se describe su arquitectura:

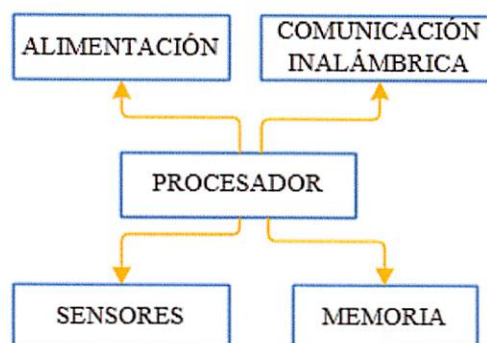


Figura 2.1: Arquitectura de un Nodo Inalámbrico[33].

- *Procesador:* Interpreta y procesa los datos para transmitirlos a otra estación, además de gestionar el almacenamiento de datos en la memoria. De los diferentes productos disponibles en el mercado se destacan: FPGA, microcontroladores y microprocesadores.
- *Alimentación:* La fuente de alimentación son baterías o transformadores con salida adecuada para el nodo si se dispone de toma de corriente. Gran parte de la energía es consumida en la transmisión de información, siendo menor en el procesado y uso de los sensores.
- *Comunicación Inalámbrica:* Se trata de un dispositivo vía radio que permite enviar y recibir datos para comunicarse con otros dispositivos dentro de su rango de transmisión.
- *Sensores:* Son dispositivos que detectan o miden cambios físicos en el área que están monitorizando y producen una respuesta medible ante un cambio en un estado físico, como puede ser temperatura o presión.

Puerta de Enlace: Hace referencia a los elementos que se emplean para la interconexión entre los sensores y una red de datos (TCP/IP). En las aplicaciones donde se usan redes de sensores, éstas no pueden operar completamente aisladas y deben contar con alguna forma de monitoreo y acceso a la información adquirida por los nodos de la red de sensores, de aquí surge la necesidad de conectar las redes de sensores a infraestructuras de redes existentes tales como Internet, redes de área local (LAN) e intranets privadas [33].

Estaciones Base: Hace referencia al almacenamiento de los datos basado en un ordenador común o sistema empujado. En una estructura normal todos los datos van a parar a un equipo servidor dentro de una base de datos, donde los usuarios pueden acceder remotamente a los datos sensados [33].

2.2.8. Características de un Sensor

Un sensor es un dispositivo que convierte una señal física de un tipo en una señal física de otra naturaleza, es decir, proporciona una respuesta frente a estímulos o señales físicas o químicas. Cuando se emplean sensores en sistemas de adquisición de datos se debe considerar [34]:

- El tipo de señal que genera: voltaje, rango de amplitud, respuesta en frecuencia, etc. que determinan el tipo de acondicionamiento de señal, convertidor A/D y cualquier otro hardware a utilizar.

- La influencia de las señales de ruido así como los efectos de carga del hardware de adquisición de datos sobre el sensor.
- La calibración del sensor con respecto a la variable física, ya que se requiere que la respuesta sea lineal. Una calibración mal hecha va a producir mediciones erróneas.
- La precisión del sensor, es decir, la capacidad de medir el mismo valor repetidas veces en idénticas condiciones.
- El tiempo de respuesta del sensor, es decir, el tiempo requerido para responder a un cambio brusco de la variable que está siendo sensada.

Los sensores de acuerdo al principio físico de funcionamiento son: inductivo, capacitivo, termoelectrico o resistivo etc., por la variable física medida: temperatura, presión, posición etc. por la capacidad de generar energía se denominan activos y aquellos que necesitan de un circuito de excitación se conocen como pasivos [34].

2.2.9. Servidor Web

Un Servidor Web de fuente abierta consta de los siguientes elementos:

Servidor LAMP

Un servidor LAMP tiene cuatro componentes: Linux, Apache, MySQL y PHP. Estos forman la infraestructura en el servidor, que hace posible la creación, desarrollo y alojamiento de páginas web dinámicas. Su funcionamiento se basa en Linux como sistema operativo base para ejecutar el servidor web Apache que no puede interpretar contenidos dinámicos, pero PHP ejerce las funciones de programación del lado del servidor. El proceso funciona entonces de la siguiente manera: Apache le envía un código fuente al intérprete PHP, incluyendo la información correspondiente sobre las acciones del visitante de la web, y permite el acceso a la base de datos MySQL. El resultado es devuelto a Apache y este se muestra finalmente en el navegador web del visitante. Un servidor LAMP es la opción preferida por muchos debido a su bajo coste, versatilidad y alta disponibilidad. Así como la manera en que sus elementos se complementan [35].

Distribución CentOS

CENTOS, acrónimo de Community ENTerprise Operaing System, es una distribución de Linux basado en Red Hat Enterprise Linux (RHEL). Éste sistema operativo de código abierto es el más fiable que existe para la creación de servidores debido a su robustez, estabilidad y seguridad así como la facilidad de instalación y utilización. Las arquitecturas soportadas se detallan a continuación [36]:

- Intel x86-compatible(32 bit).
- Intel titanium (64 bit).
- Advanced Micro Devices AMD64 (64 bit).
- PowerPC/32 (Apple Macintosh PowerMac).
- IBM Mainframe

MySQL

MySQL es la base de datos de código abierto más popular del mundo gracias a su rendimiento, confiabilidad y facilidad de uso comprobados. MySQL se ha convertido en la principal opción de base de datos para aplicaciones basadas en la Web, utilizada por propiedades web de alto perfil como Facebook, Twitter, YouTube entre otros; debido a las características siguientes [37]:

- Es multiplataforma, funciona en una amplia lista de sistemas operativos, al contrario de otros sistemas como por ejemplo MS SQL Server que solo es compatible con Windows.
- Alta performance, debido a su simplicidad ya que soporta aproximadamente diez motores de almacenamiento.
- InnoDB: es el motor de almacenamiento predeterminado cuya característica principal es que soporta transacciones y bloqueo de registros.
- MyISAM: es motor predeterminado para versiones anteriores a 5.5, con la diferencia que no soporta transacciones., MySQL tiene un alto rendimiento comparado con sistemas similares.

Para la interfaz de Visualización se emplea un gestor para diseño de páginas Web denominado Dreamweaver.

Dreamweaver

Es un gestor de sitios que ofrece una amplia gama de herramientas de creación, edición y publicación de sitios Web a través de código HTML, para determinados fines el usuario no necesita ser un programador experto en HTML ya que puede crearse su sitio descargándose una plantilla e ir adecuando de acuerdo a sus necesidades desde el modo de diseño. Trabaja en los modos de código, código-diseño y en vivo. Una característica importante es que podemos sincronizar el sitio con un servidor Web. Entre otras características se tiene [38]:

- **Versatilidad:** Permite realizar operaciones variadas en comparación con otros programas de diseño Web.
- **Potencia:** Permite la incorporación imágenes realizadas en Adobe Photoshop, secuencias animadas de Adobe Flash, bases de datos, hojas de cálculo, entre otras.
- **Facilidad de uso:** Permite el diseño de manera simple porque una vez que se comprenda su funcionamiento, resulta muy fácil integrar todos los requerimientos al sitio Web.

2.2.10. Tecnología Inalámbrica Wi-Fi

Wi-Fi es una tecnología inalámbrica de gran velocidad que permite la interconexión de varios equipos informáticos sin necesidad de utilizar cables. Está basado en la norma IEEE 802.11b, ésta norma describe los detalles técnicos para establecer comunicaciones de datos de forma inalámbrica a una velocidad máxima de 11Mbps asegurando la interoperatividad de los equipos. Algunas de las versiones del estándar son [39]:

- **IEEE 802.11a:** Desarrollada en el año 1999 permite velocidad de 54Mbps trabajando en la banda de frecuencias de 5GHz.
- **IEEE 802.11b:** Establecida en el año 1999 es la norma original que permite velocidades de transmisión de hasta 11Mbps utilizando la banda de frecuencias de 2.4GHz.

- **IEEE 802.11g:** Surge en el año 2003 para aumentar la velocidad sin renunciar a las ventajas que ofrece la banda de 2.4GHz con una velocidad de 54Mbps a pesar que existen versiones propietarias que llegan a los 100Mbps.
- **IEEE 802.11n:** Aparece en el año 2009 para conseguir velocidades cada vez mayores llegando a los 300Mbps siendo compatible con el resto de estándares (a, b y g). Además de incorporar varias antenas para utilizar varios canales simultáneamente.

Las principales ventajas que ofrece las redes Wi-Fi con respecto a las redes cableadas son [39]:

- *Movilidad:* Un dispositivo terminal puede situarse en cualquier punto dentro del área de cobertura de la red sin necesidad de depender si es posible o no hacer llegar un cable hasta el sitio.
- *Flexibilidad:* Permite colocar un ordenador en cualquier lugar sin necesidad de realizar cambios en la configuración de red.
- *Ahorro de costes:* Debido a que permite compartir recursos: acceso a Internet, impresoras, etc.
- *Escalabilidad:* Presenta facilidades para extender la red después de su instalación inicial.

Sin embargo la desventaja principal que presentan las redes Wi-Fi son las interferencias debido que trabajan dentro de una banda no licenciada [39].

2.3. Propuesta de solución

La implementación de un sistema de ubicación y monitoreo de señales vitales para los adultos mayores y personas con Alzheimer permitió tener un control adecuado de sus actividades diarias así como generar una base de datos de los signos vitales medidos con el propósito de evitar cualquier tipo de accidentes que al no ser atendido a tiempo causen complicaciones de mayor gravedad.

CAPÍTULO 3

Metodología

3.1. Modalidad Básica de la investigación

En el presente trabajo se empleó la Modalidad Aplicativa debido a que se usó tecnología existente que permitió controlar de manera adecuada las actividades de los adultos mayores y pacientes con Alzheimer. Se desarrolló mediante:

- Investigación Bibliográfica: Realizada en libros, tesis y artículos científicos para profundizar los conocimientos sobre el tema central de la investigación.
- Investigación de Campo: Permitted obtener información real del lugar de los hechos ya que se visitó Fundaciones y Centros Gerontológicos tanto públicos como privados dedicados al cuidado de adultos mayores y pacientes con Alzheimer.
- Investigación Experimental: Concedió el cumplimiento de los objetivos planteados al resolver el problema central de la investigación a través de técnicas y métodos que facilitaron la obtención y procesamientos de los datos requeridos por el sistema.

3.2. Población y Muestra

Para el desarrollo del proyecto se trabajó con el Centro Gerontológico del Cantón Patate, el mismo cuenta con 3 modalidades de atención para los adultos mayores:

- Modalidad Residencial: Correspondiente a 29 adultos mayores que permanecen en el centro atención de manera permanente.
- Modalidad Diurna: Corresponde a 50 adultos mayores que acuden al centro de atención diariamente en el horario de 8:30 am a 13:30 pm.
- Modalidad de Espacios Alternativos: Corresponde a 200 adultos mayores distribuidos en las diferentes zonas que cubre el distrito Patate – Pelileo.

La población total del Centro Gerontológico está constituida por 279 adultos mayores pero sólo 29 de ellos en edades comprendidas desde los 64 a 96 años

(Ver Tabla 3.1) se encuentran de manera permanente en las instalaciones de la institución.

Tabla 3.1: Número de Adultos Mayores por Edad

Edad	N° de adultos	Pacientes con Alzheimer		
		Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3
64 - 69	3			
70 - 74	2			
75 - 79	1			
80 - 84	10	2		
85 - 89	9	2	1	
90 - 96	4	2	1	
TOTAL	29	6	2	0

Elaborado por: Investigadora

Considerando que la población universo de estudio es reducida no se requiere la realización de un proceso de muestreo, por consiguiente el estudio se realizará con toda la población correspondiente a la Modalidad Residencial.

3.3. Recolección de la Información

Para el presente proyecto se recopiló la información mediante la revisión de artículos científicos, fuentes bibliográficas, repositorios de publicaciones, artículos indexados además del empleo de la entrevista como una técnica cualitativa para la recolección de la información en el Centro Alzheimer Fundación TASE de la ciudad de Quito y el Centro Gerontológico del Cantón Patate.

Mediante la experimentación se realizó pruebas de funcionamiento del prototipo para de esta manera corregir errores que afectaban el desempeño del mismo.

3.4. Procesamiento y Análisis de Datos

Con la información recolectada se realizó un análisis para descartar información de poca relevancia en la ejecución del proyecto, los datos recopilados fueron revisados de forma ordenada y metódicamente a fin de generar una visión global del problema en la sociedad actual, lo que permitió plantear los mecanismos de solución.

3.5. Desarrollo de proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se ejecutaron las siguientes actividades:

1. Análisis de las técnicas actuales de adquisición de señales vitales.
2. Determinación de los rangos normales de los señales vitales en adultos mayores.
3. Análisis de sensores para monitoreo de señales vitales.
4. Acondicionamiento de señales y calibración de los sensores elegidos.
5. Programación y acondicionamiento de los diferentes elementos del dispositivo.
6. Elaboración de flujogramas para jerarquización de procesos
7. Integración de sensores a la placa de control.
8. Comparación de tecnologías inalámbricas para determinar la factibilidad y alcance en la transmisión de la información.
9. Elección de la tecnología inalámbrica a emplearse en base a las necesidades del sistema.
10. Creación de un servidor web para almacenamiento de los datos censados.
11. Desarrollo de interfaz para la interacción usuario – sistema.
12. Diseño del sistema de comunicación inalámbrica
13. Construcción del dispositivo priorizando la portabilidad del mismo.
14. Pruebas de funcionamiento y confiabilidad del sistema.
15. Corrección de posibles errores que afecten el funcionamiento del sistema.
16. Elaboración de Informe Final.

CAPÍTULO 4

Desarrollo de la propuesta

Para la implementación del sistema de ubicación y monitoreo de señales vitales se requiere un dispositivo simple, que se ajuste a los requerimientos y las necesidades de los adultos mayores así como los cuidadores del Centro Gerontológico; este factor es de gran importancia debido a que la población en la que se enfoca el proyecto no se ha relacionado con los aparatos tecnológicos desde sus inicios como en la sociedad actual.

Por lo tanto se desarrolla un dispositivo pequeño y sencillo, que no impida el desarrollo normal de las actividades diarias de los adultos mayores pero principalmente que sea de bajo consumo energético y esté constituido con elementos electrónicos que se encuentren disponibles en el mercado nacional y local a un precio accesible.



Figura 4.1: Fases de Desarrollo.
Elaborado por: Investigadora

El proceso de Investigación se basa en el esquema de la Figura 4.1 para estructurar adecuadamente la información y fases de desarrollo. En primera instancia se realiza un análisis de los métodos de adquisición de señales vitales y sus valores normales presentes en pacientes con enfermedad de Alzheimer. A continuación, se presenta una descripción general del sistema en el que se detalla tanto el hardware como el software empleado para adquirir, procesar y visualizar la información

adquirida. Como siguiente punto se incluyen los diversos procesos y subprocesos utilizados para el diseño y construcción del sistema, para finalmente realizar las pruebas de funcionamiento del sistema que permiten establecer el nivel de exactitud y fiabilidad del prototipo desarrollado.

4.1. Estandarización de los valores Señales Vitales en Adultos Mayores

Science Daily informa que los pacientes con la enfermedad de Alzheimer en ocasiones han reducido la presión arterial, que puede estar directamente relacionada con la disminución en la función cerebral. En el artículo "Gerontología" del año 2007 el autor Andis Klegeris, Ph.D., informa que los pacientes de Alzheimer tienen un ligero aumento de temperatura en comparación con el resto de adultos mayores. El aumento corresponde a 0,18 grados Fahrenheit, que se teorizó que es debido a la inflamación en el cerebro. La frecuencia cardíaca y la frecuencia respiratoria no son comúnmente afectadas por la enfermedad de Alzheimer [40]. Por lo tanto los rangos normales de las señales vitales de interés para el desarrollo del proyecto se detallan en las Tablas 4.1, 4.2 y 4.3.

Temperatura: Un porcentaje de ancianos sufren hipotermia por la pérdida de grasa subcutánea, dieta inadecuada, cese de actividad y disminución de los controles termorreguladores [41].

Tabla 4.1: Valores de Temperatura en Adultos Mayores[41]

Rango [°C]	Descripción
< 36	Hipotermia
36.0 – 37.0	<i>Valor Normal</i>
37.5 – 38	Febrícula
39 - 38.9	Fiebre Moderada
39 – 39.9	Fiebre alta
> 40	Hipertermia

Frecuencia Cardíaca: En los ancianos el número de pulsaciones por minuto no varía de los rangos normales a excepción de los adultos mayores que padecen diabetes o arterioesclerosis [41].

Tabla 4.2: Valores de de Frecuencia Cardíaca en Adultos Mayores[41]

Rango [l/m]	Descripción
30 - 35	Bradicardia por bloqueo aurículo-ventricular completo
40 - 60	Bradicardia sinusal
60 - 100	<i>Valor Normal</i>
160	Taquicardia sinusal
> 160	Taquicardia paroxística

Presión Arterial: Debido a que la sangre se mueve en forma de ondas, existen dos tipos de presión: la presión sistólica que se debe a la contracción de los ventrículos, es decir, la presión máxima; y la presión diastólica cuando los ventrículos se relajan; ésta es la presión mínima [41].

Tabla 4.3: Valores de Presión Arterial en Adultos Mayores[41]

PAS [mmHg]	PAD [mmHg]	Descripción
100 - 120	60 - 80	<i>Valor Normal</i>
121 - 139	81 - 89	Pre hipertensión Arterial
140 - 159	90 - 99	Hipertensión arterial - Estado I
> 160	> 100	Hipertensión arterial - Estado II

En la Tabla 4.4 se detalla los valores promedio de temperatura corporal, presión arterial y frecuencia cardíaca medidos a los 29 adultos mayores que residen en las instalaciones del Centro Gerontológico del Cantón Patate.

Tabla 4.4: Señales Vitales Centro Gerontológico[41]

Señal Vital	Rango	Unidad
Temperatura	35.8 - 37	[° C]
Frecuencia Cardíaca	65 - 90	[l/m]
Presión Arterial Sistólica	100 - 120	[mmHg]
Presión Arterial Diastólica	60 - 80	[mmHg]

Elaborado por: Investigadora

Es importante mencionar que el Centro Gerontológico tiene mayor cuidado con la presión arterial debido a la existencia de adultos mayores que sufren hipertensión arterial, por esta razón los cuidadores registran físicamente los valores medidos tanto en la mañana (8:00 am) como en la tarde (17:00 pm); en el Anexo A se puede observar el registro de mediciones correspondiente a la semana del 27 de Noviembre al 03 de Diciembre.

4.2. Análisis y Selección de Hardware para el Sistema de Ubicación y Monitoreo

A. TEMPERATURA

En base a las características del proyecto se empleara un sensor que trabaje dentro del rango de la temperatura corporal del adulto mayor, es decir, de 30 – 50 °C sin olvidar los rangos de hipotermia e hipotermia debido a la existencia de pacientes con alteraciones de temperatura dentro del Centro Gerontológico. Adicionalmente debe ser económico, compatible con el microcontrolador y de fácil adquisición; por ello se han considerado los siguientes sensores.

MCP9808: El MCP9808 de Microchip Technology Inc. posee registros programables por el usuario que proporcionan flexibilidad para aplicaciones sofisticadas de monitorización de la temperatura. Los registros permiten configuraciones seleccionables por el usuario como los modos de apagado o baja potencia y la especificación de los límites de la ventana de alerta de temperatura y de los límites de salida críticos. Cuando la temperatura cambia más allá de los límites especificados, el MCP9808 emite una señal de alerta que se puede configurar como una salida de temperatura crítica [42].

DS18B20: El termómetro digital DS18B20 proporciona mediciones de temperatura Celsius de 9 a 12 bits. Se comunica a través de un bus de 1 hilo que requiere sólo una línea de datos y tierra para la comunicación con el microcontrolador central. Además, el sensor puede obtener energía directamente de la línea de datos, eliminando la necesidad de una fuente de alimentación externa. Las aplicaciones incluyen controles ambientales, sistemas de monitoreo de temperatura dentro de edificios, equipos o maquinaria y control de procesos [43].

Sensor de temperatura MySignals: Forma parte del kit de sensores de la plataforma médica anteriormente conocida como e-Health pero en la actualidad se ha desarrollado una nueva denominada MySignals con 16 sensores que está disponible para Arduino y Raspberry Pi. Este sensor mide la temperatura del cuerpo humano con una desviación máxima de 0,1 °C. El sensor debe conectarse al conector de temperatura específico de la placa MySignals y funciona con una fuente de alimentación de conector directo [44].

A continuación, se realiza un análisis técnico comparativo de las características

principales para los diferentes sensores mencionados anteriormente, concluido el análisis y de acuerdo las especificaciones técnicas detalladas en la Tabla 4.5.

Tabla 4.5: Tabla Comparativa Sensores de Temperatura.

Características Técnicas	Unidad	MCP9808	DS18B20	MySignals
Rango de detección	[°C]	- 40 a 125	- 55 a 125	Temperatura corporal
Voltaje de operación	[V]	2.7 a 5.5	3 a 5.5	-
Corriente de operación	[uA]	200	4	0.7
Tolerancia	[°C]	0.5	2	-
Precisión	[°C]	± 0.5	± 0.5	-
Señal de salida		Voltaje	Voltaje	Resistivo
Tipo de señal de salida		Lineal	Lineal	No Lineal
Tamaño		Pequeño	Pequeño	Mediano
Acoplamiento adicional		No	No	Si
Consumo Energético		Bajo	Bajo	-
Peso	[g]	0.8	0.2	12
Precio	[\$]	8.00	3.00	60.00

Elaborado por: Investigadora

Concluido el análisis se selecciona el sensor de temperatura DS18B20 como el encargo de sensar la temperatura corporal debido a que se encuentra disponible en el mercado nacional, a un costo relativamente bajo, ofrece un señal de salida lineal, peso y tamaño adecuado a las necesidades del proyecto.

B. FRECUENCIA CARDÍACA

Para la medición de la frecuencia cardíaca se requiere un sensor que permita determinar las pulsaciones en la mano específicamente en la muñeca, de manera que se ajuste al diseño deseado para el dispositivo. Además debe operar en niveles bajos tanto de corriente como voltaje.

Sensor ECG AD8232: Es un dispositivo capaz de medir actividad eléctrica del corazón y ser visualizada mediante una gráfica ECG. Está diseñado para extraer, amplificar y filtrar pequeñas señales biopotenciales en presencia de condiciones ruidosas, como las creadas por el movimiento o la colocación remota de electrodos. Esta tarjeta es compatible con cualquier microcontrolador o tarjeta de desarrollo tipo Arduino [45].

Pulse Sensor Amped: Es un sensor de ritmo cardíaco plug-and-play que combina un sensor óptico de latidos amplificado con un circuito de cancelación de ruido que permite una lectura rápida y fiable de los datos. Además, su consumo de corriente es 4 mA a 5 voltios [46].

MAX30100 Pulse Oximeter: Es un sensor que emplea el método de oximetría de pulso, dispone de un LED rojo y otro infrarrojo que iluminan alternativamente durante cierto tiempo (ancho de pulso) la zona expuesta. Guarda la configuración en un conjunto de registros de 8 bits y utiliza una memoria FIFO de 64 bytes para almacenar hasta 16 lecturas completas formadas por 16 bits para el canal rojo y otros 16 bits para el canal infrarrojo[47].

A continuación en la Tabla 4.6, se detalla el análisis técnico comparativo de las características principales para los sensores de frecuencia cardíaca seleccionados.

Tabla 4.6: Tabla Comparativa Sensores de Frecuencia Cardíaca.

Características Técnicas	Unidad	ECG AD8232	Pulse sensor Amped	MAX30100
Voltaje de operación	[V]	2 a 3.6	3 a 5	1.8 a 3.3
Corriente de operación	[mA]	0.17	4	0.7
Tipo de señal de salida		Analógica	Analógica	Analógica
Método de adquisición		Electrodos ECG	Oximetría	Oximetría
Dimensiones	[mm]	36x30	16x16	5.6x2.8
Consumo energético		0.17 mA	4 mA	-
Tamaño		Pequeño	Pequeño	Pequeño
Acoplamiento adicional		Electrodos	Ninguno	Ninguno
Peso	[g]	0.7	0.5	1.0
Precio	[\$]	24.00	26.00	10.00

Elaborado por: Investigadora

En base a los parámetros técnicos descritos, se selecciona al sensor de frecuencia cardíaca Pulse sensor Amped para cumplir con la tarea de obtener la señal deseada debido a que éste satisface los requerimientos de diseño en cuanto se refiere al peso y tamaño, además de no necesitar de acoplamientos adicionales para su funcionamiento ya que es un dispositivo que se pone en contacto con la piel en la zona deseada generando una señal de salida análoga.

C. PRESIÓN ARTERIAL

Para determinar los valores de presión arterial en los adultos mayores se necesita un sensor que no requiera complementos adicionales, pues es motivo de molestia para los pacientes.

Después de una investigación completa se determina que los dispositivos de la serie MPX fabricados por la empresa Motorola, son sensores de presión de silicio piezoresistivo que proporcionan una salida de alta precisión y tensión lineal analógica pero para su funcionamiento requieren del acondicionamiento de una bomba y una electroválvula. Por esta razón, no se pueden usar en el prototipo.

Con la problemática mencionada, se analiza las diferentes marcas de tensiómetros digitales de muñeca. El circuito interno del dispositivo se adecuará en base a los requerimientos del proyecto.

Omron HEM-629: El monitor utiliza el método oscilométrico de medición de la presión arterial. Esto significa que el monitor detecta el movimiento de la sangre a través de la arteria en la muñeca y convierte los movimientos en una lectura digital. Posee un sensor de posición que ayuda a guiar la muñeca hasta el nivel del corazón para obtener mediciones más exactas [48].

Tensiómetro SCIAN LD-732: Es una muñequera con visualización LCD de alta calidad que proporciona información sobre la presión sistólica/diastólica, número de latidos por minuto así como el tiempo en que se realizó la medición. Para obtener los valores de presión arterial se coloca el tensiómetro en la muñeca del paciente y se lo enciende verificando que se mantenga la postura correcta del brazo respecto al corazón.

Esfigmomanómetro MySignals: Forma parte del kit de sensores de la plataforma médica MySignals que es compatible con Arduino y Raspberry Pi. Este sensor realiza la medición automática de la presión sistólica, diastólica y del pulso con fecha y hora. Además de almacenar 80 valores de medición en el dispositivo [49].

En la Tabla 4.7 se describe el análisis comparativo de los parámetros técnicos detallados acerca de los diferentes monitores de presión arterial disponibles

en el mercado nacional. Analizados los parámetros descritos, se selecciona el tensiómetro de la marca SCIAN debido a que cumple con los requerimientos de diseño así como ser económico y estar disponible en el mercado nacional y en cualquier parte del mundo.

Tabla 4.7: Tabla Comparativa Módulos de Presión Arterial.

Características Técnicas	Unidad	HEM-629	SCIAN LD732	MySignals
Voltaje de operación	[V]	2 a 3.6	3 a 5	1.8 a 3.3
Corriente de operación	[mA]	0.17	4	0.7
Tipo de señal de salida		Analógica	Analógica	Analógica
Método de adquisición		Electrodos ECG	Oximetría	Oximetría
Dimensiones	[mm]	36x30	16x16	5.6x2.8
Consumo energético		Bajo	Bajo	Ultra Bajo
Tamaño		Pequeño	Pequeño	Pequeño
Acoplamiento adicional		Electrodos	Ninguno	Ninguno
Peso	[g]	0.7	0.5	1.0
Precio	[\$]	24.00	25.00	10.00

Elaborado por: Investigadora

D. POSICIONAMIENTO GLOBAL GPS

En lo que se refiere a módulos GPS se requiere un módulo pequeño y de gran alcance para lugares cerrados por lo que se analizaran los siguientes dispositivos:

SKM53: La serie SKM53 de SkyNav permite una navegación de alto rendimiento en aplicaciones de posicionamiento rigurosas con una sólida fijación incluso en ambientes de poca visibilidad. Se basa en las características de alto rendimiento de la arquitectura MediaTek 3329 de un solo chip, su sensibilidad de seguimiento de -165 [dBm] extiende la cobertura de posicionamiento en entornos densos donde antes no era posible GPS. El diseño del conector UART de 6 pines es la solución más fácil y conveniente para ser embebido en un dispositivo portátil como localizador personal, detector de cámara de velocidad, localizador de vehículos, etc. [50].

NEO 6M: Son receptores flexibles y rentables que ofrecen numerosas opciones de conectividad. Su arquitectura compacta y las opciones de alimentación y memoria hacen que los módulos NEO-6 sean ideales para dispositivos móviles con baterías con estrictas limitaciones de costes y espacio. El núcleo de posicionamiento U-blox

6 de 50 canales cuenta con un TTFF (Time to First Fix) menor a 1 segundo que es capaz de búsquedas en espacio paralelo en tiempo/frecuencia, lo que le permite encontrar satélites al instante. Además de que su diseño y tecnología innovadores suprimen las fuentes de interferencia y mitigan los efectos de trayectos múltiples, permitiendo un excelente rendimiento de navegación incluso en los entornos más difíciles [51].

SIM-808: El módulo shield SIM808 tiene integrado una quad-band GSM/GPRS y tecnología de navegación GPS, compatible con Arduino que ofrece gran estabilidad. Además puede agregar funciones como: seguimiento de ubicación, voz, texto, SMS y datos. Se puede lograr la adquisición de datos, transmisor-receptor inalámbrico de datos y orientar GPS. También se puede conectar directamente a la antena GSM y GPS mediante un conector de antena externa [52].

Tabla 4.8: Tabla Comparativa Módulos de Posicionamiento Global

Características Técnicas	Unidad	SKM53	NEO 6M	SIM-808
Voltaje de operación	[V]	3.6 a 5	2.7 a 5	5 a 12
Corriente de operación	[mA]	50	10	-
Temperatura de operación	[°C]	-40 a 85	-40 a 85	-40 a 85
Sensibilidad de rastreo	[dBm]	-165	-161	-165
Sensibilidad de adquisición	[dBm]	-148	-160	-148
Velocidad de transmisión	[bps]	9600	9600, 115200	-
Consumo energético	[mA]	>35	30	100
Altitud limite	[mm]	18000	18000	-
Velocidad máxima	[m/s]	515	515	-
Exactitud	[m]	3	2.5	2.5
Dimensiones	[mm]	30x20	23x30	69x54
Canales de recepción		66	50	66
Comunicación		UART	UART, SPI	UART
Peso	[g]	15	12	50
Precio	[\$]	60.00	30.00	85.00

Elaborado por: Investigadora

De acuerdo a las características técnicas detalladas en la Tabla 4.8 se selecciona el módulo de posicionamiento global GPS NEO 6M debido a que se encuentra a un costo accesible en el mercado nacional, posee gran exactitud, voltaje de operación compatible con el resto de sensores y principalmente su peso y tamaño son óptimos para ser acoplados en el prototipo final.

E. PLACA ELECTRÓNICA CONTROLADORA

Es conocido que en la actualidad se han desarrollado una variedad de placas electrónicas que permiten programar, ejecutar y controlar funciones de variadas aplicaciones con el propósito de cumplir tareas específicas. En este caso se desea un microcontrolador que sea capaz de procesar los datos adquiridos, almacenarlos en un servidor web y posteriormente ser visualizados en un dispositivo terminal.

Para elegir el microcontrolador que mejor se acople al diseño del proyecto se consideran ciertos aspectos como son: dimensiones, peso, capacidad de procesamiento, voltaje de alimentación, compatibilidad con el hardware seleccionado anteriormente, entre otros.

Netduino 3: Netduino 3 cuenta con un STM32F427VI o STM32F427VG ARM Cortex-M4 MCU, 1 o 2MB de flash, y 256KB de RAM. Una versión habilitada para WiFi incluye el chip TI CC3100 WiFi con conectividad 802.11b / g / n y soportes incorporados en SSL, WEP y WPA2. El Netduino 3 incluye 3 puertos GoBus 2.0 para componentes plug and play. Es compatible con Arduino y está diseñada a futuro ya que es ideal para proyectos conectados a Internet[53].

Arduino Pro Mini: Es una placa electrónica basada en el controlador ATmega328, cuenta con 14 pines digitales de entrada/salida de los cuales 6 pueden ser utilizados como canales PWM, 8 entradas analógicas, un botón de reinicio, y los agujeros para el montaje de cabezales de pin. Está diseñado para la instalación semi-permanente en objetos; además de venir sin cabeceras de pre-montado lo que permite el uso de varios tipos de conectores o soldadura directa de cables. Hay dos versiones del Pro Mini , uno opera a 3,3 V y 8 MHz, y el otro a 5 V y 16 MHz [54].

BITalino: Es un kit de desarrollo biomédico que permite crear proyectos utilizando sensores y herramientas fisiológicas. Se puede programar a través de APIs que incluyen Python, Java, Android y más lenguajes. La placa está equipada con un microcontrolador ATmega328 que se puede configurar con un valor hasta 1000Hz y es capaz de soportar de seis entradas analógicas (cuatro de 10-bit, dos de 6-bit), cuatro entradas digitales y cuatro salidas digitales [55].

En base a los parámetros técnicos de la Tabla 4.9 la placa electrónica controladora seleccionada para encargarse del procesamiento de los datos censados se selecciona

el Arduino Pro Mini debido a que posee un tamaño y peso ideal, voltaje de operación de 5 voltios, software libre de fácil programación, velocidad de procesamiento de la información, y principalmente que está disponible en el mercado nacional a un precio bajo; lo que le convierte en la placa adecuada para llevar a cabo la ejecución y control de funciones en el dispositivo.

Tabla 4.9: Tabla Comparativa Placas Electrónicas

Características Técnicas	Unidad	Netduino 3	Arduino Pro Mini	BITalino
Voltaje de operación	[V]	7.5 - 12	5	3.3
Velocidad de reloj	[MHz]	168	16	1,10,100 o 1000
Corriente máxima	[mA]	125	150	500
Corriente por pin	[mA]	25	20	-
Memoria Flash	[kB]	164	32	-
Memoria EEPROM	[kB]	-	1	-
SRAM interna	[kB]	-	2	-
Controlador		STM32F427VI	ATMega328	ATMega328
Comunicación		SPI, I2C, UART	SPI	I2C, UART
I/Os digitales		22	14	4/4
Entradas análogas		6	8	6
Canales PWM		6	6	-
Canales ADC		6	10	-
Dimensiones	[mm]	84x53	18x33	100X60
Peso	[g]	15	2	30
Precio	[\$]	60.00	9.95	209.95

Elaborado por: Investigadora

E. FUENTE DE ALIMENTACIÓN

En cuanto se refiere a la alimentación del prototipo se requiere de un fuente de energía que suministre 5 voltios debido a que el hardware seleccionado anteriormente requiere de esos niveles de voltaje para funcionar adecuadamente. De igual forma es importante que la fuente proporcione alimentación por al menos 8 horas durante el día, posean celdas secundarias ofreciendo la facilidad de recargar, peso y tamaño reducido, etc. Para ello se analizan las siguientes fuentes de energía:

Baterías de Nickel-Cadmio (Ni-Cd): Se basan en celdas selladas que utilizan un cátodo de hidróxido de níquel y un ánodo de un compuesto de cadmio que permite recargar la batería una vez está agotada para su reutilización. Sin embargo, su densidad de energía es de tan sólo 50 Wh/kg, lo que hace que tengan

poca capacidad. Por otro lado tiene el efecto de memoria que acelera su proceso de descarga [56].

Baterías de Ion-Litio (Li-ion): Estas baterías emplean un ánodo de grafito y un cátodo de óxido de cobalto, trifenilina (LiFePO₄) u óxido de manganeso. Su uso es más reciente, y permite llegar a altas densidades de capacidad. No admiten descargas y suelen llevar acoplada circuitería adicional para conocer el estado de la batería, evitando la carga excesiva y la descarga completa. Se utilizan en aparatos como teléfonos móviles, agendas electrónicas, ordenadores portátiles y lectores de música [56].

Baterías de Polímero-Litio (Li-po): Es una batería de litio con un polímero sólido como electrolítico. Tienen una densidad de energía de entre 5 y 12 veces las de Ni-Cd, son cuatro veces más ligeras que las de Ni-Cd. La gran desventaja de estas baterías es que requieren un trato mucho más delicado ya que pueden llegar a explotar. [56].

Tabla 4.10: Tabla Comparativa Fuentes de Energía

Características Técnicas	Unidad	Batería de Ni-Cd	Batería Li-ion	Batería Li-po
Voltaje por celda	[V]	1.25	3.7	3.7
Densidad de energía	[Wh/Kg]	45 - 80	110 - 160	100 - 130
Resistencia Interna	[Ohms]	100 - 200	100 - 130	25 - 50
Temperatura de operación	[° C]	-40 a 60	-20 a 60	-40 a 60
Carga Eléctrica	[mAh]	500 - 1000	1100	750
Potencia	[W/Kg]	100 - 150	200 - 300	350
Numero de recargas		500	4000	5000
Tiempo de carga	[h]	10 - 14	1 - 2	1 - 1.5
Eficiencia	[%]	80	>95	-
Descarga mensual	[%]	30	25	10
Descarga		Necesario	Fallo a -2.5 V	Fallo a -2.5 V
Sobrecarga		Soportado	Soportado	Soportado
Dimensiones	[mm]	23x43	52x38x5	55x40x5
Peso	[g]	50	110 - 160	100 - 130
Precio	[\$]	10.00	5.00	15.00

Elaborado por: Investigadora

En base a los parámetros técnicos de la Tabla 4.10 se selecciona la batería de Li-ion como fuente de energía para abastecer el prototipo debido a que su peso

y dimensiones son adecuadas para el prototipo, además de tener un bajo costo y estar disponibles en el mercado.

4.3. Diseño del Sistema de Comunicación Inalámbrica

Una vez que se ha concluido con el proceso de análisis y la selección de los diferentes sensores que permitirán determinar la temperatura y frecuencia cardíaca así como los módulos que se emplearán para la adquisición de las variables de presión arterial y posicionamiento, se procede a diseñar el sistema de comunicación inalámbrica que permitirá procesar y visualizar las variables anteriormente mencionadas. En la Figura 4.2 se describen las diferentes etapas para la adquisición y acondicionamiento de señal, procesamiento de señales, almacenamiento de los datos sensados y visualización de la información en la base de datos.

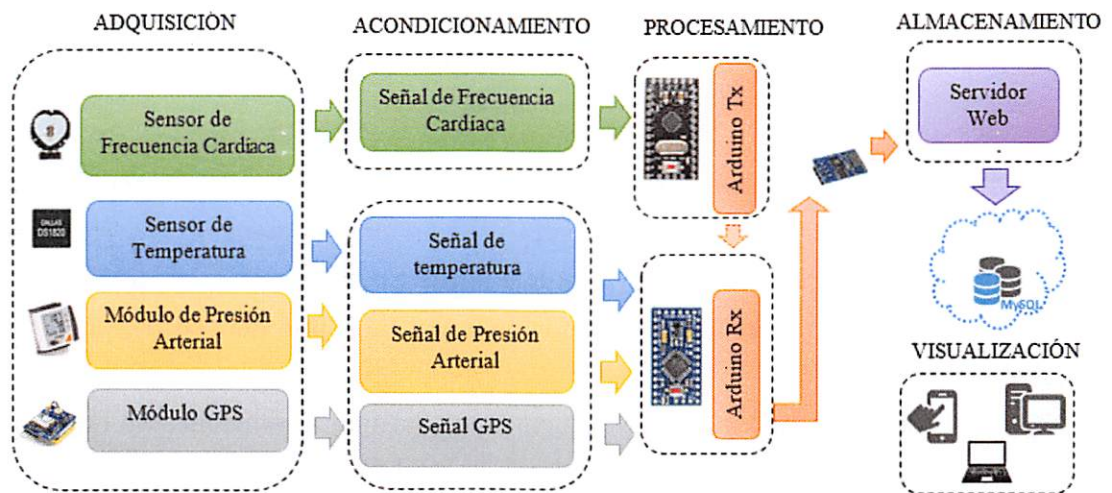


Figura 4.2: Diseño del Sistema de Comunicación Inalámbrica
Elaborado por: Investigadora

4.3.1. Adquisición y Acondicionamiento de Señal

El proceso de adquisición y acondicionamiento de la señal para cada uno de los sensores es de gran importancia debido a que estos factores permiten determinar la fiabilidad y confiabilidad del sistema. Al acondicionar una señal se ajustan diferentes parámetros como pueden ser amplificación, conversión, linealización entre otros que permitan generar una salida adecuada. Para ello se analiza cada sensor y se presenta el procedimiento a realizar para acondicionar la señal.

A. DSB18B20 – Temperatura

El DS18B20 es un sensor de temperatura tipo termómetro digital entre 9 y 12 bits de temperatura en grados Celsius, emplea el protocolo OneWire que permite enviar y recibir datos utilizando un solo cable, a diferencia de la mayoría de los protocolos que requiere dos vías. Su interfaz de funcionamiento es sencilla y su uso es aplicable en proyectos que requieran mediciones precisas y confiables [43].

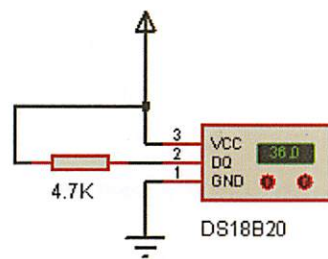


Figura 4.3: Acondicionamiento DS18B20
Elaborado por: Investigadora

De acuerdo a sus características técnicas no requiere ningún acoplamiento adicional, sin embargo, se recomienda utilizar una resistencia de 4.7K entre los pines Vcc y Vo como se observa en la Figura 4.3 para evitar la presencia de altas impedancias, garantizando el funcionamiento óptimo del sensor.

Una vez que el sensor se encuentra en óptimas condiciones de funcionamiento se realiza una etapa de compensación para obtener un valor de temperatura corporal igual a que el sensor estuviese ubicado en las zonas ya determinadas para medir la temperatura corporal como se menciona en el apartado 2.2.2 que corresponde al estudio de los señales vitales.

En el diseño final del prototipo el sensor se ubicará en la muñeca del paciente. Por tal razón, es necesario realizar un análisis entre el valor detectado por el sensor y el valor detectado por un termómetro digital de la marca Beurer que es ubicado en la axila. El termómetro Beurer al igual que otros termómetros de marcas reconocidas como Omrom, Philips, Citizen, Microlife, etc. poseen un intervalo de 60 segundos para determinar el valor de la temperatura corporal, por lo tanto, para el sensor DS18B20 también se considera este intervalo de tiempo para estabilizar y tomar el valor deseado.

De acuerdo a las condiciones establecidas se analizan los datos que se detallan en la Tabla 4.11 y se determina una compensación de 3.93 grados centígrados ($^{\circ}C$).

Tabla 4.11: Compensación Temperatura Corporal

N°	Termómetro [$^{\circ}C$]	Sensor [$^{\circ}C$]	Diferencia [$^{\circ}C$]
1	35,80	30,94	4,86
2	35,80	31,00	4,80
3	35,80	31,06	4,74
4	35,80	31,12	4,68
5	35,80	31,19	4,61
6	35,80	31,25	4,55
7	35,80	31,31	4,49
8	35,80	31,44	4,36
9	35,80	31,50	4,30
10	35,80	31,56	4,24
11	35,80	31,62	4,18
12	35,80	31,56	4,24
13	35,80	31,69	4,11
14	35,80	31,75	4,05
15	35,80	31,81	3,99
16	35,80	31,87	3,93
17	35,80	31,94	3,86
18	35,80	32,00	3,80
19	35,80	32,06	3,74
20	35,80	32,13	3,67
21	36,00	32,55	3,45
22	36,00	32,61	3,39
23	36,00	32,68	3,32
24	36,00	32,74	3,26
25	36,00	32,80	3,20
26	36,10	32,86	3,24
27	36,10	32,99	3,11
28	36,10	33,00	3,10
29	36,20	32,99	3,21
30	36,20	32,80	3,40
			3.93

Elaborado por: Investigadora

B. Pulse Sensor Amped – Frecuencia Cardíaca

Internamente el sensor de frecuencia cardíaca Pulse Sensor Amped está constituido por el sensor miniatura APDS-9008, un led AM2520ZGC09 y el

amplificador MCP6001 como se puede observar en la Figura 4.4 [46].

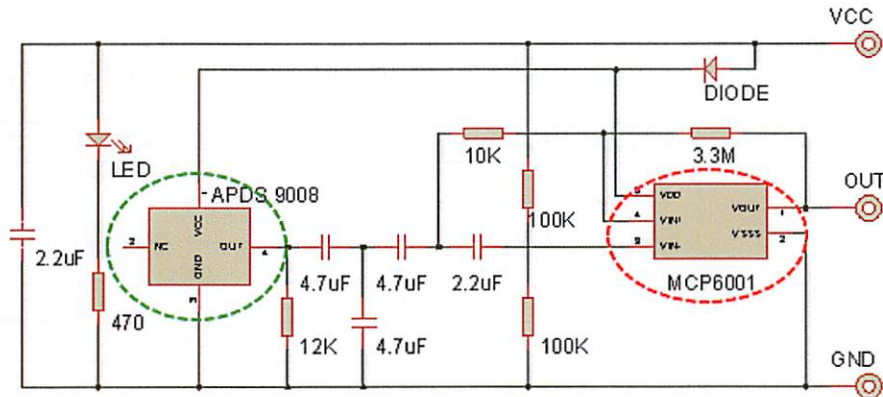


Figura 4.4: Estructura Interna Pulse Sensor Amped [42].

1. El APDS-9008 señalado de color verde en la Figura 4.4 es un sensor fotográfico de luz que capta la onda pulsátil generada por la sangre y presenta a la salida una señal lineal analógica que en base a la resistencia de carga no sobrepasa los 1.8 voltios como se observa en la Figura 4.5, tiene excelente capacidad de respuesta cercana al ojo humano; además de trabajar con una tensión de alimentación 1.6 a 5.5 voltios y estar diseñado para ambientes de temperatura que van de -40 a 85 °C [57].

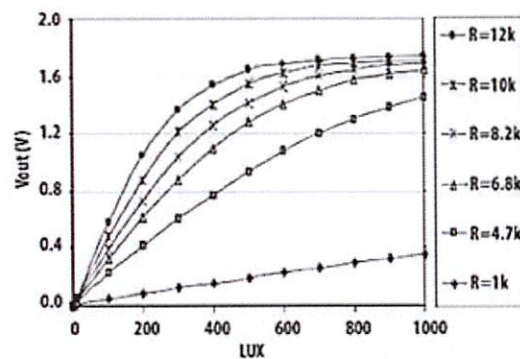


Figura 4.5: Curva característica ADPS-9800 (Iluminación - Voltaje) [56].

1. El amplificador operacional MCP6001 que se lo identifica en la Figura 4.4 de color rojo, es un dispositivo adecuado para circuitos de baja potencia y operados por baterías debido a la baja corriente de reposo, además de trabajar con un rango de alimentación de 1.8 a 6 voltios. En la Figura 4.6 podemos observar cómo se realiza la amplificación de la señal a la salida dentro de los rangos de alimentación [58].

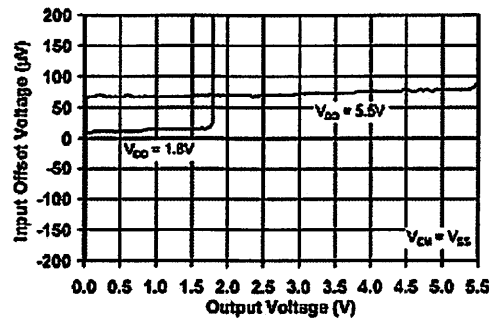


Figura 4.6: Curva Característica MCP6001(V_{in} - V_{out})[57].

De acuerdo al análisis de los parámetros de la estructura interna del sensor de frecuencia cardíaca se determina que la etapa de acondicionamiento ha sido desarrollada por el fabricante y por ello no requiere de acondicionamiento alguno por parte de la investigadora.

C. Monitor SCIAN – Presión Arterial

De acuerdo a las características técnicas analizadas en la Tabla 4.7 se tiene que el monitor de la marca SCIAN emplea el método oscilométrico para la medición y determinación de la presión arterial; por lo tanto para adquirir y acondicionar las señales para el sistema se deberá aplicar un proceso de ingeniería inversa.

En los tensiómetros de muñeca el brazalete es inicialmente inflado a una presión superior a la presión arterial sistólica durante un período de 30 segundos, después se reduce hasta llegar a un nivel por debajo de la presión diastólica. Cuando el flujo de sangre es nulo (presión del brazalete excediendo la presión sistólica), o sin obstáculo (presión del brazalete debajo de la presión diastólica); la presión del brazalete será constante. Cuando el flujo de sangre está presente pero restringido, la presión del brazalete que es monitoreada por el sensor de presión variará periódicamente en sincronía con la expansión y contracción cíclicas de la arteria braquial.

En la figura 4.7 se muestra la onda característica del método oscilométrico, en donde el punto (1) indica el valor de presión sistólica, mientras que el punto (2) muestra el valor de la presión diastólica [59].

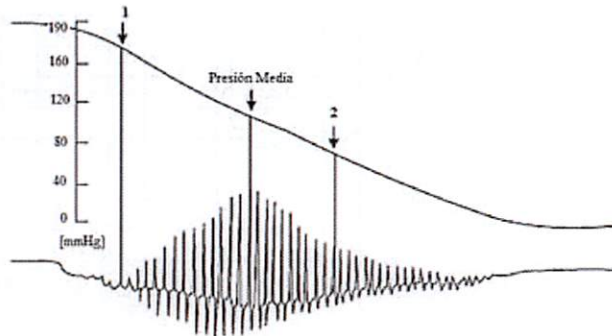


Figura 4.7: Onda Característica Método Oscilométrico[58].

A continuación, se procede a analizar la placa electrónica del monitor SCIAN, cuyos componentes más sobresalientes se pueden observar en la Figura 4.8:

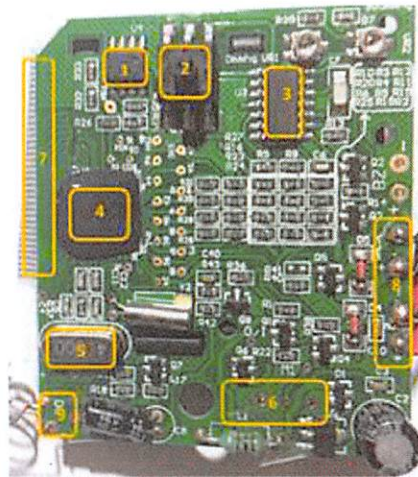


Figura 4.8: Placa Interna Tensiómetro SCIAN
Elaborado por: Investigadora

1. *EEPROM 24C08K*: Es una memoria PROM eléctricamente borrable de 8 Kbit diseñada para rangos de temperatura ampliados (-40°C to +85°C). El dispositivo está organizado en cuatro bloques de 256 x 8 bits de memoria con una interfaz serie de 2 hilos, además de tener una capacidad de escritura de página de hasta 16 bytes de datos. Los pines 1, 2, 3, 4 y 7 se encuentran conectados a GND [60].
2. Transductor de presión HPX: Es un sensor piezoresistivo de silicio de la serie HPX de Honeywell que proporciona una detección precisa y de bajo costo, al no ser calibrado requiere de un circuito de amplificación y

acondicionamiento de señal para cumplir con los requisitos específicos de la aplicación [61].

3. Amplificador LM324: Es un amplificador operacional cuádruple de bajo costo y consumo de energía en relación al LM741, presenta entradas diferenciales verdaderas eliminando la necesidad de fuentes de alimentación dobles debido a que permite en la entrada y salida tensiones cercanas a GND, alta ganancia y gran ancho de banda[62].
4. Controlador Central que no se puede analizar porque el acceso es restringido por parte del fabricante.
5. Oscilador de 4MHz para proporcionar una señal de reloj estable para los circuitos integrados que están montados en la placa.
6. Botones de Control para la activación del monitor y el acceso a la memoria.
7. Buses Pantalla LCD para visualizar los datos medidos.
8. Salidas Válvula y Motor para alimentar, activar y controlar la bomba interna y el inflado del manguito cuando se realiza una medición.
9. Salidas alimentación DC para suministrar energía a la placa electrónica.

Concluido el análisis e identificación de los diferentes componentes de la placa del tensiómetro, se procede a extraer los valores de presión arterial a través de la memoria 24C08K.

La memoria internamente está compuesta por 4 bancos de memoria de 256 bits cada uno (x50, x51, x52, x53) permitiendo un almacenamiento máximo de 90 mediciones.

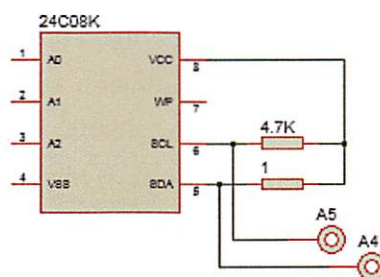


Figura 4.9: Memoria 24C08K
Elaborado por: Investigadora

Para leer los valores almacenados en los diferentes bancos de memoria es necesario conectar resistencias de 4.7K a los pines 5 y 6 que corresponden a SDA y SCL respectivamente como se puede observar en la Figura 4.9.

El pin bi-direccional SDA se utiliza para transferir direcciones y datos de entrada y salida, mientras que el pin SCL se utiliza para sincronizar la transferencia de datos desde y hacia el dispositivo. Al colocar las resistencias de 4.7K se logra reducir la alta impedancia que se genera al dispositivo, y gracias al algoritmo de programación descrito en el Anexo B se logra leer los bancos de memoria.

En la Tabla 4.12 se observa un resumen de la lectura de las 1023 posiciones que posee el banco de memoria x50, en éste banco de memoria se identifica que cada lectura de presión arterial ocupa 8 bits de memoria a partir de la posición 16 por lo que dentro de cada banco de 256 bits se almacenan 30 mediciones.

Tabla 4.12: Lectura Bancos de Memoria 24C08K

Pos.	DEC	BIN	Descripción
0	11	1011	N° de mediciones almacenadas
1-15	0	0	
16	189	10111101	Presión Sistólica
17	121	1111001	Presión Diastólica
18	0	0	
19	86	1010110	Frecuencia Cardíaca
20	17	10001	Año
21	159	10011111	Día
22	14	1110	Hora
23	31	11111	Minutos

Elaborado por: Investigadora

Analizando los datos de la Tabla 16 donde, Pos.: Representa la posición de memoria ocupada por los datos almacenados, DEC: Los datos almacenados en números decimales y BIN: Datos almacenados en numeración binaria; se deduce un valor de presión arterial 189/121 (valor decimal de referencia obtenido del banco de memoria) con 86 latidos por minuto, realizado el 8 de junio de 2017 a las 14h31. Además se puede observar el número de mediciones almacenadas, éste es un dato clave para establecer las condiciones que permiten leer los datos a través de la Comunicación I2C.

Finalizado el análisis de la estructura de los datos obtenidos de las diferentes mediciones de presión correspondiente a 10 adultos mayores, se establece una constante numérica positiva para obtener los valores de presión arterial.

La constante numérica k se determina mediante un análisis de los datos extraídos, esto consiste en multiplicar a las muestras tanto a la presión arterial sistólica y diastólica del banco de memoria por un valor aleatorio entre 0 y 0.9 de manera que el valor obtenido se aproxime al valor real medido por el tensiómetro. Después de varias pruebas realizadas, se establece un valor $k = 0.586$ de manera que el valor leído es similar al valor almacenado por el tensiómetro.

Tabla 4.13: Valores de Presión Medida vs Presión Obtenida

Posición de memoria	Datos leídos	Presión Monitor	Descripción	Presión aproximada
16	189	111	PAS	110,754
17	121	71	PAD	70,906
24	186	109	PAS	108,996
25	110	64	PAD	64,46
32	175	103	PAS	102,550
33	102	60	PAD	59,772
40	187	110	PAS	109,582
41	110	64	PAD	64,46
48	175	103	PAS	102,550
49	112	66	PAD	65,632
56	176	103	PAS	103,136
57	113	66	PAD	66,218
64	162	95	PAS	94,932
65	108	63	PAD	63,288
72	171	100	PAS	100,206
73	110	64	PAD	64,46
80	172	101	PAS	100,792
81	103	60	PAD	60,358
88	159	111	PAS	110,754
89	107	71	PAD	70,906
96	200	117	PAS	117,200
97	114	67	PAD	66,804
104	193	113	PAS	113,098
105	119	70	PAD	69,734
112	189	111	PAS	110,754
113	113	66	PAD	66,218

Elaborado por: Investigadora

En la Tabla 4.13 se describe los valores de presión arterial sistólica (PAS) y la presión arterial diastólica (PAD) obtenidos después de multiplicar el valor por la constante.

Concluido el proceso de adquisición de los datos, como siguiente punto se desarrolla un algoritmo que permita leer la última medición realizada y no todo el banco de memoria, para ello se emplea una progresión aritmética.

Una progresión o sucesión aritmética es un conjunto de números reales constituidos a partir de una regla, a cada número se le llama término de la solución y se denota con a_n . Se construyen considerando dos números consecutivos cualesquiera, separados por una diferencia fija también conocida como diferencia común d [63].

$$a_n = a_1 + (n - 1) d$$

$$a_2 = a_1 + d$$

$$a_3 = a_1 + 2d$$

$$a_4 = a_1 + 3d$$

De donde a_n es la última medición que se va a leer, a_1 es la posición base que es 8 debido al número de bits que la memoria ocupa para almacenar la medición, $(n - 1)$ está representado por el número total de mediciones almacenadas y d se define por el número de bits que se emplean para almacenar cada medición. Entonces:

$$posLectura = posBase + Nmediciones * posBase;$$

Finalmente para visualizar el valor de presión arterial sistólica y diastólica en el monitor serial del IDE de Arduino se emplean las siguientes líneas de código:

$$AuxPs = leerI2C(posLectura);$$

$$AuxPd = leerI2C(posLectura + 1);$$

D. GPS NEO 6M – Localización

Para obtener la ubicación es necesario incluir en el algoritmo de programación (Anexo C) la librería TinyGPS que básicamente convierte los protocolos NMEA

(National Marine Electronics Association) empleados por el modulo GPS en términos de latitud y longitud entendibles, para que el usuario pueda iniciar la búsqueda en Google Maps.

La librería TinyGPS convierte la trama NMEA en valores de latitud y longitud para que el usuario pueda entenderlos con mayor facilidad, además proporciona métodos compactos y fáciles de usar para extraer la posición, fecha, hora, altitud, velocidad y curso de los dispositivos GPS manteniendo un bajo consumo de recursos [64].

Gracias al algoritmo descrito se muestra la trama del protocolo NMEA, dentro de la misma se analiza la trama \$GPRMC que posee las siguientes variables:

```
$GPGGA, 22159.00, 0122.0525, S, 07832.02069, W, 1, 05, 3.32, 2687.12, M, 12.5, M,, *63
$GPGSA, A, 3, 29, 12, 25, 02, 32,, ,, ,4.25,3.32, 2.65*0E
$GPGSV, 2, 1, 07, 02, 14, 135, 44, 12, 19, 144, 37, 18, 15, 329,,25, 23, 182, 22*7B
$GPGSV, 2, 2, 07, 29, 52, 210, 48, 32, 22, 247, 43, 46, 67, 273,35*49
$GPGLL, 0122.00525, S, 07832.02069, W, 222159.00, A, A*69
$GPRMC, 2222.00, A, 0122.00512, S, 07832.02065, W, 0.261,,50917,, ,A*75
$GPVTG,, T,,M,0.261,N,0.484,K,A*2E
```

Donde:

- 222200.00 representa la hora GMT (22:22:00)
- “A” indica que el dato de posición está fijado y es correcto.
- 0122.00512 representa la longitud (01^o 22.00512’)
- S representa el Sur
- 07832.02065 representa la latitud (78^o 32. 02065’)
- W representa el Oeste
- 0.261 representa la velocidad en nudos
- 65.46 representa la orientación en grados
- 050917 representa la fecha (05 de septiembre del 2017)

4.3.2. Elección de la Tecnología Inalámbrica

La elección de la tecnología inalámbrica que se emplea para la transmisión de las señales vitales sensadas se basa en los requerimientos de diseño como son: transmisión eficiente de la información y gran alcance. En base a estos factores se realiza un análisis técnico comparativo de las diferentes tecnologías inalámbricas, posteriormente se elige la que mejor se acople tanto con el hardware como software utilizado en la implementación del sistema de ubicación y monitoreo.

Tabla 4.14: Tabla Comparativa Tecnologías Inalámbricas

Tecnología	Bluetooth Low Energy	Bluetooth	WI-FI	ZigBee	WiMAX
Parámetros					
Topología	Piconet Scatternet	Piconet Scatternet	Árbol	Mesh, Estrella y Árbol	Mesh Punto – Multipunto
Velocidad	1Mbps	700 Kbps	11 -54 Mbps	250 Kbps	70 Mbps
Alcance	1m	< 10 m	4 – 100 m	10 – 300 m	50 Km
Estándar	802.15.1	802.15.1	802.11	802.15.4	802.16
Tipo de Red	-	WPAN	WLAN, Ad – Hoc	WPAN	WMAN, HyperMAN
Frecuencia	2.4GHz	2.4GHz	2.4 – 5 GHz	2.4 GHz	11 GHz
Técnica de Acceso	FDMA, TDMA	TDD	CSMA-CA	CSMA-CA	TDD
N° de canales	40	79	11	16	-
Modulación	GFSK	PSK	OFDM, CCK, BPSK, M-QAM	O-QPSK	QAM, OFDM, OFDMA
Aplicaciones	Sistemas de bajo consumo	Voz y datos	Internet	Radiodifusión digital de bajo consumo	Internet

Elaborado por: Investigadora

De acuerdo al análisis técnico comparativo realizado en la Tabla 4.14 y obedeciendo a las características del dispositivo se selecciona a la tecnología inalámbrica Wi – Fi como la encargada de transmitir los datos censados. Esta tecnología se selecciona por sus características de gran alcance y velocidad, facilidad de acceso, fiabilidad y confiabilidad así como la capacidad para ofrecer una variada gama de aplicaciones relacionadas con Internet sin necesidad de buscar una conexión integrada.

4.3.3. Procesamiento de señales

Las señales adquiridas y acondicionadas por los diferentes elementos y dispositivos electrónicos son procesadas en dos placas Arduino Pro Mini como se muestra en la Figura 4.10. La señal de frecuencia cardíaca se procesa en la placa denominada como elemento transmisor mientras que las señales de temperatura, presión arterial y localización se procesan en la placa que se encarga de recibir la trama enviada desde el transmisor. Cuando se recibe esta información, el Arduino se encarga de decodificar la trama para obtener el valor de frecuencia cardíaca medido y agregarlo a la nueva cadena que será enviada hacia la base de datos alojada en el servidor Web.

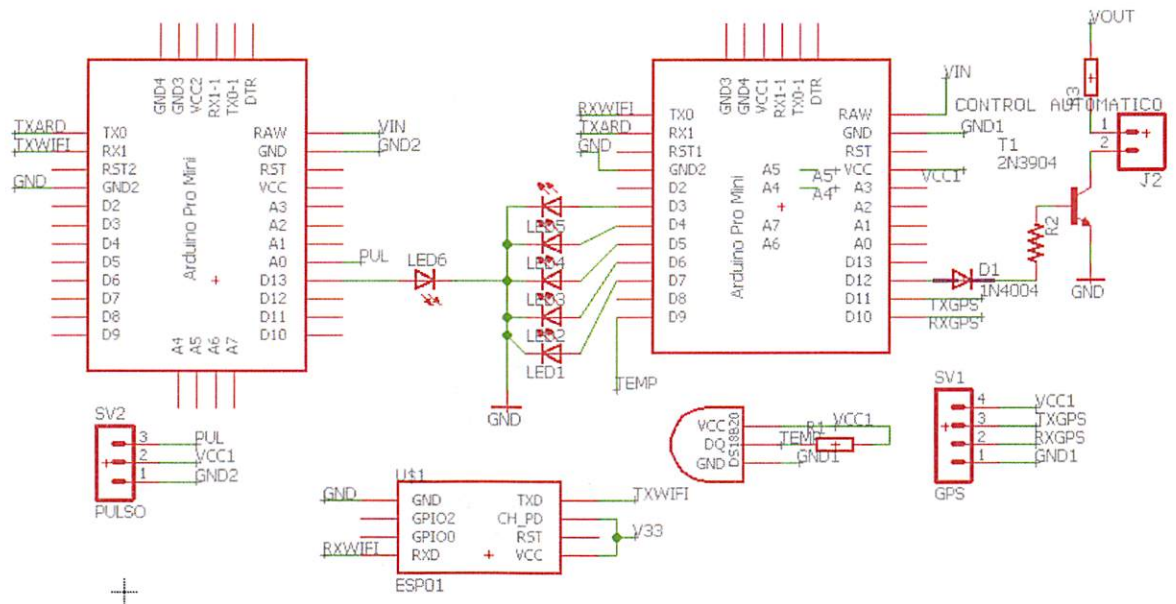


Figura 4.10: Diagrama Esquemático de Procesamiento de Información
Elaborado por: Investigadora

La información se envía a través del módulo Wi-Fi ESP8266 que mediante comandos AT es programado en el modo 1 que corresponde al modo de estación (cliente) para realizar las peticiones al servidor, y mediante el método HTTP GET insertar la información codificada en el header del HTTP request, directamente en la URL. La URL está formada por la IP del servidor seguida del nombre del archivo que contiene el código PHP para insertar los datos en la base.

4.3.4. Flujogramas de Jerarquización de procesos

Los algoritmos empleados para el procesamiento de las señales recibidas de los diferentes sensores tanto en el transmisor como en el receptor se detallan en los Anexos D y E respectivamente, en este apartado se realiza la explicación de las librerías e interrupciones adicionales empleadas para los diferentes sensores y dispositivos que conforman el sistema de ubicación y monitoreo.

A. Temperatura: El algoritmo de programación para medir la temperatura corporal se describe en la Figura 4.11.

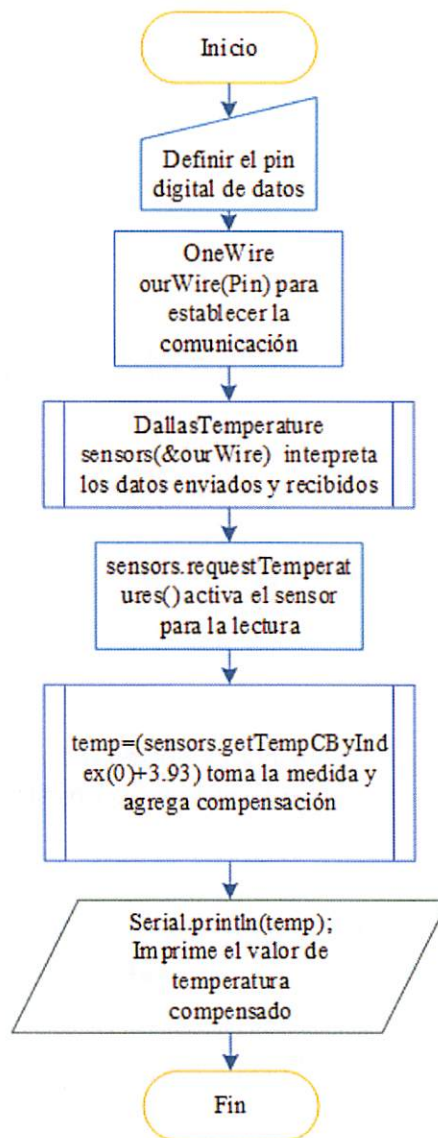


Figura 4.11: Flujograma Temperatura
Elaborado por: Investigadora

El algoritmo requiere de la librería OneWire que trabaja en conjunto con la librería Dallas Temperature, aplicable en sensores tipo termómetro digital como es el caso del sensor DS18B20. La librería OneWire es un protocolo de comunicación serie maestro/esclavo para comunicaciones de un solo cable. Los dispositivos habilitados para OneWire deben tener controladores de colector abiertos con una única resistencia pull-up en la línea de datos compartida para el funcionamiento correcto del sensor[65].

B. Presión Arterial: Para el desarrollo del algoritmo que permite obtener la presión arterial se emplea el flujograma descrito en la Figura 4.12.

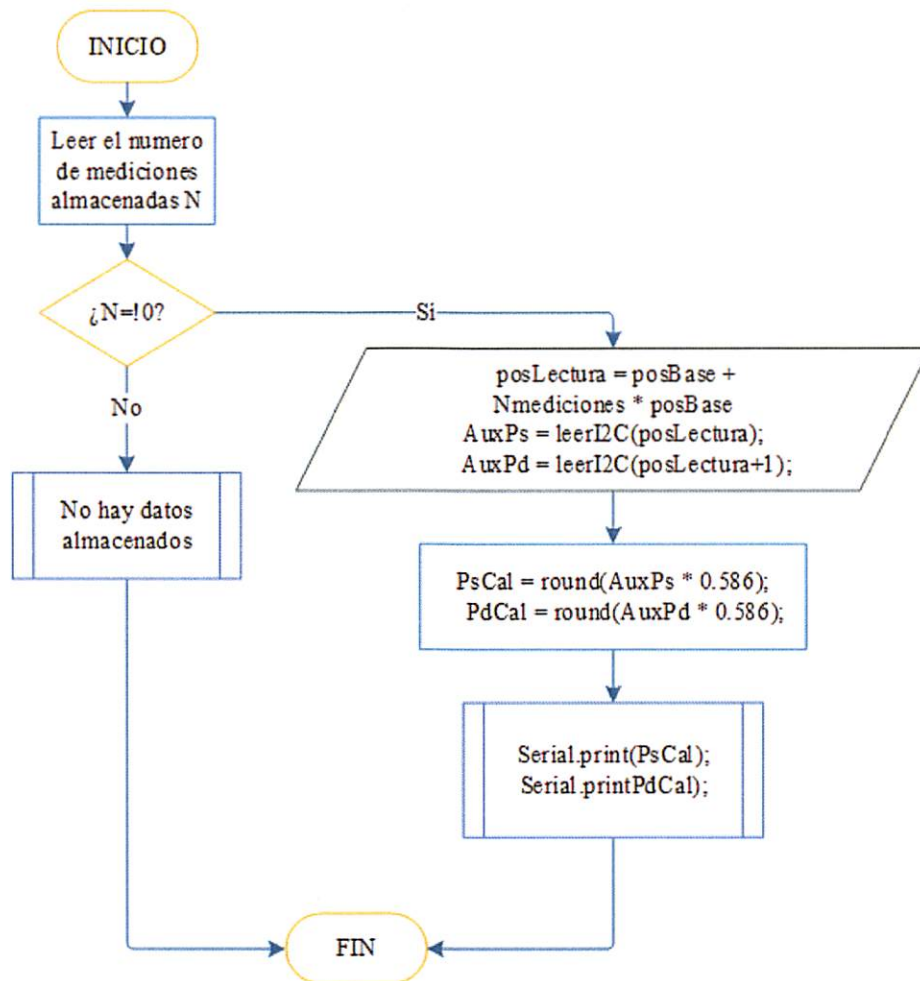


Figura 4.12: Flujograma Presión Arterial
Elaborado por: Investigadora

El algoritmo utiliza la librería Wire para comunicar la placa Arduino con dispositivos que trabajan mediante el protocolo I2C/TWI. Este sistema de comunicación utiliza dos líneas de transmisión: SDA y SCL conectadas a dos resistencias tipo pull-up. Además usa direcciones de 7 bits para identificar la dirección del dispositivo y el octavo bit indica si se lee o se escribe[66].

C. Frecuencia Cardíaca: El algoritmo que permite obtener el número de latidos del corazón en un minuto necesita ejecutar una interrupción ISR(TIMER2_COMPA_vect) para inicializar el Timer 2 asegurando que se tome la lectura cada 2 milisegundos. El flujograma que se describe en la Figura 4.13 explica las partes esenciales del algoritmo.

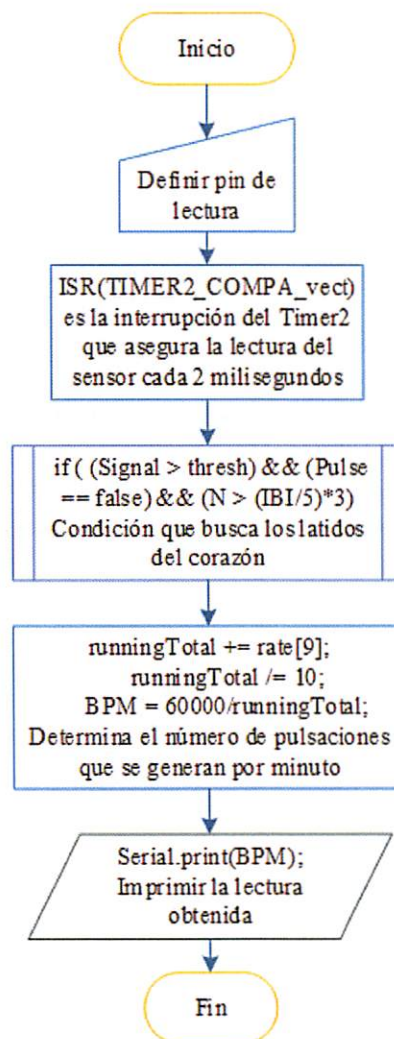


Figura 4.13: Flujograma Frecuencia Cardíaca
Elaborado por: Investigadora

D. Localización GPS: Para obtener los valores tanto de longitud como latitud es necesario incluir en el algoritmo de programación la librería TinyGPS que se explicó en el apartado 4.3.1. para pasar la trama del protocolo NMEA en datos entendibles para el usuario.

En la Figura 4.14 se detalla el proceso de obtención del posicionamiento geográfico.

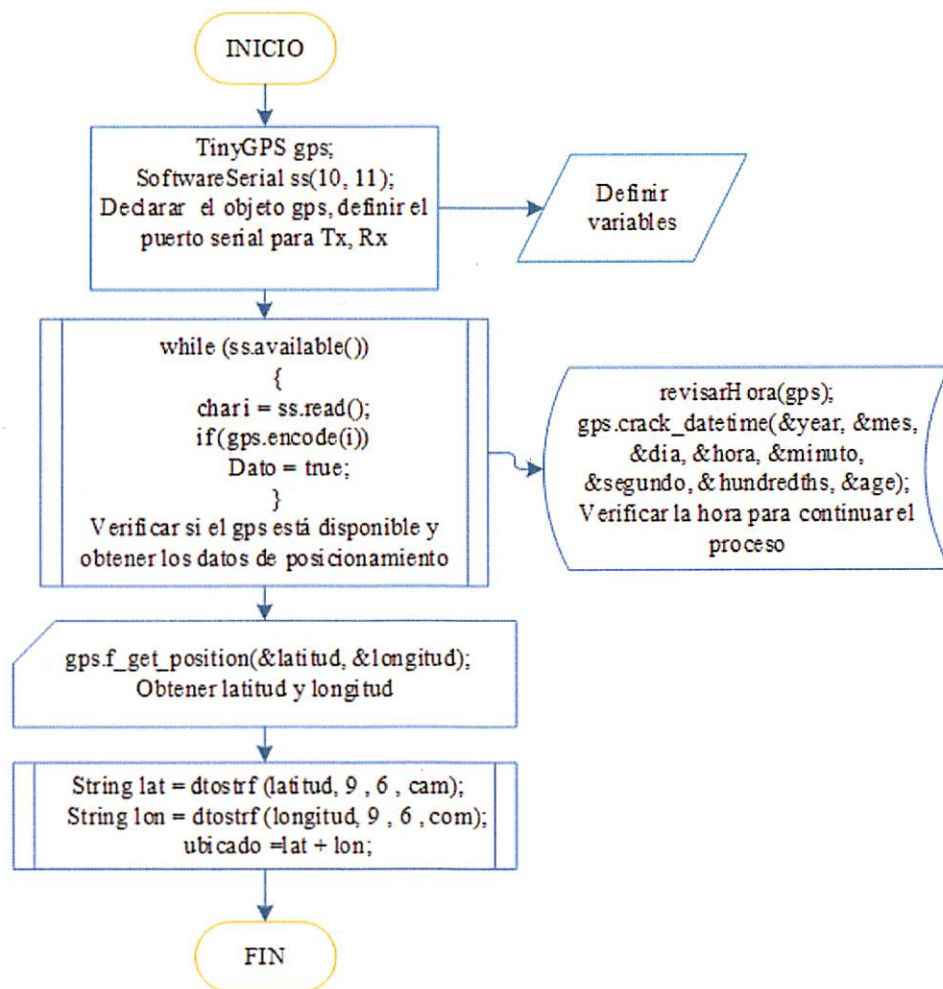


Figura 4.14: Flujograma Localización
Elaborado por: Investigadora

E. Conexión Wi-Fi: El flujograma que se detalla en la Figura 4.15 explica el código de programación empleado para enviar la trama con los datos procesados desde la placa receptora hasta la base de datos que se encuentra almacenada en el

servidor Web. La trama con los datos de temperatura, presión arterial, frecuencia cardíaca y localización se enviarán cada 5 minutos.

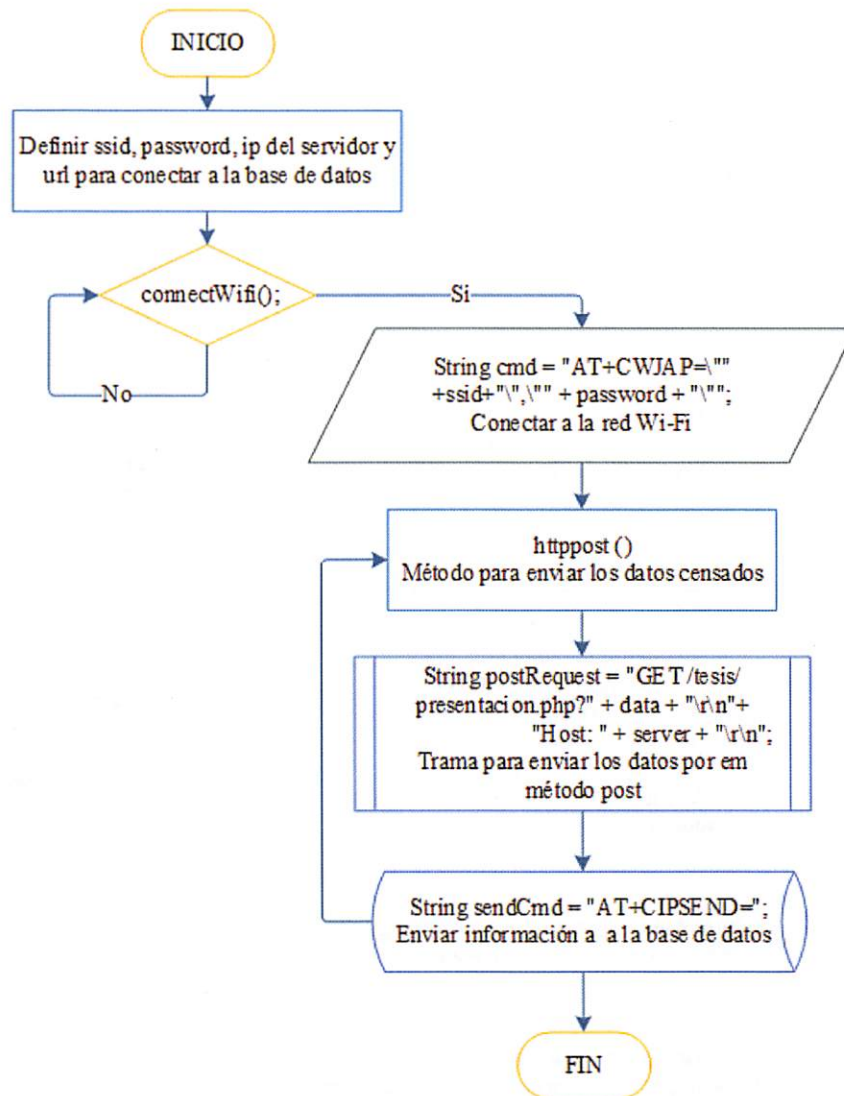


Figura 4.15: Flujograma Conexión Wi-Fi
Elaborado por: Investigadora

4.3.5. Almacenamiento

Para el almacenamiento y visualización de las variables procesadas en el sistema inalámbrico se levanta un servidor LAMP (Linux, Apache, MySQL y PHP) que cumple con la función de un centro de datos de código abierto.

A continuación, en la Tabla 4.15 se muestra un análisis comparativo de las distribuciones de Linux.

Tabla 4.15: Tabla Comparativa Sistemas Open Source

Características	Debian	Ubuntu	Centos	Fedora	OpenSUSE
Creador	Ian Murdock	Canonical Ltd.	CentOS project	Fedora Project	SUSE
Productor	Debian Project	Canonical Ltd.	CentOS project	Fedora Project	Linux Novell Inc.
Distribución base	-	Debian	Red Hat Enterprise Linux	Red Hat Linux	SUSE Linux
Lanzamiento	16/09/93	20/10/04	01/02/03n	05/11/03	06/10/05
Arquitecturas	x86, x86-64, Itanium	x86, x86-64, Itanium	x86, x86-64, Itanium	x86, x86-64	x86, x86-64
Sistema de ficheros	ext4	ext4	ext3	ext4	ext4
Entorno de escritorio	Elección del usuario	GNOME, KDE, XCFE	GNOME, KDE	GNOME	GNOME, KDE, XCFE YaST
Gestor de paquetes	APT(DEB)	APT(DEB)	YUM(RPM) ó	YUM(RPM)	(RPM)
Ciclo de vida	12 meses	9 meses	10 años	12 a 18 meses	36 meses
Aplicaciones	Multiuso, Producción	Escritorios, Vanguardia	Servidores, Est. de trabajo, Producción	Multiuso, Vanguardia	Escritorios, Vanguardia

Elaborado por: Investigadora

Analizados los parámetros descritos en la Tabla 4.15, se elige el sistema operativo CentOS la versión 7 debido a es una de las distribuciones de Linux más fiable que existe para la creación de servidores. Este sistema operativo está basado en el soporte de sistema brindado por la Red Hat Enterprise Linux (RHEL) que además de ser robusto, estable y seguro; brinda gran facilidad de instalación y utilización.

Los pasos a seguir para la creación del servidor LAMP se detallan a continuación:

- Crear una máquina virtual utilizando el software Virtual Box.
- En la máquina virtual instalar la ISO del sistema operativo CentOS 7 que está disponible en enlace: http://isoredirect.centos.org/centos/7/isos/x86_64/CentOS-7-x86_64-DVD-1611.iso.
- Configurar el idioma, fuente de instalación, particionado de disco, ajustes de usuario root.

- Concluida la instalación de la ISO se procede a instalar las actualizaciones pendientes ingresando en el terminal el comando *yum -y update*.
- Instalar Apache ingresando los siguientes comandos en el terminal de consola:

```
yum install httpd
systemctl start httpd.service
firewall-cmd --permanent --add-service=http
firewall-cmd --permanent --add-service=https
firewall-cmd --reload
systemctl enable httpd.service
```

- Instalar MySQL mediante la siguientes líneas de comandos:

```
yum install mariadb-server mariadb
systemctl start mariadb
mysql_secure_installation
Se configura la base de datos con el comando mysql -u root -p
```

- Concluida la instalación de MySQL, se procede a instalar PHP a través de los siguientes comandos:

```
yum install php php-mysql
systemctl restart httpd.service
```

Al ingresar en la ruta *vi /var/www/html/info.php* se añade *<?php phpinfo(); ?>*

- Como siguiente punto se configura phpMyAdmin

```
yum install epel-release
yum -y update
yum install phpmyadmin
```

Al ingresar en la ruta *vi /etc/httpd/conf.d/phpMyAdmin.conf* comentamos las líneas 17-18 y agregar en la línea 19 *Require all granted*.

```
14 <IfModule mod_authz_core.c>
15 # Apache 2.4
16 <RequireAny>
17 #Require ip 127.0.0.1
18 #Require ip ::1
19 Require all granted
```

Figura 4.16: Confiración vi phpMyAdmin
Elaborado por: Investigadora

- Para la transferencia de archivos se instala FTP de la siguiente manera:

```
yum install vsftpd
```

Ingresa en la ruta `vi /etc/vsftpd/vsftpd.conf` modificar las líneas 12,16 y 19

```
12 anonymous_enable=NO
13 #
14 # Uncomment this to allow local users
15 # When SELinux is enforcing check for
16 local_enable=YES
17 #
18 # Uncomment this to enable any form of
19 write_enable=YES
```

Figura 4.17: Configuración vi FTP (líneas 12,16,19)
Elaborado por: Investigadora

A continuación descomentar la línea 100 y en la línea 101 agregar `allow_writeable_chroot=YES`

```
100 chroot_local_user=YES
101 allow_writeable_chroot=YES
102 #chroot_list_enable=YES
103 # (default follows)
```

Figura 4.18: Configuración vi FTP (líneas 100,101)
Elaborado por: Investigadora

Reiniciar el servicio `systemctl restart vsftpd.service` y finalmente habilitar el servicio cada vez que se encienda la maquina `systemctl enable vsftpd`.

- Crear un usuario y configurar los puertos para el servicio FTP que se pueden ver en el Anexo F.

4.3.6. Visualización

Para la interfaz de visualización de los datos almacenados en el servidor se emplea el software Dreamweaver CS6, que permite crear y editar paginas web ya que ofrece una amplia gama de herramientas de creación, edición y publicación de sitios Web. Una de las características esenciales para el proyecto es que permite cargar los archivos directamente en el servidor. En la Figura 4.19 se puede observar la interfaz gráfica de usuario.

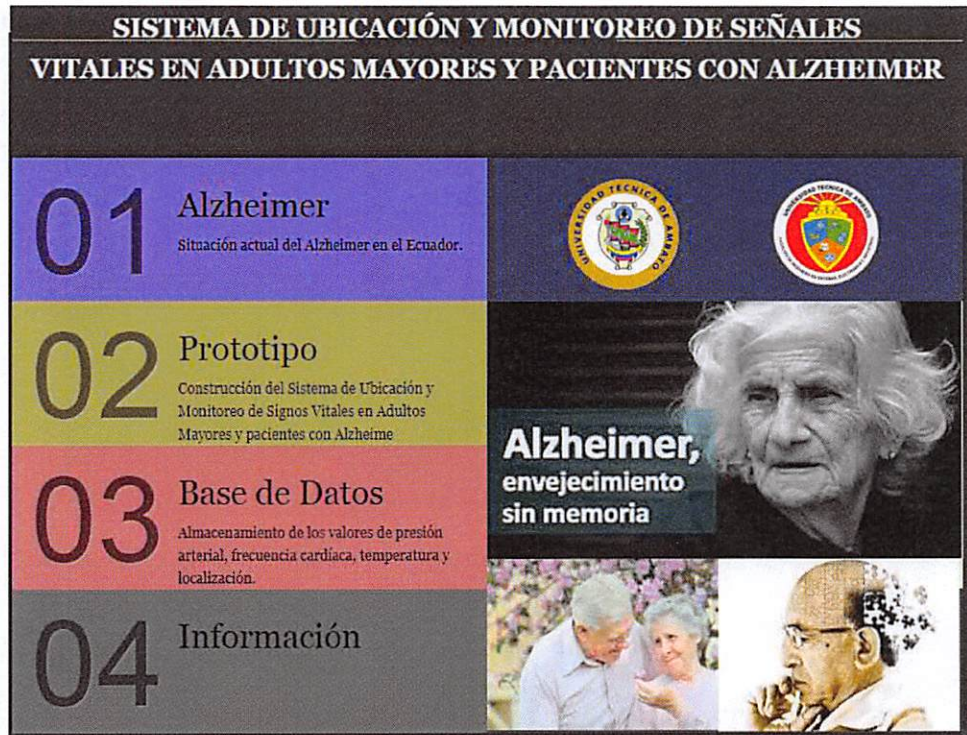


Figura 4.19: Interfaz Sistema de Ubicación y Monitoreo
Elaborado por: Investigadora

La interfaz consta de 4 menús:

- **Alzheimer:** Detalla la situación actual de la enfermedad del Alzheimer en el Ecuador.
- **Prototipo:** Contiene información acerca del diseño y construcción del dispositivo.
- **Base de Datos:** Al dar clic sobre el icono de la base de datos será redireccionado a una pagina que contiene el registro de las señales vitales medidas como se puede observar en las Figuras 4.20 y 4.21 respectivamente.
- **Información:** Se describen datos de la investigadora.

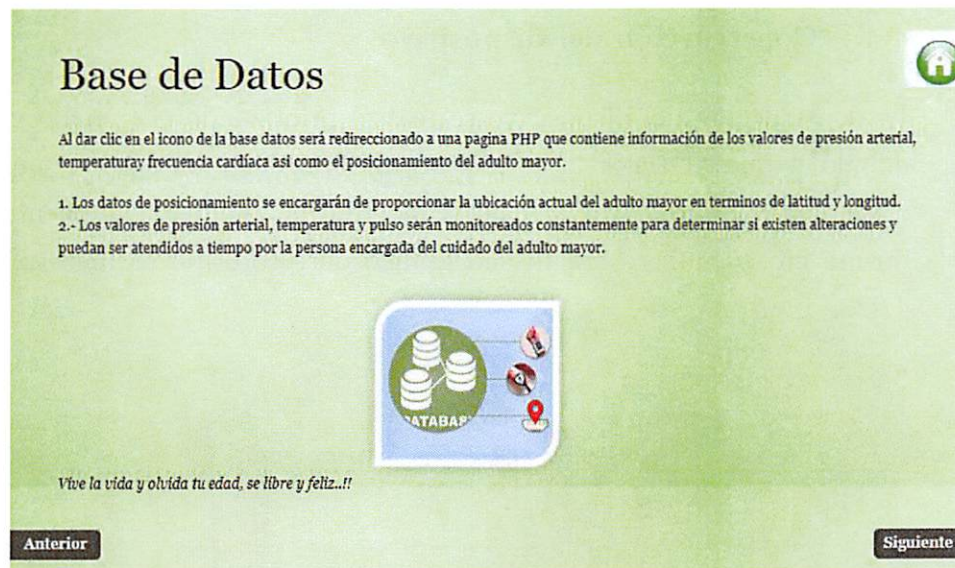


Figura 4.20: Menú Base de Datos
Elaborado por: Investigadora

REGISTRO DE SEÑALES VITALES

Id	Temperatura	Pulso	PSistolica	PDiastolica	Ubicacion
23	36.4	81	117	83	-1.365754-78.533119
22	36.1	72	115	75	-1.365754-78.533119
21	36.2	78	117	79	-1.365754-78.533119
20	36.34	76	117	79	-1.366356-78.533424
19	36.2	83	125	86	-1.366376-78.533730
18	36.17	83	125	86	-1.366549-78.532784
17	36.1	82	122	77	-1.366549-78.532784
16	36.01	81	122	77	-1.366058-78.534027
15	36	80	101	60	-1.317996-78.505150
14	36.04	65	102	66	-1.318269-78.504997
13	36	81	108	70	-1.318269-78.504997
12	35.98	80	108	70	-1.318623-78.505646
11	35.94	68	95	63	-1.318623-78.505646
10	35.9	67	95	63	-1.318623-78.505646
9	35.73	74	110	70	-1.318623-78.505646
8	35.28	72	102	64	-1.317996-78.505150
7	35.5	70	102	64	-1.318562-78.505486
6	35.49	77	104	65	-1.318503-78.505547
5	35.47	80	123	73	-1.318497-78.505592

Figura 4.21: Captura Registro de Señales Vitales
Elaborado por: Investigadora

4.4. Construcción del dispositivo

La construcción del dispositivo se realizó priorizando el tamaño y portabilidad, debido a que al tener la forma de un brazalete los adultos mayores pueden relacionarlo como un reloj y no se sienten incómodos al momento de portar el mismo en su muñeca. El diseño gráfico del prototipo se muestra en la Figura 4.22.



Figura 4.22: Diseño Gráfico Sistema de Ubicación y Monitoreo
Elaborado por: Investigadora

4.4.1. Diagramas Esquemáticos

Para la simulación del diagrama esquemático se empleó el software de diseño de diagramas EAGLE debido a que éste posee una gran disponibilidad de librerías y componentes, en comparación a otros software de diseño de circuitos como son: Proteus, LiveWire, EasyEDA entre otros. El circuito esquemático del sistema de ubicación y monitoreo está diseñado en dos partes como se detalla a continuación:

En el esquema de la Figura 4.23 se describe la primera parte del circuito que está formada por las placas de procesamiento de la información, indicadores led, el control automático y los pines de conexión a la segunda parte del esquema circuital. El arduino de la izquierda procesa los valores de frecuencia cardíaca y envía al arduino de la derecha, éste a más de recibir la información del arduino de la izquierda procesa la información de la temperatura, presión arterial y

posicionamiento GPS. Mediante Wi-Fi se establece la conexión con el servidor web y se envía la información a la base de datos. Adicionalmente se encarga de activar la medición automática de presión arterial en las horas establecidas en el algoritmo de programación.

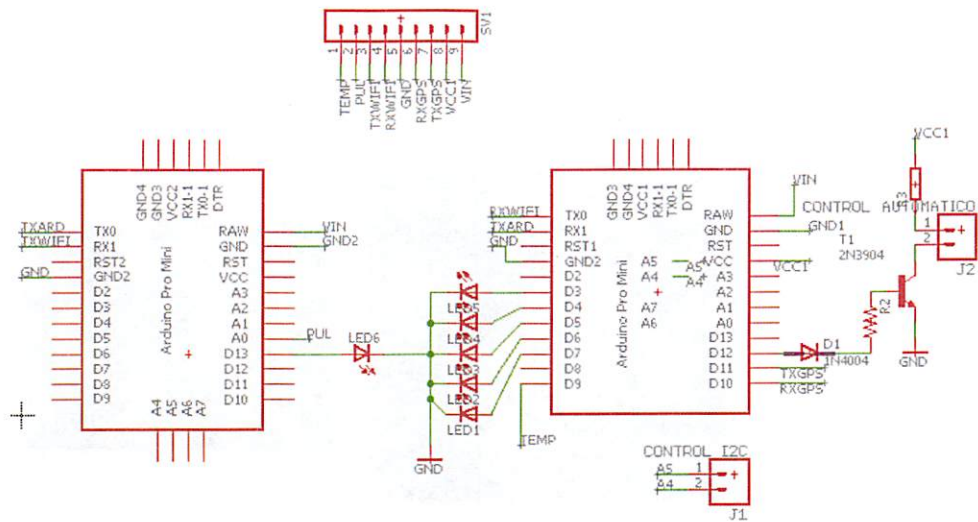


Figura 4.23: Circuito Esquemático Comunicación Arduinos
Elaborado por: Investigadora

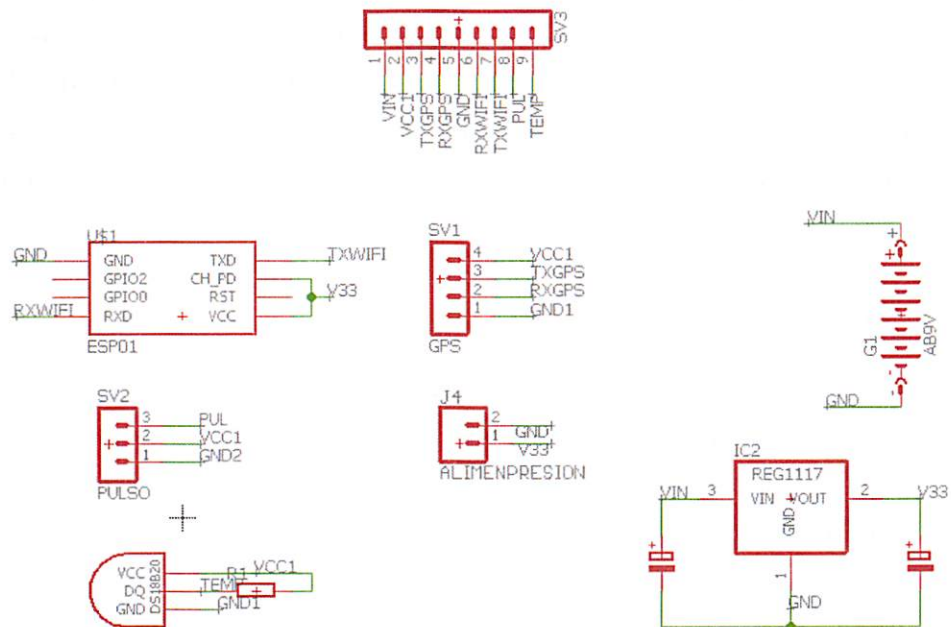


Figura 4.24: Circuito Esquemático Módulos y Sensores
Elaborado por: Investigadora

El esquema de la Figura 4.24 describe la segunda parte del circuito conformado por los sensores DS18B20 y Pulse Sensor Amped; los módulos GPS NEO 6M y Wi-Fi ESP8266. Además de los pines para la alimentación de todo el sistema y el regulador de voltaje a 3.3 voltios para alimentar el moduló Wi-Fi así cómo el módulo de presión arterial.

4.4.2. Diagramas PCB

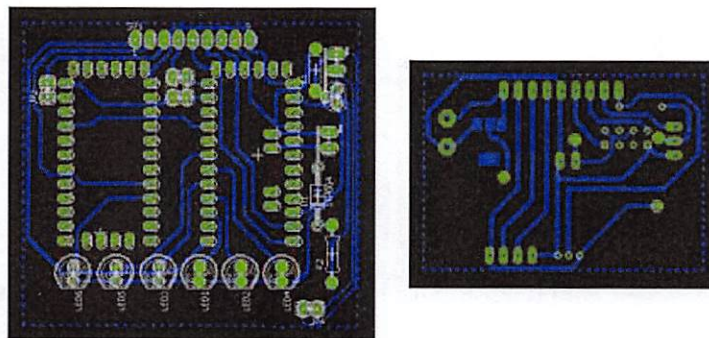


Figura 4.25: Diagramas PCB
Elaborado por: Investigadora

En los diagramas PCB las pistas son diseñadas minuciosamente de tal forma que se obtengan placas lo mas pequeñas posible con el objetivo de reducir considerablemente el tamaño final del prototipo. De este modo al igual que los diagramas esquemáticos se emplea Eagle para dibujar las rutas del circuito. En la Figura 4.25 se muestran los diagramas del circuito impreso que son acopladas al prototipo.

4.4.3. Placa Electrónica

La placa electrónica se realiza empleando la técnica tradicional del planchado. Primero se imprime el diagrama PCB en papel couche para recortar la baquelita de acuerdo al tamaño del mismo, seguidamente hay que pulir ligeramente la superficie de la placa para liberar todo tipo de impurezas al tocar el cobre con los dedos; concluida la limpieza se procede a fijar el circuito impreso sobre la baquelita aplicando el calor de la plancha por aproximadamente 10 minutos, luego sumergir la placa en agua para retirar los excesos de papel couche. A continuación se verifica que todas las pistas estén correctas para ser sometidas a la acción de cloruro férrico más agua con el propósito de sacar el cobre de la placa excepto

de las zonas grabadas; finalmente se limpia la placa para perforar y dejarla lista para el montaje y soldado de los elementos como se muestra en la Figura 4.26.

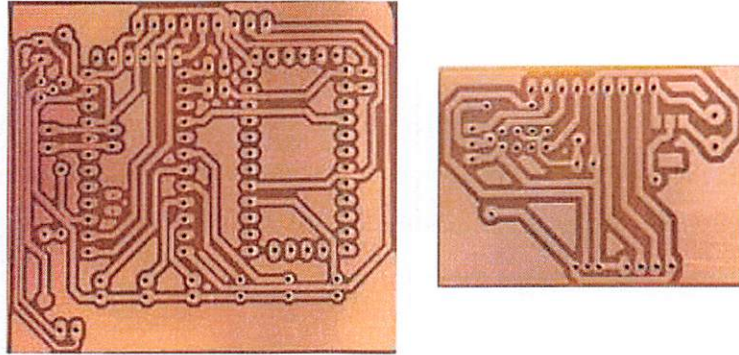


Figura 4.26: Placa Electrónica
Elaborado por: Investigadora

Una vez que se ha finalizado la construcción del dispositivo se acopla el case 3D de tal manera que el prototipo final se muestra en la Figura 4.27.



Figura 4.27: Prototipo Final
Elaborado por: Investigadora

4.5. Pruebas de Funcionamiento

Para verificar el funcionamiento del prototipo del sistema de ubicación y monitoreo se ejecuta las pruebas necesarias en el Centro Gerontológico del Cantón

Patate. Las pruebas se realizan tanto con el prototipo como con los equipos médicos empleados diariamente en la Institución con el objetivo de comparar los valores obtenidos y establecer conclusiones en lo que se refiere a exactitud y precisión del prototipo. Las mediciones corresponden al registro del día 30 de Enero del presente año a las 14h30.

De la misma forma se verifica que no existan errores durante la transmisión y almacenamiento de los valores de las señales vitales (temperatura, presión arterial y frecuencia cardíaca) así como la localización del adulto mayor, hacia la base de datos.

En las Figura 4.28 se muestra la lectura de las mediciones realizadas a un adulto mayor (mujer), ésta medición se puede comparar con la almacenada por el prototipo que corresponde al Id N° 3 que se muestra en la Figura 4.30.

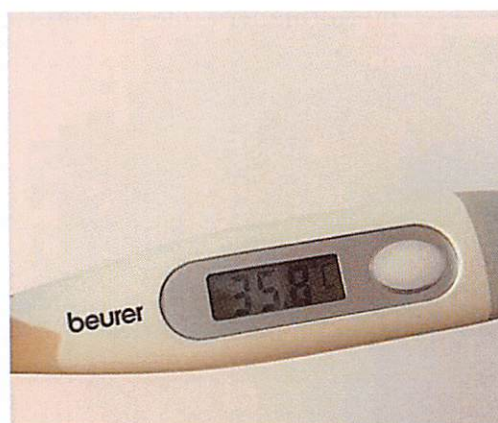


Figura 4.28: Signos vitales equipos médicos (mujer)
Elaborado por: Investigadora

De igual forma los valores medidos por los equipos médicos a un adulto mayor (hombre) de la Figura 4.29 corresponden a los valores detectados y almacenados por el prototipo en el Id N°14 de la Figura 4.30.

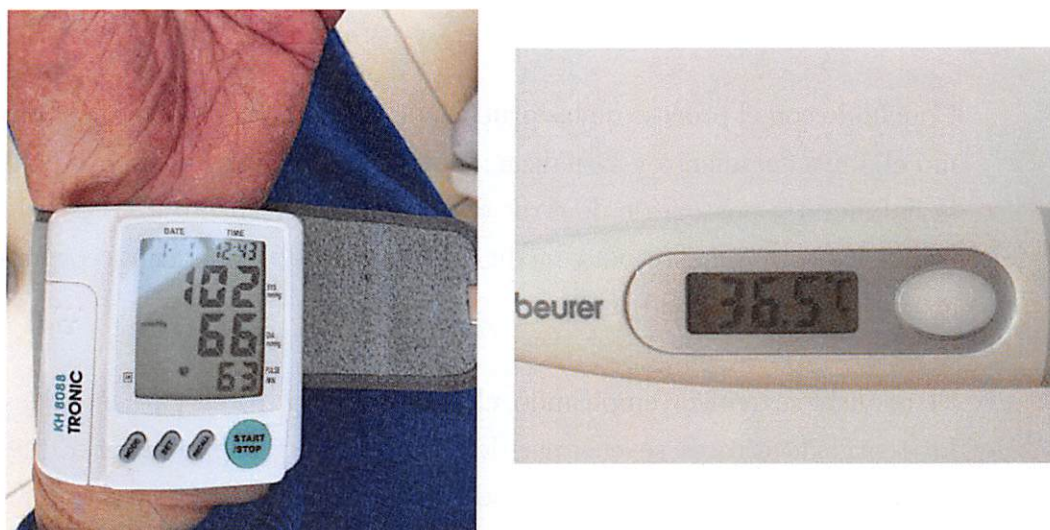


Figura 4.29: Signos vitales equipos médicos (hombre)
Elaborado por: Investigadora

Id	Temperatura	Pulso	PSistolica	PDiastolica	Ubicacion
1	35.04	65	112	68	-1.318612-78.505569
2	35.1	62	112	68	-1.318612-78.505569
3	35.15	81	110	80	-1.318540-78.505585
4	35.34	81	110	80	-1.318540-78.505585
5	35.47	80	123	73	-1.318497-78.505592
6	35.49	77	104	65	-1.318503-78.505547
7	35.5	70	102	64	-1.318562-78.505486
8	35.28	72	102	64	-1.317996-78.505150
9	35.73	74	110	70	-1.318623-78.505646
10	35.9	67	95	63	-1.318623-78.505646
11	35.94	68	95	63	-1.318623-78.505646
12	35.98	80	108	70	-1.318623-78.505646
13	36	81	108	70	-1.318269-78.504997
14	36.04	65	102	66	-1.318269-78.504997
15	36	80	101	60	-1.317996-78.505150
16	36.01	81	122	77	-1.366058-78.534027

Figura 4.30: Captura valores almacenados por el prototipo
Elaborado por: Investigadora

4.6. Resultados

Concluido con el proceso de las pruebas de funcionamiento tanto del prototipo como el almacenamiento y visualización de la información se procede a determinar la fiabilidad y porcentaje de error del mismo con respecto a los equipos médicos utilizados comúnmente para medir los valores de temperatura corporal, presión arterial y frecuencia cardíaca.

El análisis se realiza empleando el Cálculo de Errores para medidas directas. La teoría de errores se encarga de estimar el error aproximado que existe en mediciones experimentales aplicando métodos estadísticos, para ello se basa en dos conceptos fundamentales [67]:

- **Error Absoluto (e):** Se define como la diferencia entre el valor verdadero x_0 y el valor medido x . Su valor puede ser positivo o negativo pero generalmente $|e| \ll x$. Matemáticamente se tiene:

$$e = x_0 - x \quad (1)$$

Donde: x_0 representa el valor medido por el dispositivo médico y x representa el valor medido por el prototipo.

- **Error Relativo(E):** Se define como el cociente entre el valor absoluto del error absoluto $|e|$ y el valor verdadero x . Es decir:

$$E = \frac{|e|}{x} \quad (2)$$

Finalmente si el error relativo se multiplica por 100 para obtener el porcentaje de error:

$$E = \frac{|e|}{x} * 100 \quad (3)$$

Aplicando las ecuaciones (1) y (3) se analiza cada uno de los datos recolectados:

A. Señales Vitales

De los resultados mostrados en la Tabla 4.16 se determina que el sensor encargado de medir la Temperatura Corporal presenta un porcentaje de error de 0.67% en comparación a un termómetro digital debido a que el sensor se encuentra ubicado en una zona difícil para detectar un valor mas exacto, por lo que presenta un error absoluto promedio de 0.25 °C. Sin embargo, el sensor presenta una fiabilidad del 99.33% en la medición.

Tabla 4.16: Análisis Valores de Temperatura Corporal

N°	Termómetro [°C]	Prototipo [°C]	Error absoluto [e]	Error relativo [E]
1	35,80	35,04	0.76	2.1229
2	35,80	35,15	0.65	1.8156
3	36,00	35,47	0.53	1.4722
4	36,00	35,50	0.50	1.3888
5	36,00	35,73	0.27	0.7500
6	36,00	35,80	0.20	0.5555
7	36,00	35,90	0.10	0.2777
8	36,00	35,92	0.08	0.2222
9	36,00	35,98	0.02	0.0555
10	36,10	36,04	0.06	0.1662
11	36,10	36,00	0.10	0.2770
12	36,20	36,10	0.10	0.2762
13	36,50	36,17	0.33	0.0904
14	36,50	36,34	0.16	0.4383
15	36,20	36,17	0.03	0.0828
			0.2460	0.6660

Elaborado por: Investigadora

Referente a la presión arterial se analiza por separado los valores de Presión Arterial Sistólica y Diastólica como se observa en las Tablas 4.17 y 4.18 respectivamente.

Los resultados mostrados en la Tabla 4.17 indican que el prototipo presenta un porcentaje de error en la medición de 0.83 %, ésta diferencia ocurre debido a que no se puede ejecutar la medición con el prototipo al mismo instante que el cuidador emplea el equipo médico, además de factores externos que pueden alterar los valores de una medición a otra. No obstante, la medición presenta un error absoluto promedio de 0.73 mmHg por lo que el prototipo se aproxima al valor real obteniendo un 99.17 % de fiabilidad con respecto al valor de presión arterial sistólica.

Tabla 4.17: Análisis Valores Presión Sistólica

N°	Tensiómetro[mmHg]	Prototipo [mmHg]	Error absoluto [e]	Error relativo [E]
1	110	112	2	1.8181
2	110	110	0	0.0000
3	123	123	0	0.0000
4	105	104	1	0.9523
5	102	102	0	0.0000
6	109	108	1	0.9174
7	95	95	0	0.0000
8	111	110	1	0.9009
9	105	102	3	2.8571
10	100	101	1	1.000
11	121	122	1	0.8264
12	126	125	1	0.7936
13	117	117	0	0.0000
14	115	115	0	0.0000
15	120	117	3	2.5000
			0.73	0.8377

Elaborado por: Investigadora

Tabla 4.18: Análisis Valores Presión Diastólica

N°	Tensiómetro[mmHg]	Prototipo [mmHg]	Error absoluto [e]	Error relativo [E]
1	70	68	2	2.8571
2	80	80	0	0.0000
3	73	73	0	0.0000
4	64	65	1	1.5625
5	64	64	0	0.0000
6	70	70	0	0.000
7	62	63	1	1.6129
8	70	70	0	0.0000
9	64	65	1	1.5625
10	60	60	0	0.000
11	70	71	1	1.4285
12	86	86	0	0.0000
13	78	79	1	1.2820
14	74	75	1	1.3513
15	81	81	0	0.0000
			0.53	0.7771

Elaborado por: Investigadora

Referente a la Presión Arterial Diastólica si se analizan los datos detallados en la Tabla 4.18 se determina que el prototipo presenta una fiabilidad del 99.22 %, aun cuando existe un error absoluto promedio de 0.53 mmHg en comparación al tensiómetro utilizado en el Centro Gerontológico; por los factores ya mencionados anteriormente se genera un porcentaje de error de 0.78 % durante la medición.

Tabla 4.19: Análisis Valores de Frecuencia Cardíaca

N°	Tensiómetro [l/m]	Prototipo [l/m]	Error absoluto [e]	Error relativo [E]
1	64	65	1	1.5625
2	80	81	1	1.2500
3	79	80	1	1.2658
4	75	77	2	2.6666
5	68	70	2	2.9411
6	73	74	1	1.3698
7	65	67	2	3.0769
8	80	80	0	0.0000
9	66	65	1	1.5151
10	78	80	2	2.5641
11	80	81	1	1.2500
12	81	83	2	2.4691
13	75	76	1	1.3333
14	72	72	0	0.0000
15	83	81	2	2.4096
			1.13	1.7115

Elaborado por: Investigadora

Con respecto a la frecuencia cardíaca, después de un análisis de los datos mostrados en la Tabla 4.19 se estima un porcentaje de error de 1.71 % que en comparación con las variables anteriores es la que menos se aproxima al valor real; esta diferencia se genera debido a que el sensor no se encuentra en una óptima posición en el área de la muñeca del adulto mayor, además se debe considerar que en cada paciente difiere el tamaño de la misma y principalmente que los cuidadores no emplean pulsímetros sino adquieren este valor a través del tensiómetro de presión arterial. Sin embargo, el prototipo tiene una fiabilidad del 98.29 % aun cuando el error absoluto promedio es de 1.13 latidos por minuto.

B. Ubicación Geográfica

En relación a los valores de latitud y longitud no se puede realizar una comparación y determinar un porcentaje de error debido a que cada una de las mediciones se realizaron en distintos puntos del Centro Gerontológico, pero si ingresamos el valor obtenido en Google Maps se obtiene los resultados que se puede apreciar en la Figura 4.31.

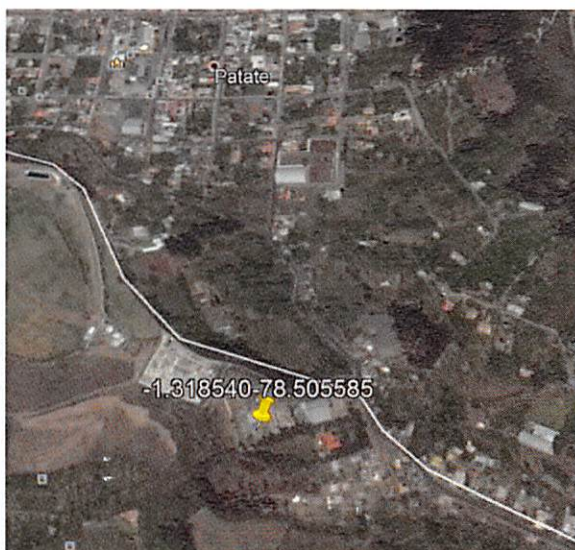


Figura 4.31: Localización Centro Gerontológico
Elaborado por: Investigadora

C. Fuente de Alimentación

Finalmente se analiza el tiempo de duración de las baterías empleadas para alimentar el prototipo, para ello se emplea la fórmula establecida por Digi-Key Electrónica que determina la vida útil de una batería que se encuentra completamente cargada. Se define como el cociente entre la capacidad de la batería en miliamperios por hora y la corriente de carga en miliamperios, multiplicado por un factor de 0.70 que permite tolerancias a factores externos que pueden afectar la vida útil de la batería [68].

$$Vida_{\text{útil}} = \frac{CapacidadBateria[mAh]}{CorrienteConsumo[mA]} * 0.70 \quad (4)$$

La batería seleccionadas en el apartado 4.2 literal E trabajan a 3.7 voltios, 1100 mAh y 4.0Wh; mientras que el prototipo tiene una corriente de consumo de 80 mA considerando el consumo de corriente de cada uno de los elementos que lo conforman:

- Módulo GPS: 40 [mA]
- Módulo de presión arterial: 20 [mA]
- Módulo Wi-Fi: 4 [mA]
- Microcontroladores: 8 [mA]
- Sensor de frecuencia cardíaca: 4 [mA]
- Sensor de temperatura: 4 [mA]

Aplicando la ecuación 4 se obtiene:

$$Vida_{\text{útil}} = \frac{1100[mAh]}{80[mA]} * 0.70$$

$$Vida_{\text{útil}} = 13.75h * 0.70$$

$$Vida_{\text{útil}} = 9.6 [horas]$$

Por lo tanto, la fuente de alimentación presenta una autonomía de 9.6 horas, pero la duración de la misma dependerá del número de mediciones de presión arterial manuales que se realicen fuera de las mediciones automáticas establecidas.

4.7. Presupuesto

El presupuesto total para la implementación del prototipo del sistema de ubicación y monitoreo de señales vitales se divide tanto en el presupuesto de diseño como de construcción. Para determinar el presupuesto de diseño se considera el total de horas empleadas para el desarrollo del mismo, en primera instancia se analiza el salario básico de un Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones establecido por el Ministerio de Trabajo que corresponde a 858 dólares mensuales [69]. Si se considera un promedio de 21 días laborables por año, mediante la ecuación 5 se obtiene el salario por día:

$$Salario_{\text{diario}} = \frac{Salario_{\text{mensual}}}{Días_{\text{laborables}}} \quad (5)$$

$$Salario_{\text{diario}} = \frac{858}{21}$$

$$Salario_{\text{diario}} = 40.86 [dólares]$$

Es conocido que el día está constituido de 8 horas laborables, aplicando la ecuación 6 se obtiene la remuneración por hora de trabajo.

$$Salario_{hora} = \frac{Salario_{diario}}{Horas_{laborables}} \quad (6)$$

$$Salario_{hora} = \frac{40.86}{8}$$

$$Salario_{hora} = 5.11[\text{dólares}]$$

Se estiman 100 horas de investigación empleadas para el diseño, simulación y pruebas de funcionamiento; aplicando la ecuación 7 se obtiene el presupuesto de diseño del proyecto de investigación.

$$Presupuesto_{diseño} = Horas_{investigación} * Salario_{hora} \quad (7)$$

$$Presupuesto_{diseño} = 100 * 5.11 [\text{dólares}]$$

$$Presupuesto_{diseño} = 511 [\text{dólares}]$$

A continuación, en la Tabla 4.20 se describe el costo de los módulos, sensores y elementos electrónicos utilizados en la construcción del prototipo.

Tabla 4.20: Presupuesto de Construcción del Prototipo

N°	Detalle	Cantidad	Valor Unitario[\$]	Valor Total[\$]
1	Sensor DS18B20	1	3.00	3.00
2	Pulse sensor Amped	1	26.00	26.00
3	Tensiómetro SCIAN	1	25.00	25.00
4	Módulo GPS	1	30.00	30.00
5	Modulo Wi - Fi	1	7.00	7.00
6	Arduino Pro mini	2	9.95	19.90
7	Baterías	2	5.00	10.00
8	Baquelita	1	5.00	5.00
9	Elementos Electrónicos	-	20.00	20.00
10	Case 3D	1	50.00	50.00
Subtotal				170.45
Iva (12%)				20.45
Total				190.90
Imprevistos (3%)				5.72
TOTAL				196.63

Elaborado por: Investigadora

Finalmente, aplicando la ecuación 8 se obtiene el presupuesto total,

$$Presupuesto_{total} = Presupuesto_{diseño} + Presupuesto_{construcción} \quad (8)$$

$$Presupuesto_{total} = 511 + 196.63 \text{ [dólares]}$$

$$Presupuesto_{total} = 707.63 \text{ [dólares]}$$

Por lo tanto, el presupuesto total para la implementación del prototipo del sistema de ubicación y monitoreo de señales vitales en adultos mayores y personas con Alzheimer es de 707.63 dólares, este valor es bajo en comparación a sistemas existentes que van de 800 a 1200 dólares, sólo ofrecen monitoreo de frecuencia cardíaca, temperatura corporal y localización, además de estar mayoritariamente disponibles en España. Pero si se llegará a construir mas prototipos del sistema, el costo sería relativamente bajo debido a que el presupuesto de diseño ya no se consideraría en su totalidad y por ende el mismo estaría disponible en el país a un precio accesible para la población de bajos recursos económicos.

CAPÍTULO 5

Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

Concluido el presente trabajo de investigación se establecen las siguientes conclusiones:

- La estandarización de las señales vitales permitió adquirir y acondicionar de forma adecuada los diferentes módulos y sensores, de manera que las señales se aproximen a los valores establecidos. Las señales de presión arterial y temperatura se adquieren a través del bus de comunicación I2C y el empleo de resistencias pull-up que evitan la presencia de altas impedancias, mientras que las señales de frecuencia cardíaca y ubicación geográfica se obtienen a través del bus de comunicación SPI y no requieren de elementos electrónicos adicionales para generar la señal de salida adecuada.
- La tecnología inalámbrica Wi-Fi permitió transmitir satisfactoriamente los valores obtenidos de las mediciones hacia la base de datos, evitando alteraciones y retardos gracias a sus especificaciones técnicas de gran alcance, velocidad, fiabilidad y confiabilidad en la transmisión de la información. Además de operar adecuadamente en espacios abiertos y cerrados, siendo de fácil acceso ya que la misma se encuentra disponible en cualquier localidad.
- El prototipo desarrollado es un sistema embebido que emplea hardware y software libre, además de elementos electrónicos de bajo coste y consumo energético que se acoplan a las diferentes etapas de procesamiento permitiendo un monitoreo continuo de las señales vitales y ubicación de adulto mayor. La interfaz es de fácil acceso, por lo tanto, el usuario final puede acceder a la base de datos desde cualquier dispositivo terminal conectado a la red.
- A partir de las pruebas realizadas se determina un porcentaje de error promedio de 1 %, esto se debe a que la población objeto de estudio con la que se ejecutó las pruebas de funcionamiento en su gran mayoría sufren

problemas de Hipertensión Arterial, Hipertermia, Parkinson además de los pacientes con Alzheimer que debido a sus condiciones de salud dificultan llevar a cabo una medición óptima, generando una variación entre los valores de las señales vitales detectados por los equipos médicos y el prototipo.

- La fuente de alimentación utilizada posee una autonomía de 9,6 horas, considerando que los adultos mayores deben ser monitoreados en el horario de 8h00 a 17h00, el dispositivo presenta una eficiencia energética del 100 % con un tiempo adicional de 0.6 horas que corresponde a 36 minutos que el prototipo seguirá enviando la información antes de llegar al mínimo nivel de descarga.
- El proyecto de investigación desarrollado presenta una fiabilidad promedio del 99 % en las mediciones, de esta forma se concluye que el prototipo es una herramienta útil, portable y económicamente viable que contribuye en el mejoramiento del cuidado y atención de los adultos mayores. Del mismo modo permite disminuir la tasa de desaparición de personas con Alzheimer, optimizando el tiempo y los recursos que se despliegan para iniciar una búsqueda.

5.2. Recomendaciones

De acuerdo con las experiencias obtenidas a lo largo del desarrollo del proyecto de Investigación se generan las recomendaciones tanto para los cuidadores como para el administrador del Centro Gerontológico.

A los cuidadores:

- Verificar que el adulto mayor o persona con Alzheimer se encuentre en estado de reposo por al menos 10 minutos previo a la toma de los signos vitales ya que si se realizan las mediciones sin considerar éste tiempo se presentan alteraciones.
- Permitir que el prototipo se estabilice en la muñeca del paciente por al menos 1 minutos después de haber conectado la alimentación. Éste intervalo de tiempo servirá para que el módulo GPS establezca la conexión con el satélite proporcionando los valores de latitud y longitud adecuados.
- Tener extremo cuidado al momento de realizar la medición debido a que cualquier movimiento del adulto mayor, así como la excesiva iluminación

y la mala posición del brazo con respecto al corazón genera errores en el procesamiento de la señal; razón por la cual se presenten valores erróneos.

Al administrador del Centro Gerontológico:

- Verificar la conexión del sistema a la base de datos para evitar pérdida de la información.
- Evitar que la fuente de alimentación llegue a su límite de descarga ya que esto podría causar fallos y daños en el sistema.

Bibliografía

- [1] Organización Panamericana de la Salud, «Demencia: una prioridad de salud pública.,» 2013. [En línea]. Available: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/98377/1/9789275318256_spa.pdf?ua=1. [Último acceso: 20 Abril 2017].
- [2] Centro Alzheimer - Fundación TASE, El Alzheimer, Quito: Fundación TASE, 2016, pp. 10 - 14.
- [3] R. Gutiérrez, S. Fernández, J. García, J. C. Garcia y L. Marnane, «Monitoring vital signs and location of patients by using ZigBee wireless sensor networks,» IEEE, Octubre 2011.
- [4] A. Díaz-Ramírez, F. N Murrieta, J. A. Atempa y F. A Bonino, «Non-intrusive tracking of patients with dementia using a wireless sensor network,» Distributed Computing in Sensor Systems (DCOSS), IEEE, Mayo 2013.
- [5] L. Priya, R. Hariprasad y R. Raghul, «Real time monitoring of vital signs using wireless technique,» IEEE, Green Computing Communication and Electrical Engineering (ICGCCEE), 16 Octubre 2014.
- [6] R. O'Brien, S. Katkoori y M. A. Rowe, «Design and Implementation of an Embedded System for Monitoring At-home Solitary Alzheimer's Patients,» IEEE, International Midwest Symposium on Circuits and Systems (MWSCAS), Agosto 2015.
- [7] M. El Ghany, M. Saleab, R. Toma y K. Hofmann, «Efficient wearable real-time vital signs monitoring system,» IEEE, pp. 217-220, Diciembre 2015
- [8] S. Banuleasa, R. Munteanu, A. Rusu, and G. Tont, «IoT system for monitoring vital signs of elderly population,» IEEE, Octubre 2016
- [9] Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, «¿Cómo crece- rá la población en Ecuador?,» 2013. [En línea]. Available: http://www.inec.gob.ec/proyecciones_poblacionales/presentacion.pdf. [Último acceso: 20 Abril 2017].

- [10] Alzheimer's Disease International, «Dementia in the Americas: Current and future cost and prevalence of Alzheimer's disease and other dementias,» Octubre 2013. [En línea]. Available: <https://www.bupa.com/~media/files/site-specific-files/our%20purpose/healthy%20ageing%20and%20dementia/dementia%20in%20the%20americas/english.ashx>. [Último acceso: 20 Agosto 2017].
- [11] C. Ordoñez, Interviewee, Alzheimer en el Ecuador. [Entrevista]. 03 05 2017.
- [12] G. Vallejo, «Sistema de Monitoreo de Signos Vitales y Alerta de Accidentes para Personas con Problemas de Movilidad,» Octubre 2015. [En línea]. Available: http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/15108/1/Tesis_t1071ec.pdf. [Último acceso: 24 Agosto 2017].
- [13] J. Moya, «Diseño e implementación de un dispositivo electrónico de lectura de signos vitales con ubicación geográfica y monitoreo remoto de datos en tiempo real. Fase 1,» 2013. [En línea]. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/6282>. [Último acceso: 24 Agosto 2017].
- [14] C. Sawada, «Diseño de sistema de ubicación para personas con Alzheimer vía web,» Diciembre 2013. [En línea]. Available: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/5390>. [Último acceso: 25 Agosto 2017].
- [15] A. Martínez, «¿Qué es el Alzheimer?,» de El Alzheimer, Madrid, Los Libros de la Catarata, 2009, pp. 14-18.
- [16] V. García, «Estudio de Soluciones Domóticas y Gestor Web para cuidadores de enfermos de Alzheimer,» Departamento de Ingeniería de Sistemas Y Automática: Universidad Carlos III de Madrid, Leganés, Madrid, 2013.
- [17] J. Bobes, «Signos o Constantes Vitales,» de Técnicas y Procedimientos del Auxiliar Geriátrico, España, MAD S. L., 2006, pp. 25 - 36.
- [18] J. Parra y W. Mayo, «Monitor de Signos Vitales Portatil,» Facultad de Ingeniería Electrónica: Universidad San Buen Ventura , Cali, 2011.
- [19] L. Azcona, «El electrocardiograma,» [En línea]. Available: http://www.fbbva.es/TLFU/microsites/salud_cardio/mult/fbbva_libroCorazon_cap4.pdf. [Último acceso: 24 Septiembre 2017].

- [20] M. Noguero y A. Seco, «Técnicas en AP: Pulsioximetría,» Sergas, Coruña - España.
- [21] C. Villagómez, «El cardiófrecuencímetro,» Salud CCM, 16 Octubre 2016. [En línea]. Available: <http://salud.ccm.net/faq/820-el-cardiofrecuencimetro>. [Último acceso: 24 Septiembre 2017].
- [22] E. Tintín, «Diseño y elaboración de un Prototipo de monitor de signos vitales aplicando métodos no invasivos con comunicación de datos a dispositivos móviles,» Carrera de Ingeniería Electrónica: Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, 2015.
- [23] A. Cuesta, «Medición de Tensión Arterial,» Departamento de Enfermería: Universitat do València, Catalonia: España, 2004.
- [24] Observatorio Regional de la Sociedad de la Información, «Sistemas de Localización e Información Geográfica,» ORSI: Junta de Castilla y León, España, 2009.
- [25] Vision Sistemas de Localización, «Keruve: Localizador familiar directo,» [En línea]. Available: <http://www.keruve.es/ayuda-alzheimer/>. [Último acceso: 10 Octubre 2017].
- [26] Cruz Roja Española, «SIMAP: Sistema de Monitorización de alertas personales,» [En línea]. Available: http://www.cruzroja.es/pls/portal30/docs/PAGE/2006_24_RT/PROYECTOS
- [1] %20AUTONOMICOS/CONGRESO%20TELEASISTENCIA/MESA%203.%20MIGUEL%20ANGEL%20MARTINEZ.PDF. [Último acceso: 10 Octubre 2017].
- [27] Cermi.es, «El Brazaletes Columba permite localizar al enfermo de Alzheimer en caso de pérdida o desorientación,» Diciembre 2006. [En línea]. Available: <http://www.cermi.es/es-ES/Cermi.es/Revista/Lists/Revistas/Attachments/39/Cer2224.pdf>.
- [28] Network, «eNest: solución personal móvil de localización y emisión de alertas,» [En línea]. Available: <http://www.network.eu/enest/>.
- [29] IMSERSO, «CRE Alzheimer,» Secretaria de Estado de Servicios e Igualdad del Gobierno de España, [En línea]. Available: http://www.crealzheimer.es/crealzheimer_01/recursos/localizadores/index.htm.

- [30] Instituto Geográfico Agustín Cordazzi, «Sistema de Posicionamiento Global - GPS,» [En línea]. Available: ftp://gisweb.ciat.cgiar.org/DAPA/planificacion/GEOMATICA/GPS/GPS_Modulo.pdf. [Último acceso: 20 Octubre 2017].
- [31] T. Rodríguez y M. Ros, «Sistema de Posicionamiento Global GPS,» [En línea]. Available: http://webs.um.es/bussons/GPSresumen_TamaraElena.pdf. [Último acceso: 20 Octubre 2017].
- [32] A. Sánchez, «Sistema de Telemedicina para monitorear los niveles de glucosa en pacientes con Diabetes.,» Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones: Repositorio Digital FISEI - UTA, Ambato, 2014.
- [33] R. Fernández, J. Ordieres, F. Martínez, A. González, F. Alba y A. Pernía, «Redes inalámbricas de sensores: teoría y aplicación práctica,» España: Grupo de Investigación EDMANS: Universidad de la Rioja, 2009.
- [34] UNET, «SENSORES,» [En línea]. Available: <http://www.unet.edu.ve/~ielectro/sensores.pdf>. [Último acceso: 24 Octubre 2017].
- [35] 1&1 Internet España S.L.U., «Servidor LAMP: una solución económica para webs dinámicas,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.1and1.es/digitalguide/servidores/know-how/servidor-lamp-la-solucion-para-webs-dinamicas/>. [Último acceso: 28 Octubre 2017].
- [36] B. Sánchez, «Centos,» de Cuaderno práctico de Linux - Sistemas Operativos, Segunda ed., 2015, pp. 66-67.
- [37] Fx2, «MySQL: uno de los gestores de base de datos más utilizado,» 2017. [En línea]. Available: <http://fx2.com.uy/mysql-un-aliado-para-la-gestion-de-base-de-datos>. [Último acceso: 05 Noviembre 2017].
- [38] Anónimo, «Conceptos básicos de Dreamweaver,» Abril 2013. [En línea]. Available: <https://pipo777.files.wordpress.com/2013/04/ud01.pdf>.
- [39] J. Carballar, «WI FI: Lo que se necesita conocer,» Madrid: Grupo RC, 2010, pp. 5-13. Anexo
- [40] sandranews.com, «Signos vitales relacionados con la enfermedad de Alzheimer,» [En línea]. Available: <http://www.sandranews.com/signos-vitales-relacionados-con-la-enfermedad-de-alzheimer/>. [Último acceso: 06 Noviembre 2017].

- [41] A. Aguayo y A. Lagos, «GUÍA CLÍNICA DE CONTROL DE SIGNOS VITALES,» Facultad de Ciencias de la Salud: Universidad Pedro de Valdivia, Chillán-Chile.
- [42] MICROCHIP, «MCP9808,» [En línea]. Available: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/25095A.pdf>.
- [43] M. Integrated, «DS18B20,» [En línea]. Available: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>. [Último acceso: 11 Noviembre 2017].
- [44] H. Cooking, «Body Temperature Sensor PRO for MySignals (eHealth Medical Development Platform),» Libelium Comunicaciones Distribuidas, [En línea]. Available: <https://www.cooking-hacks.com/body-temperature-sensor-mysignals-ehealth-medical>. [Último acceso: 08 Junio 2017].
- [45] SparkFun, «Heart Rate Monitor AD8232,» SparkFun Elecrtonics, [En línea]. Available: <https://www.sparkfun.com/products/12650>. [Último acceso: 19 Noviembre 2017].
- [46] SparkFun, «Pulse Sensor,» SparkFun Electronics, [En línea]. Available: <https://www.sparkfun.com/products/11574>. [Último acceso: 19 Noviembre 2017].
- [47] V. Venura, «MAX30100 sensor de latido de corazón,» Polaridad.es, [En línea]. Available: <https://polaridad.es/max30100-sensor-latido-corazon-oximetro-pulso-i2c-wearable-salud/>. [Último acceso: 22 Noviembre 2017].
- [48] O. Healthcare, «Manual de instrucciones de Omron Healthcare HEM-629,» ManualsBase.com, [En línea]. Available: http://www.manualsbase.com/es/manual/554463/blood_pressure_monitor/omron_healthcare/hem-629/. [Último acceso: 22 Noviembre 2017].
- [49] C. Hacks, «Blood Pressure Sensor (Sphygmomanometer) v2.0 for e-Health Platform [Biometric / Medical Applications],» Libelium Comuniaciones Distribuidas, [En línea]. Available: <https://www.cooking-hacks.com/blood-pressure-sensor-sphygmomanometer-v2-0>. [Último acceso: 01 Diciembre 2017].
- [50] SKYLAB, «SkyNav SKM53 Series,» [En línea]. Available: https://www.allaboutcircuits.com/uploads/articles/SKM53_Datasheet.pdf. [Último acceso: 01 Diciembre 2017].

- [51] Ublox, «NEO-6 U-blox 6 GPS Modules,» [En línea]. Available: [https://www.u-blox.com/sites/default/files/products/documents/NEO-6_DataSheet_\(GPS.G6-HW-09005\).pdf](https://www.u-blox.com/sites/default/files/products/documents/NEO-6_DataSheet_(GPS.G6-HW-09005).pdf). [Último acceso: 03 Diciembre2017].
- [52] Makerfabs, «SIM808 GPRS GSM GPS Shield,» [En línea]. Available: [https://www.makerfabs.com/desfile/files/SIM808 %20GPRS %20GSM %20GPS %20user's %20manual.pdf](https://www.makerfabs.com/desfile/files/SIM808%20GPRS%20GSM%20GPS%20user's%20manual.pdf). [Último acceso: 05 Diciembre 2017].
- [53] M. Electronics, «Netduino 3 Open Source Electronic Platform,» [En línea]. Available: <http://www.mouser.ec/new/netduino/netduino-netduino-3/>. [Último acceso: 03 Julio 2017].
- [54] Arduino, «Arduino Pro Mini,» [En línea]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardProMini>. [Último acceso: 06 Diciembre 2017].
- [55] SparkFun, «BITalino (r)evolution Board Kit,» [En línea]. Available: <https://www.sparkfun.com/products/14022>. [Último acceso: 06 Diciembre 2017].
- [56] M. Vergara,«Tecnología de Baterías,» Universidad Técnica Federico Santa María – Departamento de Electrónica, [En línea]. Available: <http://www2.elo.utfsm.cl/~elo383/apuntes/InformeBaterias.pdf>
- [57] M. Electronics, «APDS-9008 Miniature Surface-Mount Ambient Light Photo Senso,» [En línea]. Available: <http://www.mouser.com/ds/2/678/V02-1169EN0-908795.pdf>. [Último acceso: 13 Diciembre 2017].
- [58] Microchip, «MCP6001/1R/1U/2/4,» [En línea]. Available: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/21733j.pdf>. [Último acceso: 15 Diciembre 2017].
- [59] B. Escobar, «SISTEMA PARA LA MEDICIÓN DE LA PRESIÓN ARTERIAL CONTINUA NO INVASIVA SIN BRAZALETE,» 2012. [En línea]. Available: <http://repository.eia.edu.co/bitstream/11190/340/1/BIOM0197.pdf>.
- [60] Microchip, «24C08B/16B,» [En línea]. Available: <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/74876/MICROCHIP/24C08.html>.

- [61] Honeywell, «Microstructure Pressure Sensors,» [En línea]. Available: [http://www.sensorstecnic.net/images/stories/PDF/presionynivel/HPX %20subminiature.pdf](http://www.sensorstecnic.net/images/stories/PDF/presionynivel/HPX%20subminiature.pdf).
- [62] O. Semiconductor, «LM324, LM324A, LM324E - Single Supply Quad Operational Amplifiers,» [En línea]. Available: <https://www.onsemi.com/pub/Collateral/LM324-D.PDF>.
- [63] J. Franco, E. Rodriguez y A. Pierdant, «Matemáticas Financieras,» Mexico: Grupo Editorial Patria , 2014, p.28.
- [64] Arduiniana, «TinyGPS,» [En línea]. Available: <http://arduiniana.org/libraries/tinygps/>. [Último acceso: 20 Diciembre 2017].
- [65] ARDUINO, «Dallas Semiconductor's 1-Wire Protocol,» [En línea]. Available: <https://playground.arduino.cc/Learning/OneWire>. [Último acceso: 20 Diciembre 2017].
- [66] ARDUINO, «Wire Library,» [En línea]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Reference/Wire>. [Último acceso: 20 Diciembre 2017].
- [67] C. Gutierrez Aranzeta, «Error Experimental,» Introducción a la Metodología Experimental, Mexico: Editorial Limusa , 2005, p. 33-35.
- [68] Digi-Key ELECTRONICS, «Calculador de vida útil de una batería,» [En línea]. Available: <https://www.digikey.com/es/resources/conversion-calculators/conversion-calculator-battery-life>. [Último acceso: 20 Enero 2018].
- [69] Ministerio de Trabajo, «Tabla salarios mínimos sectoriales,» [En línea]. Available: <https://www.google.com.ec/search?q=tabla+salarial+2017+ecuador+pdf&sa=X&ved=0ahUKEwirpu7Zo6TZAhXlzIMKHTSPAIIQ1QIIswEoBg&biw=1366&bih=637> [Último acceso: 05 Febrero 2018].

Anexos y Apéndices

Anexo A

Historial de mediciones del Centro Gerontológico para estandarizar señales vitales

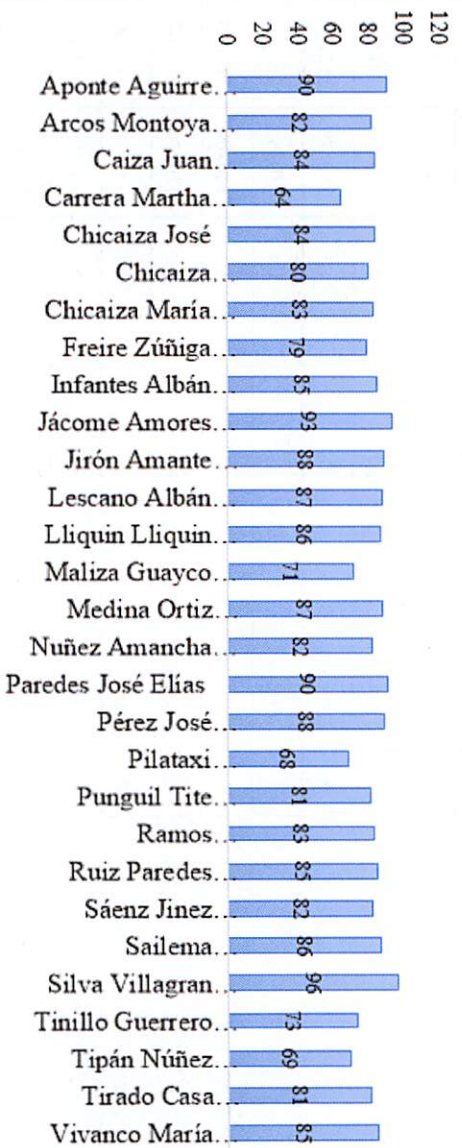
N°	Nombre Completo	Edad	Lunes		Martes	
			M	T	M	T
1	Aponte Aguirre Segundo Juan	90	110/60	115/65	110/65	110/60
2	Arcos Montoya María Hercilia	82	110/60	110/60	115/70	120/60
3	Caiza Juan Marcelo	84	120/60	120/60	120/60	105/65
4	Carrera Martha Susana	64	100/60	100/60	110/70	110/60
5	Chicaiza José	84	120/60	120/60	110/60	100/60
6	Chicaiza Manuela Fernanda	80	110/60	110/60	115/60	110/65
7	Chicaiza María Cristina	83	100/60	100/60	110/70	100/60
8	Freire Zúñiga Gloria América	79	110/60	110/60	115/70	115/65
9	Infantes Albán Delia María	85	100/60	100/60	110/70	100/60
10	Jácome Amores Carlos Humberto	93	110/60	110/60	115/70	117/63
11	Jirón Amante José Luis	88	110/60	110/60	118/60	120/70
12	Lescano Albán Luis Alfredo	87	110/60	110/60	105/60	110/65
13	Lliquin Lliquin María Mercedes	86	100/60	100/60	110/70	112/60
14	Maliza Guayco María Natividad	71	110/60	110/60	120/70	110/65
15	Medina Ortiz Mentor Victoriano	87	110/60	110/60	120/70	115/65
16	Núñez Amacha María Targelia	82	110/60	110/60	110/65	100/65
17	Paredes José Elías	90	110/50	110/50	118/80	115/70
18	Pérez José Fernando	88	100/60	100/60	120/70	120/60
19	Pilataxi Montachana María Agustina	68	110/60	110/60	122/75	100/70
20	Punguil Tite María Clemencia	81	110/60	110/60	120/80	120/70
21	Ramos Villafuerte Romelia Alejandra	83	110/60	110/60	110/65	118/65
22	Ruiz Paredes Jorge Bienvenido	85	110/60	110/60	120/70	115/63
23	Sáenz Jinez Manuel Fernando	82	120/60	120/60	100/60	100/60
24	Sailema Guachamboza Segundo Mariano	86	120/60	120/60	128/70	125/70
25	Silva Villagran María Rosario	96	110/60	110/60	120/70	122/70
26	Tinillo Guerrero Jorge Antonio	73	110/60	110/60	110/60	105/60
27	Tipán Núñez Felisa	69	120/60	120/60	122/70	120/60
28	Tirado Casa Manuel Salvador	81	100/60	100/60	110/60	110/65
29	Vivanco María Lizarda	85	100/65	100/50	105/60	100/65

N°	Nombre Completo	Edad	Miércoles		Jueves	
			M	T	M	T
1	Aponte Aguirre Segundo Juan	90	110/60	120/80	110/60	115/70
2	Arcos Montoya María Hércilia	82	110/60	120/60	115/60	120/60
3	Caiza Juan Marcelo	84	100/60	110/60	100/60	110/60
4	Carrera Martha Susana	64	120/60	120/60	115/65	115/60
5	Chicaiza José	84	110/65	110/60	110/60	100/60
6	Chicaiza Manuela Fernanda	80	120/60	110/70	100/60	110/60
7	Chicaiza María Cristina	83	100/60	110/60	105/60	110/60
8	Freire Zúñiga Gloria América	79	111/65	120/65	120/70	115/60
9	Infantes Albán Delia María	85	110/60	100/60	110/70	100/60
10	Jácome Amores Carlos Humberto	93	120/65	120/60	122/60	115/70
11	Jirón Amante José Luis	88	110/60	120/60	118/65	120/60
12	Lescano Albán Luis Alfredo	87	100/60	110/65	110/50	110/60
13	Lliquin Lliquin María Mercedes	86	120/60	110/70	100/60	105/60
14	Maliza Guayco María Natividad	71	117/75	100/60	105/62	117/60
15	Medina Ortiz Mentor Victoriano	87	100/60	120/60	120/60	115/60
16	Núñez Amacha María Targelia	82	100/60	120/60	110/60	100/60
17	Paredes José Elías	90	110/60	120/60	120/60	120/60
18	Pérez José Fernando	88	118/60	100/60	100/60	100/60
19	Pilatáxi Montachana María Agustina	68	120/60	100/60	105/60	111/60
20	Punguil Tite María Clemencia	81	120/60	100/60	120/60	110/70
21	Ramos Villafuerte Romelia Alejandra	83	110/60	120/80	115/60	118/60
22	Ruiz Paredes Jorge Bienvenido	85	110/60	120/60	120/70	120/60
23	Sáenz Jinez Manuel Fernando	82	120/60	100/60	110/70	115/60
24	Sailema Guachamboza Segundo Mariano	86	120/60	120/80	120/70	120/60
25	Silva Villagran María Rosario	96	110/60	120/80	122/70	120/70
26	Tinillo Guerrero Jorge Antonio	73	110/60	120/60	1010/60	115/60
27	Tipán Núñez Felisa	69	100/60	110/68	100/65	110/60
28	Tirado Casa Manuel Salvador	81	110/60	110/70	117/60	110/60
29	Vivanco María Lizarda	85	111/65	100/65	100/65	105/63

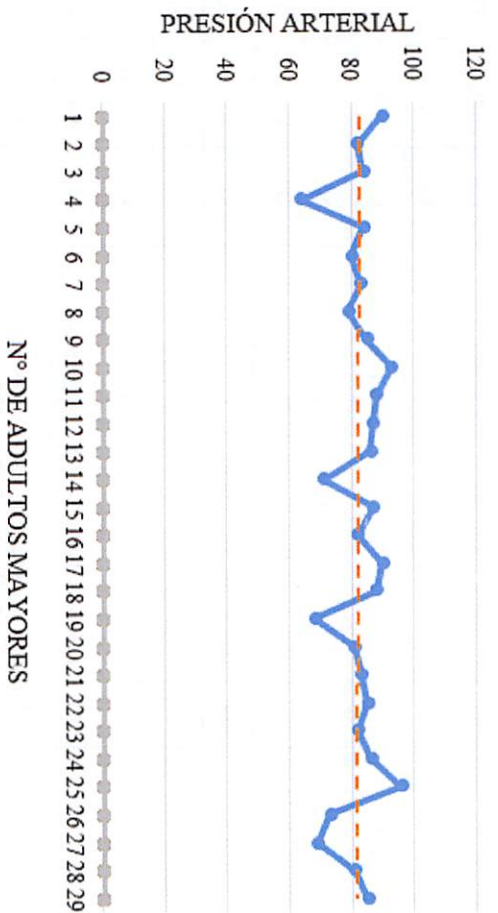
N°	Nombre Completo	Edad	Viernes		Sábado	
			M	T	M	T
1	Aponte Aguirre Segundo Juan	90	110/67	120/60	110/60	115/70
2	Arcos Montoya María Herculía	82	117/62	115/70	120/70	122/60
3	Caiza Juan Marcelo	84	112/65	100/60	110/60	115/70
4	Carrera Martha Susana	64	117/60	110/60	115/65	118/70
5	Chicaiza José	84	102/67	100/70	110/60	110/70
6	Chicaiza Manuela Fernanda	80	108/62	110/60	110/60	105/70
7	Chicaiza María Cristina	83	112/65	105/60	110/60	110/70
8	Freire Zúñiga Gloria América	79	110/65	120/60	110/60	120/70
9	Infantes Albán Delia María	85	105/65	100/60	110/70	110/70
10	Jácome Amores Carlos Humberto	93	112/63	115/60	120/60	120/65
11	Jirón Amante José Luis	88	110/70	120/60	110/70	118/70
12	Lescano Albán Luis Alfredo	87	102/63	110/60	120/60	112/70
13	Lliquín Lliquín María Mercedes	86	108/62	100/60	115/60	110/60
14	Maliza Guayco María Natividad	71	105/60	110/60	110/60	110/60
15	Medina Ortiz Mentor Victoriano	87	117/60	120/60	110/60	130/70
16	Núñez Amacha María Targelia	82	100/67	105/60	110/60	120/60
17	Paredes José Elías	90	102/60	120/60	110/70	115/70
18	Pérez José Fernando	88	110/65	100/60	110/60	110/60
19	Pilataxi Montachana María Agustina	68	115/68	110/70	115/60	120/70
20	Punguil Tite María Clemenecia	81	122/67	102/60	110/60	115/70
21	Ramos Villafuerte Romelia Alejandra	83	108/67	110/60	110/60	120/70
22	Ruiz Paredes Jorge Bienvenido	85	108/60	115/70	120/70	110/70
23	Sáenz Jinez Manuel Fernando	82	110/65	110/60	115/70	110/65
24	Sailema Guachamboza Segundo Mariano	86	118/60	120/60	120/70	125/60
25	Silva Villagran María Rosario	96	118/67	120/60	120/70	128/70
26	Tinillo Guerrero Jorge Antonio	73	117/60	115/60	100/60	105/60
27	Tipán Núñez Felisa	69	112/60	105/60	100/65	110/60
28	Tirado Casa Manuel Salvador	81	105/62	100/60	110/60	115/70
29	Vivanco María Lizarda	85	110/67	110/60	110/60	105/60

N°	Nombre Completo	Edad	Domingo	
			M	T
1	Aponte Aguirre Segundo Juan	90	120/60	118/65
2	Arcos Montoya María Hercilia	82	115/60	117/60
3	Caiza Juan Marcelo	84	110/70	115/60
4	Carrera Martha Susana	64	110/60	112/63
5	Chicaiza José	84	110/60	112/60
6	Chicaiza Manuela Fernanda	80	115/70	110/67
7	Chicaiza María Cristina	83	105/60	110/60
8	Freire Zúñiga Gloria América	79	110/60	105/60
9	Infantes Albán Delia María	85	100/60	108/63
10	Jácome Amores Carlos Humberto	93	120/60	117/60
11	Jirón Amante José Luis	88	115/70	118/70
12	Lescano Albán Luis Alfredo	87	110/60	115/62
13	Lliquin Lliquin María Mercedes	86	100/60	112/63
14	Maliza Guayco María Natividad	71	105/60	110/70
15	Medina Ortiz Mentor Victoriano	87	120/70	115/68
16	Núñez Amacha María Targelia	82	110/60	117/60
17	Paredes José Elías	90	120/60	108/70
18	Pérez José Fernando	88	100/60	105/60
19	Pilataxi Montachana María Agustina	68	115/70	110/65
20	Punguil Tite María Clemenecia	81	110/60	105/60
21	Ramos Villafuerte Romelia Alejandra	83	115/70	117/70
22	Ruiz Paredes Jorge Bienvenido	85	115/60	117/62
23	Sáenz Jinez Manuel Fernando	82	105/70	110/60
24	Sailema Guachamboza Segundo Mariano	86	120/60	120/70
25	Silva Villagran María Rosario	96	115/70	110/65
26	Tinillo Guerrero Jorge Antonio	73	110/60	100/60
27	Tipán Núñez Felisa	69	115/70	105/62
28	Tirado Casa Manuel Salvador	81	117/60	102/60
29	Vivanco María Lizarda	85	110/60	115/60

PRESIÓN ARTERIAL CENTRO GERONTOLÓGICO



REGISTRO DE MEDICIONES



Anexo B

Algoritmo para leer bancos de memori 24C08K

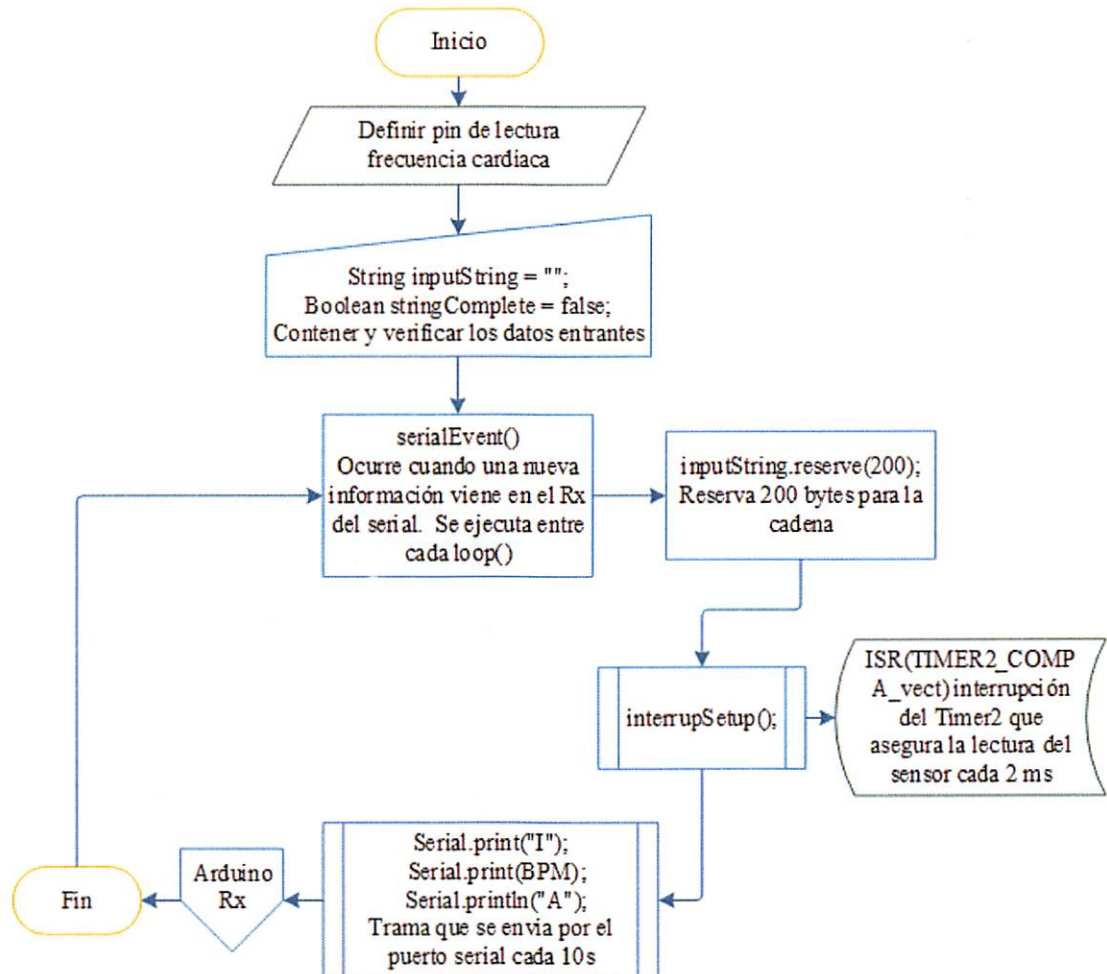
```
#include <Wire.h>
#define banco 0x50
#define b1 0x50 #define b2 0x51 #define b3 0x52 #define b4 0x53
int contador=0;
//Iniciar transmisión desde el dispositivo esclavo
Wire.beginTransmission(banco);
//Escribir datos del esclavo, en respuesta al maestro
Wire.write(contador);
Wire.endTransmission(); //Fin de la transmisión
Serial.print(contador);
Serial.print(" ");
//El maestro solicita bytes desde el esclavo
Wire.requestFrom(banco, (byte)8);
//Imprimir datos leídos
Serial.println(Wire.read());
delay(10);
contador++;
//Condición de lectura de bancos de memoria
if(contador > 1023) while(true);
```

Anexo C

Algoritmo para obtener trama NMEA

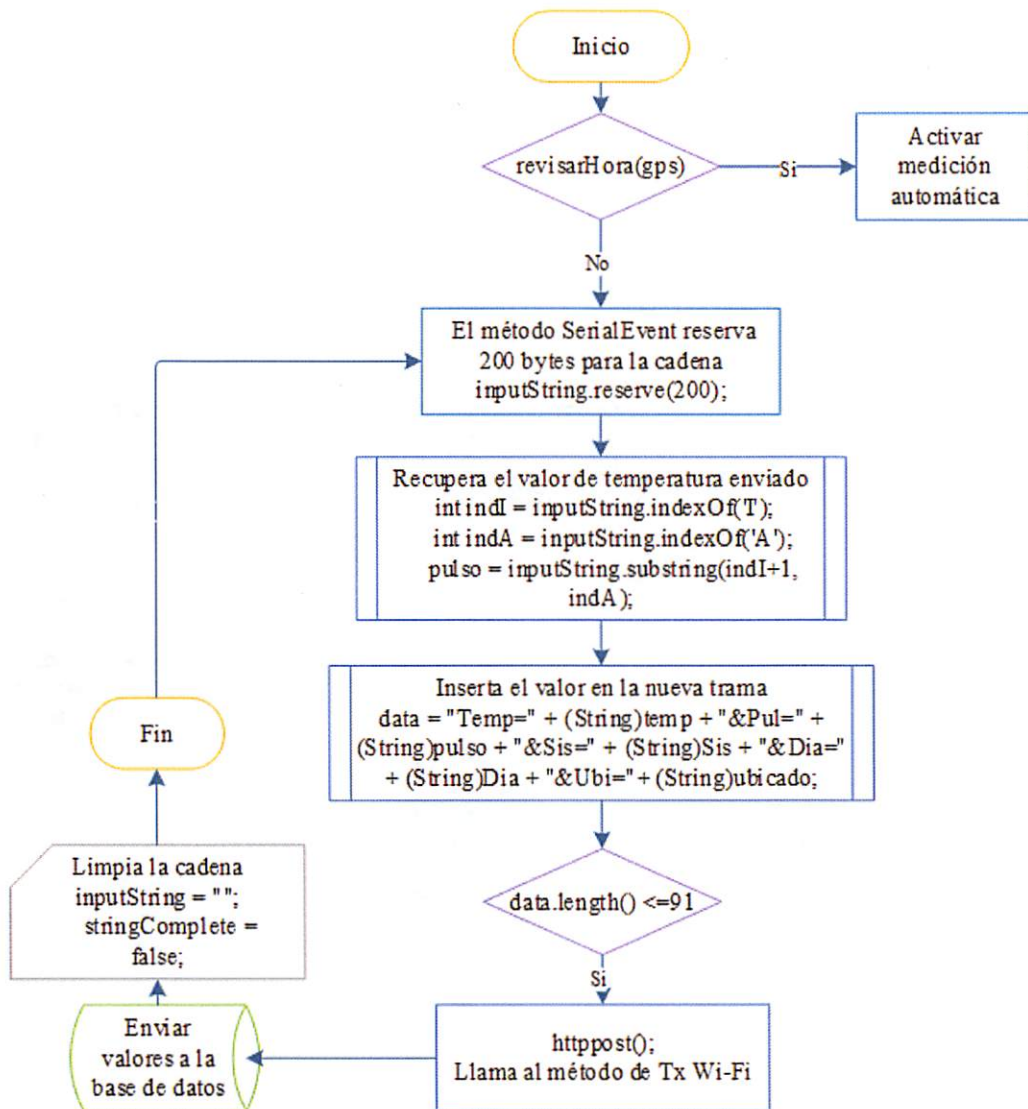
```
#include <SoftwareSerial.h>
#define ss Serial3 //Definición pines Tx,Rx
char dato=' '; //Declaración de variables de dato
void setup()
{
  Serial.begin(115200); //Velocidad comunicación serial
  ss.begin(9600); //Velocidad GPS
}
void loop() {
  //Condición para leer trama del protocolo NMEA
  if(ss.available())
  {
    dato=ss.read();
    Serial.print(dato);
  }
}
```

Anexo D Flujograma Tx



Anexo E

Flujograma Rx



Anexo F

Código para crear un usuario y configurar puertos para el servicio FTP

```
useradd -m tesis -s /sbin/nologin
passwd tesis
mkdir /home/tesis/www
mkdir /var/www/html/tesis
mount --bind /var/www/html/tesis/ /home/tesis/www
chmod 777 /var/www/html/tesis
firewall-cmd --permanent --add-port=21/tcp
firewall-cmd --permanent --add-service=ftp
firewall-cmd --reload
setsebool -P allow_ftpd_full_access on
```

Anexo G

Algoritmo de Programación Tx

```
#include <SoftwareSerial.h>
int pulsePin = 0;
int BPM;
int Signal;
int IBI = 600;
boolean Pulse = false;
boolean QS = false;
int indOK = 13;
String inputString = "";           //cadena para contener datos entrantes
boolean stringComplete = false;
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  inputString.reserve(200);
  interruptSetup();
}
void loop() {
  Serial.print("I");
  Serial.print(BPM);
  Serial.println("A");
  delay(1000);
}
//Ocurre cuando una nueva información viene en el RX de serial
void serialEvent()
{
  while (Serial.available())
  {
    char inChar = (char)Serial.read();
    inputString += inChar;
    if (inChar == '\n')
    {
      digitalWrite(indOK,HIGH);
      delay(250);
      digitalWrite(indOK,LOW);
      delay(250);
      digitalWrite(indOK,HIGH);
      delay(250);
      digitalWrite(indOK,LOW);
      delay(250);
      inputString = "";
    }
  }
}
```


Anexo H

Algoritmo de Programación Rx

```
#include <SoftwareSerial.h>
#include <Wire.h>
#include <TinyGPS.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include "SoftwareSerial.h"
//TIEMPO Y UBICACIÓN GPS
TinyGPS gps;
SoftwareSerial ss(10, 11);
int pin = 12 ;
int indicador = 7;
int year;
byte mes, dia, hora, minuto, segundo, hundredths;
unsigned long age;
int lastmin = 0;
int contmin = 0;
boolean bandera = false;
byte horai = 8; //hora de primera medición
byte minui = 0; //minuto de primera medición
byte hora2 = 17; //hora de segunda medición
byte minu2 = 0; //minuto de primera medición
String ubicado;
double lati;
double lont;
//PRESIÓN ARTERIAL
#define banco 0x50
int contador = 0;
int posBase = 8; //posicion base en la que se lee la memoria
int posLectura; //posicion en que se empezara a tomar las mediciones
int Nmediciones; //Almacena el numero de mediciones en memoria del monitor
nt AuxPs, AuxPd, AuxFc; //Almacenar los valores de determinados registros
float PsCal;
float PdCal;
int Sis;
int Dia;
//TEMPERATURA
#define Pin 9 //Pin donde se conectará los datos
OneWire ourWire(Pin); //Declaración de bus para la comunicación
OneWire DallasTemperature sensors(&ourWire);
//WIFI
String ssid ="Dey";
String password="dey12345";
String data;
String server = "192.168.43.27";
String uri = "/tesis/presentacion.php";
byte dat [5];

String temp,pulso;
```

```

//Rx
String inputString = "";      /
boolean stringComplete = false; // si la cadena está completa
//Indicadores
int indres = 3;
int indcon = 4;
int indenv = 5;
int indcie = 6;
void setup()
{
pinMode(pin, OUTPUT);
pinMode(indicador, OUTPUT);
pinMode(indres, OUTPUT);
pinMode(indcon, OUTPUT);
pinMode(indenv, OUTPUT);
pinMode(indcie, OUTPUT);

Serial.begin(115200);
ss.begin(9600);
sensors.begin();
Wire.begin();
connectWifi();
inputString.reserve(200);
}
void loop()
{
revisarHora(gps);
if (hora == hora1 && minuto == minu1 && !bandera)
{
bandera = true;
digitalWrite(pin, HIGH);
digitalWrite(indicador, HIGH);
smartdelay(1000);
digitalWrite(pin, LOW);
digitalWrite(indicador, LOW);
smartdelay(10000);
}
if (hora == hora1 && minuto == minu1 + 1 && bandera)
{
bandera = false;
presion_arterial();
}
if (hora == hora2 && minuto == minu2 && !bandera)
{
bandera = true;
digitalWrite(pin, HIGH);
smartdelay(1000);
digitalWrite(pin, LOW);
smartdelay(10000);
}
if (hora == hora2 && minuto == minu2 + 1 && bandera)
{
bandera = false;
presion_arterial();
}

localizacion();

```

```

presion_arterial();
temperatura();

if (lastmin != minuto)
{
lastmin = minuto;
contmin++;
}
if (stringComplete)
{
int indI = inputString.indexOf('I');
int indA = inputString.indexOf('A');
pulso = inputString.substring(indI+1, indA);
smartdelay(500);
data = "Temp=" + (String)temp + "&Pul=" + (String)pulso + "&Sis=" +
(String)Sis + "&Dia=" + (String)Dia + "&Ubi=" + (String)ubicado;
Serial.print(data);
data.replace("\r", "");
data.replace("\n", "");
data.replace("I", "");
data.trim();
if(data.length() <=91)
{
digitalWrite(indenv,HIGH);
httpost();
digitalWrite(indenv,LOW);
}
// Limpiar cadena string:
inputString = "";
stringComplete = false;
}
smartdelay(10000);
}
static void smartdelay(unsigned long ms)
{
unsigned long start = millis();
do
{
while (ss.available())
gps.encode(ss.read());
}
while (millis() - start < ms);
}
void revisarHora(TinyGPS &gps)
{
digitalWrite(indicador,HIGH);
gps.crack_datetime(&year, &mes, &dia, &hora, &minuto, &segundo, &hundredths, &age);
if (age == TinyGPS::GPS_INVALID_AGE)
{
digitalWrite(indicador,HIGH);
}
else
{
digitalWrite(indicador,LOW);
hora = hora;
}
}
}

```

```

void presion_arterial()
{
Nmediciones = leerI2C(0); //obtener la cantidad de datos almacenados
  if (Nmediciones != 0)
  {
posLectura = posBase + Nmediciones * posBase; //obtener posición de lecturas de interés
AuxPs = leerI2C(posLectura); //leer posición del valor auxiliar de PSistolica
AuxPd = leerI2C(posLectura + 1); //leer del valor auxiliar de PDiastolica
PsCal = round(AuxPs * 0.586);
PdCal = round(AuxPd * 0.586);
Sis = PsCal;
Dia = PdCal;
}
else
{
Serial.println("No existen datos almacenados");
}
}

void escribirI2C(uint8_t addr, uint8_t reg, uint8_t val)
{
Wire.beginTransmission(addr);
Wire.write(reg);
Wire.write(val);
Wire.endTransmission();
}

int leerI2C(uint8_t reg)
{
Wire.beginTransmission(banco);
Wire.write(reg);
Wire.endTransmission();
Wire.requestFrom(banco, (byte)1);
return (Wire.read());
}

void localizacion()
{
bool Dato = false;
for (unsigned long inicio = millis(); millis() - inicio < 1000;)
{
while (ss.available())
{
char i = ss.read();
if (gps.encode(i))
Dato = true;
}
}

  if (Dato)
  {
char cam[10];
char com[10];
float latitud, longitud;
gps.f_get_position(&latitud, &longitud);
String lat = dtostrf (latitud, 9 , 6 , cam); //transformar double a string
String lon = dtostrf (longitud, 9 , 6 , com);
ubicado =lat + lon;
}
}

```

```
void temperatura()
{
  sensors.requestTemperatures();    //Prepara el sensor para la lectura
  ra
  double temp1=sensors.getTempCByIndex(0);    //Imprime el valor leído
  temp = temp1+3.93;    //Imprime el valor compensado
}
void serialEvent()
{
  while (Serial.available())
  {
    char inChar = (char)Serial.read();
    inputString += inChar;    if (inChar == '\n')
    {
      stringComplete = true;
    }
  }
}
```

Anexo I

Algoritmo de Programación Wi - Fi

```
void reset()
{
Serial.println("AT+RST");
smartdelay(4000);
}
//Conectar a la red Wi-Fi
void connectWifi()
{
Serial.println("Conectando!");
String cmd = "AT+CWJAP=\"" +ssid+"\",\"" + password + "\"";
Serial.println(cmd);
delay(4000);
if(Serial.find("OK"))
{
Serial.println("Connected!");
}
else
{
connectWifi();
}
delay(4000);
Serial.println("AT+CIFSR");
delay(4000);
if(Serial.find("OK"))
{
Serial.println("Obteniendo IP");
}
else
{
Serial.println("OK");
}
}
void httppost ()
{
Serial.println("AT+CIPSTART=\"TCP\",\"" + server + "\",80");
digitalWrite(indcon, HIGH); delay(250);
digitalWrite(indcon, LOW);
delay(10000);
String postRequest = "GET /tesis/presentacion.php?" +
data + "\r\n"+"Host: " + server + "\r\n";
String sendCmd = "AT+CIPSEND=";
Serial.print(sendCmd);
Serial.println(postRequest.length() );

digitalWrite(indenv, HIGH);
delay(250);
digitalWrite(indenv, LOW);
```

```
delay(1000);

Serial.print(postRequest);
digitalWrite(indcon, HIGH);
delay(250);
digitalWrite(indcon, LOW);
delay(10000);

digitalWrite(indcie, HIGH);
delay(250);
digitalWrite(indcie, LOW);
delay(30000);
return;
}
```

Anexo J

Código PHP para insertar valores en la Base de Datos

```
<?php
include_once($_SERVER['DOCUMENT_ROOT'].'/tesis/config.inc.php');
include_once(DIR_INC . "class.mysql.inc.php");
$a = new class_mysql();
$Temperatura = $_GET['Temp'];
$Pulso = $_GET['Pul'];
$PSistolica = $_GET['Sis'];
$PDiastolica = $_GET['Dia'];
$Ubicacion = $_GET['Ubi'];
$sarchivo = fopen("datain.txt", "w");
fwrite($sarchivo, " NA ".PHP_EOL);
fwrite($sarchivo, " otra ".PHP_EOL);
fclose($sarchivo);
$a->insertar_datos((string)$Temperatura, (string)$Pulso,
(string)$PSistolica, (string)$PDiastolica, (string)$Ubicacion);
$str_sql = "SELECT Id, Temperatura, Pulso, PSistolica,
PDiastolica, Ubicacion FROM Datos ORDER BY Id DESC LIMIT 20 ";
$rs_usuarios = $a->query( $str_sql );
?>
<blockquote>
<blockquote>
<blockquote>
<blockquote>
<blockquote>
<blockquote>
<h1><strong>REGISTRO DE SEÑALES VITALES</strong></h1>
</blockquote>
</blockquote>
</blockquote>
</blockquote>
</blockquote>
</blockquote>
</blockquote>
<table width="850" border="3" align="center" cellpadding="8" cellspacing="0">
  <tr>
    <td>Id</td>
    <td>Temperatura</td>
    <td>Pulso</td>
    <td>PSistolica</td>
    <td>PDiastolica</td>
    <td>Ubicacion</td>
  </tr>
  <?php
  while ($usr_data = mysql_fetch_assoc($rs_usuarios))
  {
  ?>
  <tr><td><?php echo $usr_data['Id']. " ";?></td>
  <td><?php echo $usr_data['Temperatura']. " ";?></td>
```



```

<td><?php echo $usr_data['Pulso']. " "; ?></td>
<td><?php echo $usr_data['PSistolica']. " ";?></td>
<td><?php echo $usr_data['PDiastolica']. " ";?></td>
<td><?php echo $usr_data['Ubicacion']. " ";?></td>
<?php
}
?>
</tr>
</table>
<form id="form1" name="form1" method="get" action="presentacion.php">
<?php
$idb1= $_POST['idb'];
$str_sql1 = "SELECT Temperatura, Pulso, PSistolica, PDiastolica,
Ubicacion FROM Datos WHERE Id='$idb1'";
$rs_usuarios1 = $a->query( $str_sql1 );
$row= mysql_fetch_assoc($rs_usuarios1);
?>
<p>
<label for="idb"></label>
<label for="idb2"></label>
</p>
<table width="593" border="3" align="center" cellpadding="8" cellspacing="0">
<tr>
<td width="91">Id</td>
<td width="138">Temperatura</td>
<td width="132">Pulso</td>
<td width="154">PSistolica</td>
<td width="154">PDiastolica</td>
<td width="154">Ubicacion</td>
</tr>
<tr>
<td><?php echo $idb1. " "; ?></td>
<td><?php echo $row['Temperatura']. " "; ?></td>
<td><?php echo $row['Pulso']. " "; ?></td>
<td><?php echo $row['PSistolica']. " "; ?></td>
<td><?php echo $row['PDiastolica']. " "; ?></td>
<td><?php echo $row['Ubicacion']. " "; ?></td>
</tr>
</table>
<p>
Ingreso Id:
<input type="text" name="idb" id="idb" />
</p>
<p>
<input type="submit" name="BUSCAR" id="BUSCAR" value="Buscar" />
</p>
<p><a href="index.html">Inicio</a></p>
</form>

```

Anexo K

Código HTML Interfaz

```
<!DOCTYPE html PUBLIC "-//
//W3C//DTD XHTML 1.0 Transitional//EN" "http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-
transitional.dtd">
<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">
<head>
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=utf-8" />
<title>TESIS</title>
<meta name="keywords" content="" />
<meta name="description" content="" />
<link href="templatemo_style.css" type="text/css" rel="stylesheet" />
<script type="text/javascript" src="js/jquery.min.js"></script>
<script type="text/javascript" src="js/jquery.scrollTo-min.js"></script>
<script type="text/javascript" src="js/jquery.localScroll-min.js"></script>
<script type="text/javascript" src="js/init.js"></script>
<link rel="stylesheet" href="css/slimbox2.css" type="text/css" media="screen" />
<script type="text/JavaScript" src="js/slimbox2.js"></script>
<script language="javascript" type="text/javascript">
function clearText(field)
{
if (field.defaultValue == field.value) field.value = ■;
    else if (field.value == ■) field.value = field.defaultValue;
}
</script>
</head>
<body>
<div id="templatemo_header_wrapper">
<div id="templatemo_header">
<div id="site_title">
<p>&nbsp;</p>
<p><a href="#">SISTEMA DE UBICACIÓN Y MONITOREO DE SEÑALES </a></p>
<p><a href="#">VITALES EN ADULTOS MAYORES Y PACIENTES CON ALZHEI-
MER</a><a href="#"></a></p>
</div>
</div>
</div>
<div id="templatemo_main_wrapper">
<div id="templatemo_main">
<div id="content">
<div id="home" class="section">
<div class="home_box left">
<div class="row1 box box1">
<div class="box_with_padding">
<h2><a href="#generalidades">Alzheimer</a></h2>
Situación actual del Alzheimer en el Ecuador.
</div>
</div>
<div class="row1 box2">
```

```

<div class="box_with_padding">
<h2><a href="#prototipo">Prototipo</a></h2>
Construcción del Sistema de Ubicación y Monitoreo de Signos Vitales en Adultos Ma-
yores y pacientes con Alzheimer
</div>
</div>
<div class="row1 box3">
<div class="box_with_padding">
<h2><a href="#basededatos">Base de Datos</a></h2>
Almacenamiento de los valores de presión arterial, frecuencia cardíaca, temperatu-
ra y localización.</div>
</div>
<div class="row1 box4">
<div class="box_with_padding">
<h2><a href="#informacion">Información</h2>
<p>&nbsp;</p>
</div>
</div>
</div>
<div class="home_box right">
<div class="row1 box5"></div>
<div class="row2" id="home_gallery">
<a href="images/2.jpg" rel="lightbox[home_gallery]"
class="left"></a>
<a href="images/3.jpg" rel="lightbox[home_gallery]"
class="left"></a>
<a href="images/1.jpg" rel="lightbox[home_gallery]"
class="left"></a></div>
<div class="row1 box6"></div>
</div>
</div>
<!-- Fin Portada -->

<div class="section section_with_padding" id="generalidades">
<h1>Alzheimer en el Ecuador</h1>
<div class="half left">
<div class="img_border img_fl"> <img src=
"images/TASEF.png" alt="image 2" width="255" height="261" />
</div>
<p>Alzheimer's Disease International (ADI)...</p>
<p>Cabe mencionar...</p>
</div>
<a href="#home" class="home_btn">Alzheimer en el Ecuador</a>
<a href="#home" class="page_nav_btn previous">Anterior</a>
<a href="#prototipo" class="page_nav_btn next">Siguiete</a>
</div>
<FIN Informacion -->
<div class="section section_with_padding" id="prototipo">
<h1>Prototipo</h1>
<div class="half left">
<p>El sistema de ubicación y monitoreo... </p>
</div>
<div class="half right">
<div class="img_border img_nom"> <a href="#gallery"></a>

```

```

</div>
</div>
<a href="#home" class="home_btn">home</a>
<a href="#generalidades" class="page_nav_btn previous">Anterior</a>
<a href="#gallery" class="page_nav_btn next">Siguiete</a>
</div>
<!-- FIN pROTOTIPO -->

<div class="section" id="gallery">
<ul><li><a href="images/prototipo/1.png" rel="lightbox[gallery]">
</a></li>
<a href="#generalidades" class="home_btn">home</a>
<a href="#prototipo" class="page_nav_btn previous">Anterior</a>
<a href="#basededatos" class="page_nav_btn next">Siguiete</a>
</div>
<!-- FIN cConstruccion -->
<div class="section section_with_padding" id="basededatos">
<h1><a href="formulario.html">Base de Datos</a></h1>
<p>Al dar cLIC...</p>
<ul>
<li>1. Los datos.... </li>
<li></li>
<li></li>
<li>2.- Los valores..r.</li>
<li></li>
<li></li>
</ul>
<p><a href="#home" class="home_btn">home</a>
<a href="#gallery" class="page_nav_btn previous">Anterior</a>
<a href="#informacion" class="page_nav_btn next">Siguiete</a></p>
<p><em>Vive la vida y olvida tu edad, se libre y feliz..!! </em>
<a href="presentacion.php">
</a> </p>
<p>&nbsp;</p>
</div>
<!-- FIN basededatos -->

<div class="section section_with_padding" id="informacion">
<h1>Información</h1>
<div class="half left">
<p>Deisy Carolina Jiménez Zúñiga<br />
Universidad Técnica de Ambato<br />
FISEI<br />
Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones</p>
<p><br />
Email: | Phone: <br />
</p>
<div class="clear h20"></div>

<div class="img_nom img_border"><span></span>
<iframe width="320" height="160" frameborder="0" scrolling="no" marginheight="0"
marginwidth="0" src="https://www.google.com/maps/embed?pb=!1m18!1m12!1m3!1d3988.
8417791053153!2d-78.62636918583071!3d-1.2676962990753764!2m3!1f0!2f0!3f0!3m2!1
i1024!2i768!4f13.1!3m3!1m2!1s0x91d3822613026139%3A0x69e6b9688df90af2!2s
Facultad+de+Ingenieria+en+Sistemas+Electronica+e+Industrial!5e0!3m2!1ses!2

```

```
sec!4v1501630329687"></iframe>
</div>
<a href="#home" class="home_btn">home</a>
<a href="#basedatos" class="page_nav_btn previous">Anterior</a>
</div>
<!-- END of informacion -->

<div class="half right">
<div id="contact_form">
<form method="post" name="contact" action="#contact">
<div class="left"></div>
<div class="clear"></div>
</form>
</div>
</div>
</div>
</div>
</div>
</div>
<div id="templatemo_footer_wrapper">
<div id="templatemo_footer">
<p>Copyright © 2017 <a href="#">Deisy Jiménez</a></p>
</div> </div>
</div> </body> </html>
```